

## 應用影像分析技術於停車場之進出管理

曾逸鴻 周進成

大葉大學資訊管理學系

彰化縣大村鄉山腳路 112 號

### 摘要

國人擁有自用小客車的比例逐年增多，停車場的增加速度卻趕不上車輛的成長，停車問題愈顯嚴重。目前停車場對出入車輛的管理方式，是在出入口位置，對車輛進行定點式的收費管理。這種管理方式，很容易在出入口造成車輛排隊等候的狀況。另外，停車場往往有不同等級客戶的車輛出入，希望可以利用不同的進出方式，來滿足各層級客戶對進出速度、隱私保護等的不同要求。因此，停車場進出的自動化管理是亟待解決的問題。車輛牌照如同個人的身份證一樣具有唯一性，如能運用電腦的快速處理能力於車牌影像辨識處理上，並規劃不同層級客戶的特有進出方式，將可解決目前停車場進出在管理上的諸多問題。因此，本論文提出一套機制，藉由影像分析技術及不同進出方式的規劃，有效縮短不同權限車輛進出停車場的時間，以提升停車場進出的管理效率。

**關鍵詞：**停車場管理，進出機制，影像分析，車牌辨識

## Entering-and-Exiting Management of Parking Lots by an Application of Image-Analysis Techniques

YI-HONG TSENG and CHIN-CHENG CHOU

*Department of Information Management, DaYeh University*

*No. 112, Shanjiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.*

### ABSTRACT

In Taiwan the percentage of persons owning private automobiles is increasing annually. However, the growth in the number of parking lots cannot keep pace with the multiplicity of cars. Parking problems are becoming increasingly serious. Currently in most parking lots, the management of entering and exiting automobiles consists of collecting fees at a pinpoint. This management style causes long queues at the inlet and outlet of the lot. Furthermore, parking management must usually satisfy certain requirements, such as passing speed and privacy protection of the various customers. Hence, automated management of parking lots is a pending problem needing resolution. Comparable to an identification card for each individual, a license plate is also unique for each automobile. If a license-plate recognition system could be implemented by applying the rapid processing capability of computers and a specific passing mechanism established for each type of parking customer, it would be possible to resolve several management problems regarding

parking lots. In order to increase the efficiency of parking management, a mechanism is proposed to shorten the queue time for each automobile with different authority at the inlet and outlet of a parking lot by applying image analysis techniques and planning different ways to transit.

**Keywords:** parking management, entering-and-exiting mechanism, image analysis, license-plate recognition

## 一、緒論

隨著經濟的成長，國人擁有自有車輛的比例，也越來越高，停車問題已成為開車族最大的痛苦。首先，目前的停車場，絕大多數所採用的進出管理方式，只是集中在出入口位置，對車輛進行定點式的收費管理。這種管理方式，很容易在出入口造成車輛排隊等候進出的狀況。再來，傳統停車場管理方式採用人工給票、驗票及收費，所需的人力耗費也頗大。就停車場經營者而言，除了停車場人員的訓練、輪休、退休等人力成本外，也需考慮工作人員可能因疲累或疏忽，導致停車費用計算錯誤、找零錯誤、服務態度不佳、動作太慢等等令顧客不滿之行為發生。最後，位於商業區的商用停車場，往往有不同等級的客戶車輛出入，對停車場的進出管制也有不同的要求，因此，現代化的停車場必須考量不同層級客戶的需求，採用不同的進出機制。

為辨認車輛的身份，目前常見的方式，是在車上安裝存有唯一序號的轉發器（transponder），再利用紅外線或無線電波發出訊號，在辨認端以讀取設備（reader）接收訊號後，辨識出該車輛之身份。但是，要求車主同意另外付費在車內加裝轉發器，並不容易達到普遍性。如同身份證一樣，依據法律規定每輛車必須外掛牌照，而且車輛牌照的字碼具有唯一性。如能運用電腦快速的處理能力和大量的儲存空間於車牌影像辨識處理上，當可解決停車場在進出管理上的諸多問題。就車主而言，不再需要裝設不同的轉發器，以配合不同停車場的讀取設備規格。而且，就停車場經營者而言，在進出口位置擷取車輛影像後，自動地作車牌位置偵測與車牌字碼辨識後，即可與資料庫中的客戶車輛牌照號碼作比對，來確定該車輛之客戶等級，使用不同的進出機制，將可大幅節省成本、降低弊端並提昇進出效率。

車輛牌照除了號碼具唯一性外，不同用途的車輛牌照，其車牌底色與號碼顏色也有所區隔。根據交通部公路總局網站所公佈，目前國內汽、機車牌照號碼之分配原則，整理如下：

### 1. 汽車類

- (1) 自用小客車（轎車）：白底黑字（編碼如 A7-1718、1490-JK、A8-5468...等）
- (2) 營業小客車（計程車）：白底紅字（編碼如 HC-087、L5-773、286-BN...等）
- (3) 營業大客車（遊覽車）：紅底白字（編碼如 AA-123、123-BB、A3-123...等）
- (4) 自用大貨車：白底綠字（編碼如 EL-348、G6-168、558-HY...等）
- (5) 營業大客（貨）車（客運）：綠底白字（編碼如 FS-109、381-FJ、2G-456...等）
- (6) 交通車：黃底黑字（編碼如 JG-547、P3-726...等）
- (7) 特種車：綠底白字（編碼如 HY-12、6G-71、25-LU...等）

### 2. 機車類

- (1) 輕型機車：綠底白字（編碼如 FSB-006、SR8-805...等）
- (2) 普通重型機車：白底黑字（編碼如 TGY-888、MQ6-543、H37-276...等）
- (3) 大型重型機車：黃底黑字（編碼如 123-FAB...等）

目前的停車場大都以服務小客車為主。因此，本研究以台灣自用小客車在停車場進出管理應用為探討範圍。

## 二、文獻探討

為應用影像分析技術，對進出停車場的車輛進行自動化的管理機制，首先需透過影像擷取裝置（如數位相機或數位攝影機），將車輛後方影像擷取後，透過一系列的影像分析技術，如車牌定位、車牌字元擷取與辨識等，利用車牌辨識結果來判定此車輛的身份，再提供不同的進出方式，以符合不同客戶層級的需求。在本研究的文獻探討方面，將分成「停車場管理」與「車牌定位與辨識」兩方面加以說明。

### （一）有關停車場管理研究

主要的研究方向在探討如何提高停車場的服務品質、停車場出入口位置的規劃、停車場的收費管理方式上。立體停車場協會理事長呂學博則提出停車場的出入口位置、停車場內的導引指標、行車動線的規劃、車道規劃上的建議，提供

從事停車場規劃設計相關人員，在停車場規劃上的考量，以改善其在設計規劃上的盲點，讓駕駛者能迅速的進場停車，輕鬆愉快的出場。也針對停車場收費管理模式，在出口人工收費、中央人工收費、中央無人全自動繳費、簡易式無人化收費等作分析比較，提供經營者在設備採購及停車場規劃上的參考。

在停車場的整體服務品質研究上 [1]，使用者滿意度與重視程度差距最接近的是停車場出入口車輛的等待時間。而使用者對停車場內外引導指示標誌、人車進出安全設置、場內環境衛生、車輛停放的安全性、找到停車位到把車輛停好所花費時間有較高的重視程度。在停車場內照明程度、空氣排污系統、降低噪音設備以及轉乘其他交通工具便利性的滿意度則相對較低。服務品質是由顧客的認知決定，如果顧客認為該停車場之服務品質優良的話，就會以再消費行動來表示支持該停車場。因此停車場的經營者應思考的是如何提高停車場的服務品質，來達成顧客的高度滿意度。

而在探討停車場所在位置與出入口對鄰接道路的影響方面 [2]，由於停車場的出入口是停車場與周遭道路聯絡的主要通道，因此如果出入口規劃不當，將造成車輛進出困難，形成時間上的浪費與安全上的隱憂。所以良好的出入口設計，不但可以避免佔用原本已不足的道路面積，更可避免因為車輛的分出與併入行為，而造成鄰接道路車流的延滯。因此在設計停車場時，必須針對所在位置與出入口做妥善的規劃，才能將場內與場外的環境結合，使停車場能完善發揮其功能，而不致對周遭環境產生負面影響。

綜合相關文獻的內容，可整理出十二項駕駛人選擇停車場可能考慮到的影響因素 [3]，這些因素包括：行駛距離、步行距離、旅次目的、停車費率、停車延時、停車場之經營方式、停車場容量與規模大小、停車場之空間設計、停車操作時間與等候時間、停車收費服務設施、停車場之車輛保全與服務態度、及周圍道路之服務水準。如何妥善的設計停車場出入口，規劃車輛的進出方式，縮短進出停車場的等候時間，避免影響周邊道路的交通，以提高顧客的滿意度，對停車場的經營者實具有正面的意義。因此，本研究特別著重如何在如何應用影像分析及車牌辨識技術，並規劃不同等級客戶車輛的不同進出機制，來建構停車場的進出管理系統。

## (二) 有關車牌定位與辨識研究

車牌辨識系統 [6] 在很多應用都扮演了重要的角色，包括無人停車場管理、限制空間之安全監控、違規車輛之擷

取、通行費收取等。一套完整的車牌辨識系統主要包含兩大類技術模組，一是車牌定位技術，另一是車牌號碼辨認技術。前者希望在車輛影像中，能夠自動偵測出車牌所在位置，並進而擷取出車牌影像，送入車牌辨識模組。後者則是從車牌影像中，再進一步將車牌號碼文字影像分別擷取後，送入單一文字辨識核心進行辨認。而後，車牌辨認結果與資料庫資訊比對或整合後，視應用情況開啓柵門、自動扣款或者列印罰單等。

車牌辨識系統中，車牌位置的偵測與判定佔了很重要地位，一旦車牌位置偵測錯誤，後續的辨識過程根本無法補救。在車牌的定位技術研究方面，主要的方法有分析影像邊緣點 [21]、區域為基礎方式 [11]、向量量子化方法 [22]、類神經網路方法 [16]、影像形態的方法 [9] 等等，也有先判斷出影像中可能的文字，再以文字特性與連線來決定車牌位置的方法 [13]。其中又以分析影像邊緣點的方式最為普遍，適合用在快速地偵測矩形車牌。國內車牌的外型也是矩形，本研究開發之系統分別偵測影像之水平與垂直邊緣點，並分析其投影量外廓，來判斷出可能的車牌位置。而後，利用車牌特性作進一步過濾，來定位出最佳的車牌位置。

當車牌位置決定後，當然要擷取車牌影像，進而辨識車牌內的字碼。在車牌號碼辨識方面，為了加快速度，一般先將車牌影像轉成黑白圖後，抽取車牌內各字元影像，送入辨識核心，利用質地特徵 (textural feature) [12] 或樣版比對 (template matching) [7] 方式來作辨識。為避免影像轉換成黑白格式時會產生破壞，也有的研究採用車牌文字的灰階特性 [17] 或者彩色特性 [20] 來作為文字比對的依據。本研究主要處理的是國內自用小客車，其車牌為對比明顯之白底黑字，因此，我們採用的是快速地黑白文字影像辨識方式，抽取適當的字元影像特徵，與事先學習過的各字元特徵作比對，即可快速且正確地辨識出車牌文字。

而車牌辨識系統除了可使用靜態的影像擷取設備(如數位相機)來拍攝車輛影像外，有的研究著重在行進中的車輛，利用動態的視訊擷取設備來拍攝，再分析各畫面影像，進行車牌定位與辨識 [5, 14]。本研究主要針對停車場之進出車輛，在出入口位置車輛會暫停在柵欄前，因此，我們使用價格相對較便宜之靜態影像擷取設備。

## 三、車牌辨識系統建構

台灣的自用小客車牌照樣式(如圖 1 所示)，係以白色



圖 1. 台灣自用小客車車輛牌照樣式

底板為背景、黑色文字為牌照號碼，主要由黑白兩個顏色構成，並裝置於汽車前後位置。觀察自用小客車之車牌影像的外觀特性，可整理如下幾項：

- (1) 車牌為白底黑字、對比強烈。
- (2) 車牌的上下與左右邊緣明顯。
- (3) 車牌的長寬比值固定，約 2:1。
- (4) 車牌字元的寬高比值固定，約為 1:2 (數字 '1' 除外，約 1:4)。
- (5) 車牌字元間間距固定，約 1/20 車牌長。
- (6) 所有車牌字元的中心點，可連成一直線。

利用上述的車牌特性，我們所建構的車牌辨識系統，其主要處理步驟可分為車輛影像前處理、車牌定位、車牌字元分割及車牌字元辨識四大部份 (如圖 2 所示)。

#### (一) 車輛影像前處理

經由取像設備所攝得的車輛後方全彩影像 (如圖 3(a) 所示)，為減少影像大小並加速後續處理動作，前處理過程先將全彩影像轉成灰階影像 (如圖 3(b) 所示)。雖說車牌的黑白對比明顯，但是因加掛在車輛前後方，整張車輛影像看起來車牌的位置可能不明顯。為了凸顯車牌影像，以方便後續進行車牌位置的偵測，我們接著對灰階車輛影像進行直方圖均衡化 (histogram equalization) 的處理 [10]。先分析原先灰階圖的灰階值直方圖 (如圖 4 所示)，再將灰階分佈擴大至 0~255 (如圖 5 所示)，得到如圖 3(c) 所示的直方圖均衡化後影像。如此一來，針對車輛影像進行前述的前處理過程，將使影像的灰階分佈均勻，讓車牌和背景間的差異更顯著、車牌與字元間的黑白對比更明顯和清晰，以利後續的車牌定位。

#### (二) 車牌定位

由於停車場的車輛進出口走道固定，所擷取車輛後方影像中，車牌位置一般都在車輛影像的中下方。因此，為加快

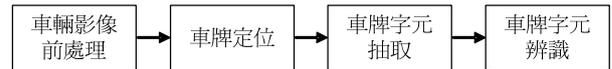


圖 2. 車牌辨識系統之處理步驟



(a) 原始彩色影像

(b) 256 灰階影像



(c) 直方圖均衡化影像

圖 3. 車輛後側影像之前處理效果

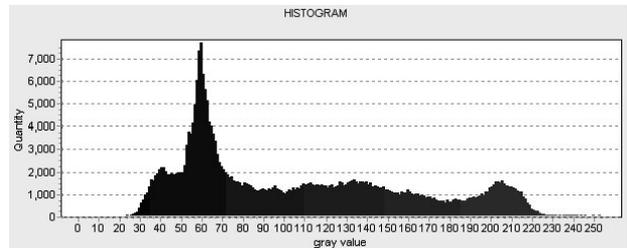


圖 4. 原灰階影像直方圖

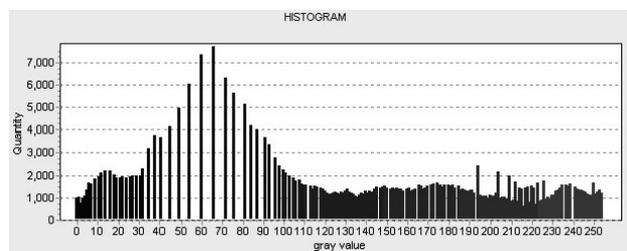


圖 5. 均衡化後的灰階直方圖

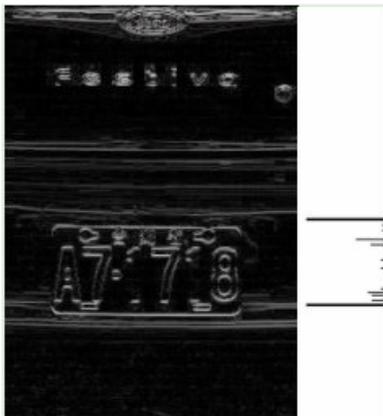
車牌位置偵測的速度，我們可如圖 6 所示，先將車輛影像分成九等分，僅擷取中下方紅色框部份的影像，在此部分影像中作車牌確實位置的偵測。

由於臺灣車輛的車牌為矩形，車牌四周邊緣明顯。因

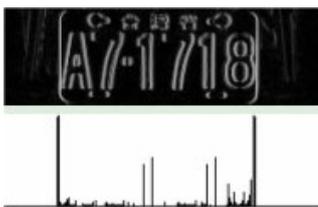


圖 6. 擷取車牌可能位置影像

此，在車牌的定位上，可先對圖 6 所擷取的影像，作邊緣點偵測與投影後，分別對水平與垂直投影輪廓 (projection profile) 分析，將可得到車牌的上下左右邊界位置。如圖 7(a) 所示，針對擷取出的車輛後方中下方區域影像，我們先利用 Sobel 遮罩 [10]，偵測出所有水平邊緣點，而後利用偏頗的群長投影方式 (biased run-length projection) [4]，對水平邊緣點作水平投影，可得到車牌的上下邊界。然後，根據車牌上下邊界再縮小可能的車牌位置影像，同樣利用 Sobel 遮罩，偵測出所有垂直邊緣點，然後作垂直投影，即可得到車牌的左右邊界 (如圖 7(b) 所示)。然而，即使只處理自用小客車，不同廠牌的車輛其車牌位置也不盡相同，在停車場



(a) 水平邊緣影像及水平投影圖

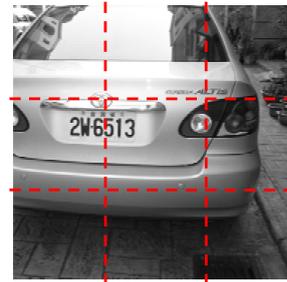


(b) 垂直邊緣影像及垂直投影圖

圖 7. 以投影輪廓分析法來判定車牌位置

出入口的停車位置也不會很固定，因此利用前述的快速車牌偵測方法，在車輛影像中下方位置偵測出的車牌位置可能不完整 (如圖 8(b) 所示)，例如只找到左邊界，卻找不到右邊界；或者找到下邊界，卻找不到上邊界。此時，我們必須根據欠缺的車牌邊界，往上、左或右再多考慮一部份車輛影像，重新做車牌位置的偵測 (如圖 8(c) 所示)。

利用車輛影像的部分區域，分析對邊緣點的投影量，可快速偵測出可能的車牌位置，但是條件是車牌的主要區域在車輛影像中下方，或者影像中車牌的傾斜角度要在 5 度內，否則即使是對投影量做直方圖銳化 (histogram sharpening)，一旦傾斜角度超過 10 度，將無法準確地在投影量中分析出車牌邊界，導致車牌偵測的錯誤。因此若無法在車輛影像中下方區域以投影方式找出任何可能的車牌邊界，我們會結合車牌字元抽取模組，先將車牌影像二值化成為黑白圖，利用相連元件偵測與大小限制過濾後 (如圖 9(a) 所示)。可將大小類似的元件區域合併成為可能的車牌位置



(a) 完整車牌未在車後影像中下方區域



(b) 偵測出不完整車牌位置



(c) 重新擷取車後影像區域作車牌定位

圖 8. 車牌影像不完整之重新擷取



(a) 車後影像中偵測可能車牌字元



(b) 車牌字元組合之車牌位置

圖 9. 傾斜車牌之定位

(如圖 9(b) 所示)。利用此方法，可以解決車牌不在車輛影像中下方以及車牌傾斜角度過大的問題。雖然速度較慢，但同時將後續的車牌字元位置擷取一併完成，並不會浪費過多得時間。

利用邊緣點投影方式找出車牌位置，有時可能找到其他有矩形特性的其他非車牌物件（如貼紙、車燈等）。每部車輛只會有一個車牌，而且一般自用小客車的車牌上，背景點與字元點的變化次數通常介於 12 次至 26 次之間（因車牌號碼不同而有異）。為了確認所取得的多個車牌何者正確，我們會先計算每個可能車牌的長寬比，是否滿足約 2:1 的比例。若滿足條件的可能車牌仍超過一個，接著再計算背景點（相對亮點）與字元點（相對暗點）變化的次數（如圖 10 所示），如果合乎 12~26 次的範圍，就可以確定此為車牌的區域。

### （三）車牌字元抽取與辨識

車牌位置確定後，即可將確實的車牌影像從亮度均衡化後的原灰階影像中擷取出來。由於車牌影像的黑白對比明顯，為加快處理速度，我們使用最普遍應用於影像分析技術



圖 10. 掃描車牌的背景點與字元點變化的次數

上的方法 [15]，決定全域門檻值（global threshold value）。然後將車牌影像每個像素點的灰階值與此門檻值相比，較亮者設為白點、較暗者設為黑點，即可對灰階車牌影像作二值化（binarization），轉為黑白圖。再來，我們可對黑白車牌影像，進行黑點相連元件偵測（connected component detection），並利用元件大小與寬高比例來過濾，可得到車牌上所有的字元物件（如圖 11 所示）。

在實際的車輛影像中，由於車牌有時會有明顯的污垢或黏貼物（如圖 12(a) 所示），當我們利用黑白影像的相連元件偵測，可能會找到明顯的非字元污垢區塊，或者兩車牌字元因污垢連結而只偵測出單一字元區塊（如圖 12(b) 所示）。此時，我們可以利用相鄰文字的大小與間距變化，先判定可能的合併字元區塊位置，並判斷可能的連接字元數目。而後在可能切割位置範圍內（如圖 12(c) 所示），利用非線性切割路徑並配合以辨識為基礎的字元切割技術（recognition-based character segmentation），來進行字元的切割 [19]（如圖 12(d) 所示）。最後，若可能的字元超過車牌字元數目，則會根據字元大小、字元間距與辨識信心度來判定可能的雜訊區塊。

在字元辨識上，由於車牌號碼的字元僅會有數字 0~9 及大寫英文字 A~Z 等 36 個不同字元出現。利用簡易的字元特徵，除了可獲得不錯的辨識效果，同時也可加快辨識速度。在本研究建構的車牌文字的辨識系統中（流程如圖 13 所示），我們將辨識流程分成粗分類與細分類兩個步驟。在粗分類步驟中，我們選擇黑點密度特徵（black pixel density, BPD），首先將影像等分切成 2 x 2 塊區域（如圖 14(a) 所示），統計每個區域的黑點數目，除以區域面積即可得到每個區域的黑點密度值（如圖 14(b) 所示）。此黑點密度的特徵為一維度為 4 的 BPD 特徵向量。對於每個車牌字元，系統先抽取 BPD 特徵後，與特徵資料庫中所有字元的特徵作比對，並將相似度夠高者列為可能的辨識候選字。



圖 11. 取出的車牌字元物件



(a) 車牌沾黏樹葉之車輛



(b) 車牌字元擷取結果



(c) 相連字元之可能切割位置 (d) 非線性切割路徑

圖 12. 沾污車牌之字元擷取

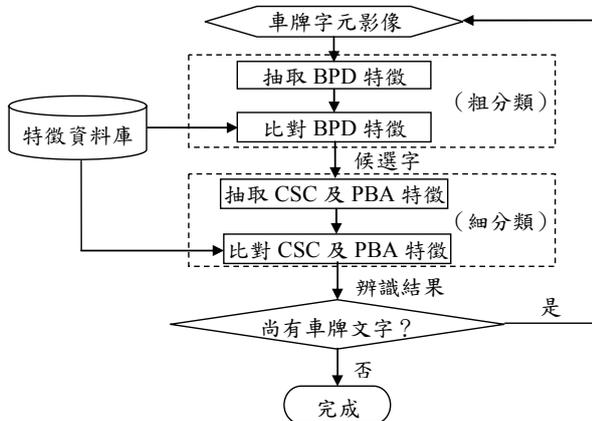
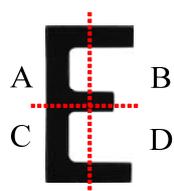


圖 13. 車牌字元與樣型特徵資料庫的比對流程圖



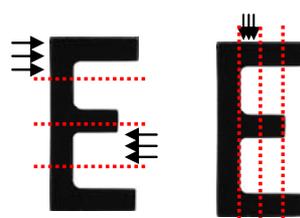
(a) 四等分字元影像

BPD Feature :  
(0.65, 0.36, 0.69, 0.29)

(b) 特徵抽取結果

圖 14. 黑點密度特徵抽取

在細分類的辨識步驟中，我們使用周圍背景面積特徵 (peripheral background area, PBA) 與穿越筆畫數目特徵 (crossing stroke count, CSC)。抽取 PBA 特徵時 (如圖 15(a) 所示)，先將影像水平與垂直各等分切成 4 個格條區域，對同一水平 (或垂直) 格條區域的每一條掃描線 (scanning line)，由外到內找到第一個黑點出現位置，累計後除以區域內掃描線數目，即可得到在此區域內的特徵值。類似的作法，我們可對所有水平區域由左到右、由右到左，對所有垂直區域由上到下、由下到上，找到維度為 16 的 PBA 特徵向量，再除以字元影像的寬度或高度，得到正規化後的 (normalized) 的 PBA 特徵 (如 15(b) 所示)。在抽取 CSC 特徵時 (如圖 16(a) 所示)，同樣地將影像等分水平與垂直各切成 4 個格條區域，對同一水平 (或垂直) 格條區域的每一條掃描線，由左到右 (或由上而下) 偵測通過的筆畫數目，累計後除以區域內掃描線數目，即可得到維度為 8 的 CSC 特徵向量 (如圖 16(b) 所示)。對於經過粗分類後的辨識候選字，再利用 PBA 與 CSC 特徵向量，與該車牌文字影像的特徵作細部比對，利用相似度排序後，即可辨識出該車牌文字影像為何字。為維持辨識準確性來加快辨識速度，在細部辨識過程中，採用分支界定法 (branch-and-bound) [18] 來作加速。

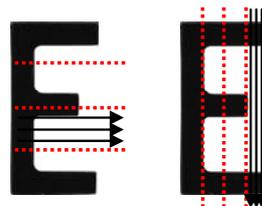


(a) 雙向四等分字元影像

BPA Feature:  
(0.00, 0.00, 0.00, 0.00,  
0.25, 0.58, 0.75, 0.25,  
0.00, 0.00, 0.00, 0.00,  
0.00, 0.00, 0.00, 0.00)

(b) 特徵抽取結果

圖 15. 周圍背景面積特徵抽取



(a) 雙向四等分字元影像

CSC Feature :  
(1.00, 1.00, 1.00, 1.00,  
1.00, 3.00, 3.00, 2.00)

(b) 特徵抽取結果

圖 16. 穿越筆畫數目特徵抽取

#### 四、停車場進出系統規劃

為滿足不同客戶層級對停車場進出機制的需求，自動化的停車場進出管理系統，必須提供「車輛身份判別」、「不同進出路線」、「收費機制方便」等三大功能。首先，為判別正要進出停車場的車輛身份，在停車場的出入口，必須先利用感應線圈觸發取像設備，對進出停車場的車輛進行影像擷取後，再將影像傳送給影像處理系統，進行影像清晰化、車牌定位、車牌字元擷取與辨識、與客戶資料庫比對等一系列的處理，來判定此車輛屬於「VIP 客戶」、「長期客戶」或者「臨時停車」何身份。確定車輛身份後，再給予不同的進出停車場機制。進入停車場時，可能直接開啓閘門、或者抽取停車卷後才開門；而離開停車場時，可能直接開啓柵欄、或者自動扣款、或者繳納自動計算的停車費用後才離開。詳細的停車場進出管理系統架構，我們將分成三個流程來作說明。

##### (一) 車牌定位與辨識流程

每輛車的身份確認，最精確的方法即是利用車輛獨一無二的車牌。當車輛於進入停車場的出入口等待區時，會自動驅動影像擷取設備，拍攝車輛的背後照片，照片影像傳輸至伺服器電腦，即會自動進行車牌的定位與辨識，其流程如圖 17 所示。首先，系統會先進行車輛影像的前置處理，主要加強影像的明暗對比，務求將車牌區域與車體做明顯的差異化。再來，系統會擷取車輛影像的中下方區域影像，並針對此區域影像分別做水平與垂直方向邊緣點的偵測，利用分析邊緣點在個別方向的投影量，可以找到車牌的上下左右邊界位置。最後，將車牌影像擷取後，經過影像的二值化轉換成黑白圖後，即可利用找黑點相連元件的方法，配合車牌字元的大小特性，即可將所有車牌字元位置確定。將車牌字元抽取後，即可送入辨識核心進行辨識，得到車牌號碼。

##### (二) 進出停車場流程

對於有進出自動化需求的停車場，提供多層次客戶的進出服務勢在必行。因此，本研究考慮停車場客戶分群中，常見的重要客戶（VIP）、長期客戶及臨時客戶等三種身份。其進出停車場的流程也因身份的不同而有差別，說明如下：

###### 1. 重要客戶

係指停車場高層人員或不需繳費的重要客戶。當這類身份人員的車輛進入或離開停車場時，會將其辨識後的車輛號碼與資料庫的 VIP 客戶車牌號碼進行比對。一旦相符時，即自動開啓入口或出口閘門，讓車輛自由進出停車場。

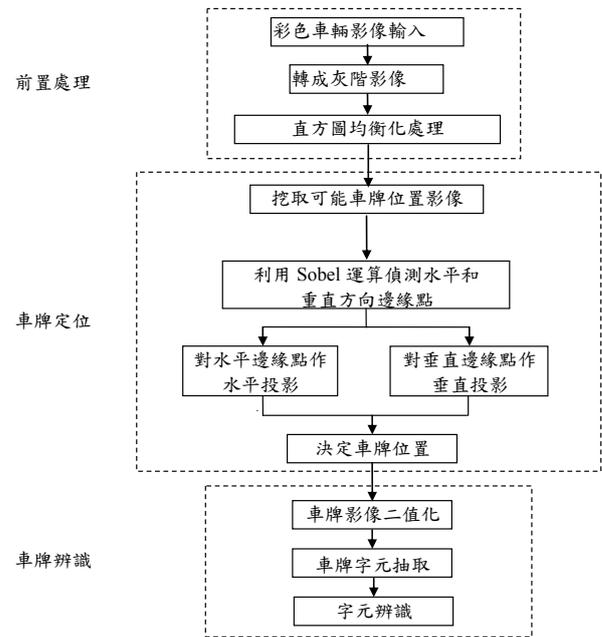


圖 17. 車牌定位與辨識流程圖

###### 2. 長期客戶

係指和停車場有定期停車約定的客戶。當這類客戶的車輛進入停車場時，系統會將辨識後的車輛號碼與資料庫的長期客戶車牌號碼進行比對。相符時，即自動開啓入口閘門，放行車輛進入停車場。與 VIP 客戶不同之處，在於這類身份人員的車輛在離開停車場時，在開啓出口閘門前，會自動進行停車費的計算和扣款，然後才開啓出口閘門，放行車輛離開停車場。至於這些客戶是採取計次、按日或包月等式來計算停車費用，則不在本研究探討範圍。

###### 3. 臨時客戶

係指以上兩者以外的客戶，通常為短時且不頻繁地停車。這類身份的車輛進入停車場時，車牌號碼辨識後會建立在臨時停車資料庫內，並記錄進入時間，待車主抽取自動列印的停車卷後，才開啓入口閘門，並放行車輛進入停車場內停車。此類身份的車輛欲離開停車場時，系統同樣會辨識車牌，並從臨時停車資料庫中，擷取出此車輛何時進入停車場，以自動計算停車時間與告知車主停車費用，待車主繳費後，才以人工同意方式開啓出口閘門，放行車輛離開停車場。圖 18 與圖 19 分別說明了三種不同層級的客戶進出停車場時的系統運作流程。

##### (三) 停車場設備架構規劃

停車場進出管理系統必須要有軟硬體的合作，除了依據

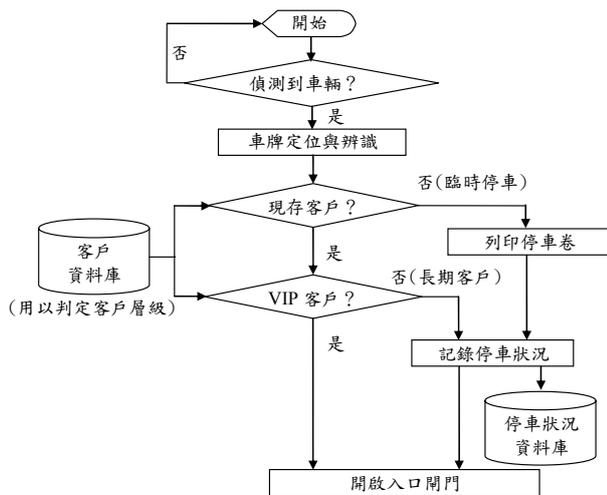


圖 18. 車輛進入停車場之系統運作流程圖

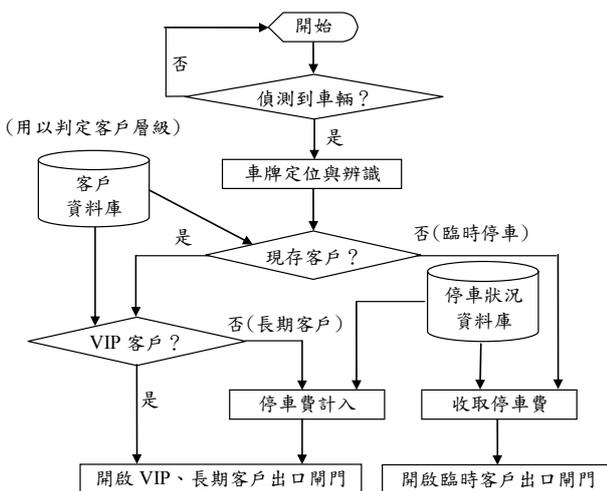


圖 19. 車輛離開停車場之系統運作流程圖

客戶層級提供不同的車輛進出機制外，停車場必須有相關的硬體設備。本研究規劃的停車場進出口處環境，其設備架構如圖 20 所示。首先，所有車輛當進入停車場入口，壓過地下的感應線圈時，將啟動車輛取像設備，拍攝車輛背面影像，並將影像送至伺服器電腦，快速地進行車牌定位、辨識與身份確認的工作。若該車輛主屬於 VIP 及長期客戶，則直接開啟入口柵欄機，放行進入停車場。若該車輛屬於臨時停車，則記錄相關資訊至停車狀況資料庫後，自動列印停車卷，並發出電腦語音以通知車主從取票機抽取停車卷，取得印有車牌號碼與進場時間等資訊的提示用停車卷，再開啓入口柵欄機，放行進入停車場。

再來，車輛欲離開停車場時，爲了加快車行速度，減少

等待。本研究規劃的停車場出口，將分爲 VIP 及長期客戶的專屬出口與臨時客戶的一般出口兩種。在專屬出口處，當車輛壓過地下的感應線圈時，同樣地會驅動影像擷取設備、進行車牌辨識與身份比對，而後直接開啓出口柵欄，放行車輛出場。如果身份屬於長期客戶的車輛，系統會額外進行自動記次、計費、扣款等動作。而在一般出口處，車輛的車牌經過擷取、辨識後，會從停車狀況資料庫取得該車輛進場時間，並自動計算停車費後顯示金額，待車主繳費給收費亭中的收費員後，再開啓出口柵欄機，放行車輛出場。

## 五、成果分析與討論

本研究提出利用影像分析技術，規劃出停車場出入口的進出管理機制。爲驗證此技術之可行性與機制之實用性，我們分成兩方面來測試所開發的系統與評估規劃之進出管理機制。首先，針對影像分析與車牌辨識技術部分，我們以最常見之 1000cc 至 3000cc 轎車與休旅車爲主要之實驗標的，使用 Canon PowerShot A80 數位相機爲影像擷取設備，在光線充足情況下，分別在學校、餐廳、公司等地點之出入口位置拍攝 200 部、不限廠牌、共 245 張自用小客車的正後方影像，並以 C#語言在 Visual Studio.NET 2003 環境下開發視窗應用程式，以 HP Pavilion dv1618 筆記型電腦爲測試平台，車牌位置偵測與車牌辨識之實驗結果如表 1 所示。其中，車牌位置偵測正確與否，需將系統偵測出的車牌範圍與人工框選的正確車牌位置做比較，利用資料檢索 (data retrieving) 常使用的測量因子，分別計算其精確度 (precision rate)  $R_{prec}$  與召回率 (recall rate)  $R_{recall}$ ，必須滿足  $R_{prec} > 90\%$  and  $R_{recall} > 80\%$ ，才將此偵測出的車牌視爲正確，否則爲失敗。車牌字元的辨識率計算，則以個別字元的辨識正確與否計算，即使車牌位置並未精確偵測出，仍可在該位置車牌影像中擷取出部分車牌文字作辨識。爲模擬停車場之專屬客戶資料庫，我們將測試影像中的 50% 車輛之當作是專屬客戶車輛，事先將其車牌號碼存入資料庫，並分別參考或不參考此資料庫，來做車牌字元辨識與修正，統計其辨識正確性。至於整體執行時間部分，則從讀入車輛後方影像後開始計時，直至全部車牌文字辨識完成，不管車牌位置偵測與個別文字辨識的正確性。

再來，我們針對應用影像分析技術所提出的停車場進出管理機制，與現有的管理方式作分析與效能評估。目前的停車場進出管理方式，以人工控制爲主，有些私人停車場會採

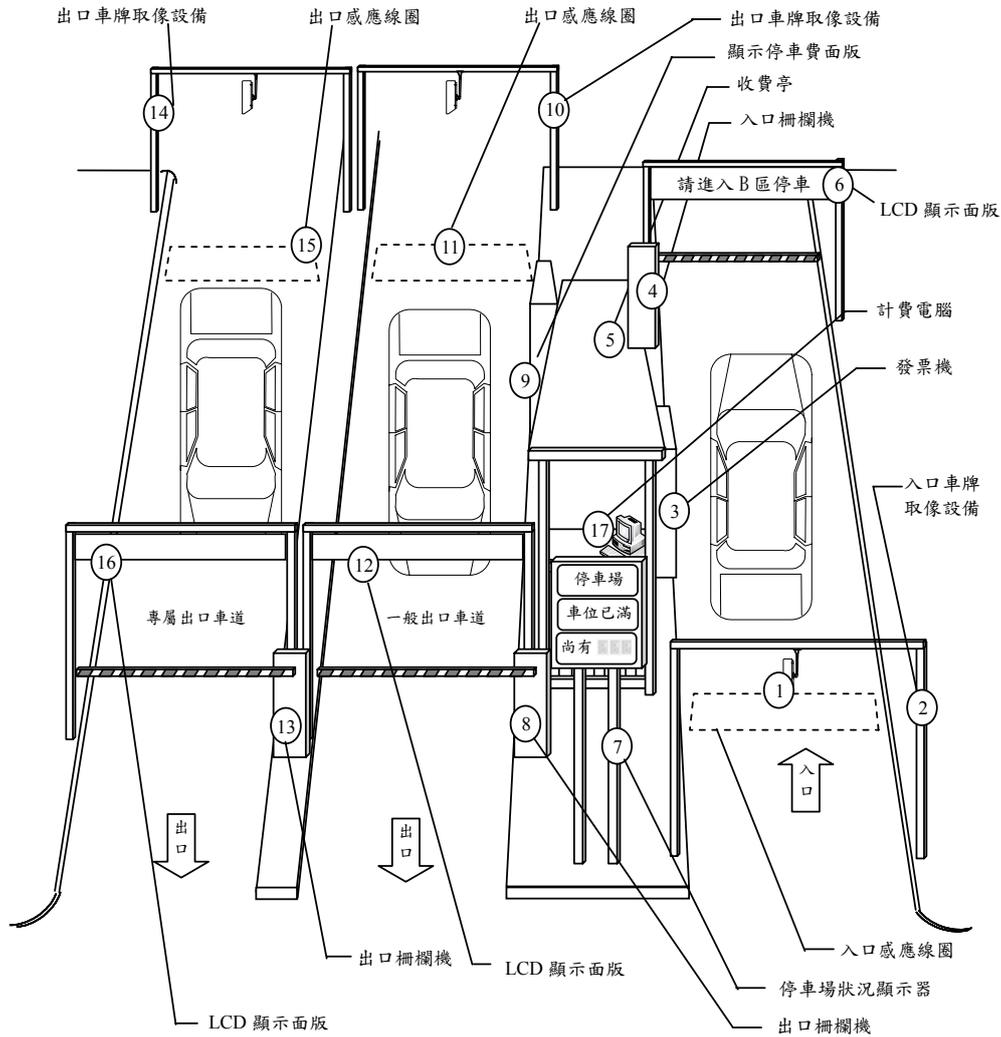


圖 20. 停車場設備架構圖

表 1. 車牌擷取與字元辨識結果

	車牌位置 偵測正確性	車牌字元辨識正確性		整體平均 執行時間
		未參考 客戶資料庫	參考 客戶資料庫	
實驗 結果	97.14%	90.61%	97.89%	1.83 sec

用紅外線或無線電波方式，來控制出入口柵欄的開啓。若加上本研究提出的應用影像分析技術於停車場的進出管理，此三種進出管理方式，所需的設備、成本與自動化程度等相關比較，如表 2 所示。

另一方面，就停車場的收費機制而言，除了常見的出口處人工收費（如圖 21 所示）、中央人工收費（如圖 22 所示）、中央全自動繳費（如圖 23 所示）外，加上本研究應用車牌

表 2. 停車場管理技術分析表

	人工控制	紅外線、 無線電波	應用影像 分析技術
主要設備	柵欄機、出票 機、計價電腦 組、收費亭	柵欄機、車內 通訊模組、路 側辨識模組	柵欄機、車牌 辨識系統、自 動帳務系統
設備成本	最低	最高	低
人力成本	最高	低	低
服務品質	隨時間降低	不變	不變
車主負擔	不用	車內通訊模組	不用
自動化程度	低	高	高
準確度	最高	高	稍低

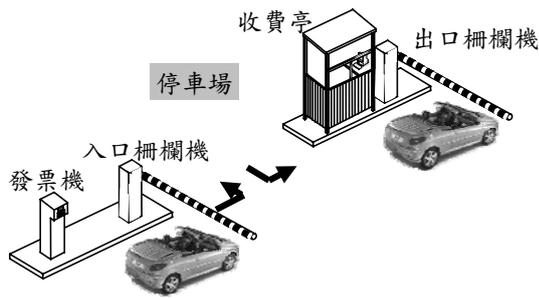


圖 21. 出口人工收費

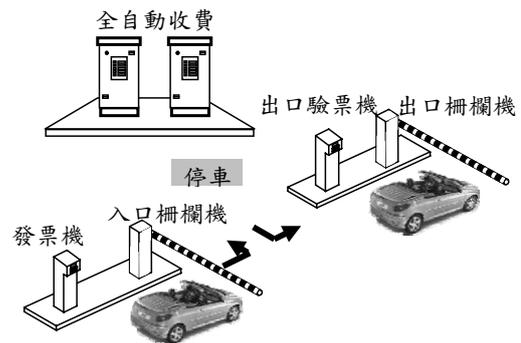


圖 23. 中央全自動繳費方式

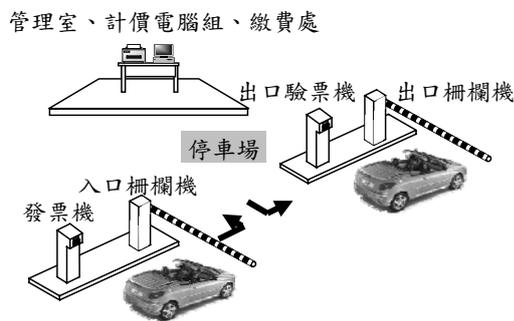


圖 22. 中央人工收費

辨識系統，提出針對臨時停車與專屬客戶的兩種收費機制。上述的六種收費機制，其進出模式、所需成本與離開時間等的比較，如表 3 所示。

目前停車場大多採取出口人工收費模式為主，從表 3 的分析可以得知，此種出口人工收費模式，所需的人力成本最高，而車輛出場所需的時間也最長。這也是造成車輛在

出口處排隊，等候離開停車場的主因，可見此種管理模式效率較差；而對於中央人工收費及中央全自動繳費模式，雖然每部車輛離開的速率預估可縮短至 10 秒鐘。但那是指已繳費後，至出口處等待離開的時間。若停車場將收費中心或者自動繳費機設置在離停車位較遠處，駕駛人仍需步行至收費中心處排隊繳費，而且繳費後車主也必需在時限內開車離開停車場。本研究提出的運用車牌辨識系統，提供臨時停車與專屬客戶的不同進出停車場機制，不僅可以改善出口處人工收費模式上述的缺點，經由電腦系統的自動化管理，可以對停車場內的車輛的進出，進行有效且確實的掌握。對於臨時停車的需求，必要時則可經由收費人員來加以輔助；對於 VIP 或者長期客戶，更可結合停車費的帳務自動化管理，使整個停車場管理系統的運作更具效率。

就運用影像分析技術與車牌辨識系統，進行停車場出入口管理，其主要優點分析如下：

表 3. 停車場管理模式分析表

管理模式	出口處人工收費	中央人工收費	中央全自動繳費	車牌辨識系統 (臨時停車)	車牌辨識系統 (專屬客戶)
主要設備配置	出票機、柵欄機、收費亭	出票機、柵欄機、驗票機	出票機、柵欄機、繳費機、驗票機	出票機、柵欄機、收費亭、辨識系統	柵欄機、辨識系統、帳務系統
進入模式	自行取票	自行取票	自行取票	辨識後抽取停車票	辨識後直接進入
離開模式	出口處計費、繳費→柵欄開啓→離開	收費中心處計費、繳費→出口處驗票→柵欄開啓→離開	繳費機繳費→出口處驗票→柵欄開啓→離開	出口處車牌辨識→顯示停車費→繳費→柵欄開啓→出場	出口處車牌辨識→系統自動扣款→柵欄開啓→出場
投資成本	設備成本最少 人力成本最高	設備成本少 人力成本稍高	設備成本稍高 人力成本最低	設備成本高 人力成本稍高	設備成本高 人力成本最低
出車速率	最慢	快	快	稍慢	最快

### 1. 方便、快速地進出停車場

傳統停車場在車輛進出的管理上，係以人工方式進行車輛的出場收費與柵欄開啓控制，並無法針對不同等級客戶的車輛進行不同的進出機制管理。而採用車牌辨識系統設備的停車場，對於不同等級的客戶車輛，均進行車牌辨識、確定身份後，只有臨時停車者需要抽取停車卷、需根據自動計算的停車費用進行稍慢的繳費動作；而 VIP 或長期客戶均可立即開啓進出口的柵欄。如此一來，可大幅減少車輛進出停車場的等待時間，同時也提高了專屬客戶的方便性、安全性與隱私性。

### 2. 降低經營成本

雖然使用車牌辨識系統的停車場進出管理模式，會比傳統的停車場所需的設備成本較高，但這些成本均是初期的建置成本，若將使用時間拉長來看，將建置成本與維護成本平均後，設備成本應可接受。若同時考量前者甚少的人工成本與後者遞增的人力成本，採用車牌辨識系統設備的停車場，其辨識系統及相關機械設備的平均購置與維修成本，都遠較傳統的停車場管理，所增加的人工成本為低。

### 3. 減少爭議發生

傳統的停車場進出管理，係以不具車號的停車卷，來進行停車費的計算與收費。若停車票遺失或者遭竊，收費人員又無法判別停車卷與車輛的吻合情況，容易讓收費員與停車客戶間發生爭執，甚至影響到停車場其他車輛的離開。而採用車牌辨識系統設備的停車場，由於係以具唯一性的車牌作為車輛進出停車場的依據，停車卷只用來提示臨時停車者的進入時間，離開時並不需繳回停車卷。因此，此方式不容易有爭議產生。

## 六、結論及未來展望

運用影像分析與車牌辨識技術，並結合不同客戶層級的停車場進出管理機制，確實可以提供停車場更好的停車服務品質、縮短車輛進出停車場的時間、提升管理效率、減少人力成本、防止人為弊端及減少人工錯誤率。本系統提出之機制，可以依不同的停車場客戶組合，應用在公司行號、學校停車場及私有停車場的管理上。而在臨時停車部分，如能進一步結合儲值感應卡，於出口驗票機感應區，即進行自動扣款，免除人工收錢及找錢的相關手續時間，應可大幅縮短臨時停車者離開停車場的等待時間；倘若再結合停車場空位的監控機制，於入口處顯示或者停車卷上列印建議停車區

域，除了可節省車主尋找停車位所花費的時間外，更可改善停車場的管理效率及停車的服務品質。

我們未來的研究，將朝下列幾個方向來進行：第一、若車牌辨識效果無法達到 100%，應該進一步擷取車輛影像的其他特徵，如車輛大小、車身顏色等，來輔助車牌辨識，進行車輛身份的確認。第二、擴大車牌辨識系統的應用範圍，可處理不同底色與字元顏色的車牌，以允許更多類型的車輛進出停車場，使停車場的服務範圍擴大。第三、可考慮於停車場內部加裝不同視角的視訊擷取設備，可自動地做到空車位數量與位置的即時掌握。第四、配合分散之多媒體資料庫，使用網路技術 [8]，管理者或使用者可隨時透過網站得知停車場車輛進出狀況與停車位使用狀況。

## 參考文獻

1. 邱莉莉 (民 91)，停車場整體服務品質研究—以台南市公十一停車場為例，長榮大學經營管理研究所碩士論文。
2. 柯建仲、林知行 (民 90)，停車場所在位置與出入口對鄰接道路的影響，第二屆工作科學與藝術研討會論文集，台北。
3. 張峰齊 (民 92)，即時停車資訊控制與管理系統，台灣大學土木工程研究所碩士論文。
4. 曾逸鴻 (民 88)，文件影像二值化之兩層區塊抽取及背景顏色確定方法，中華民國發明專利，105556。
5. Bremananth, R. and A. Chitra (2005) A robust video based license plate recognition system. International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing, Chennai, India.
6. Chang, S. L., L. S. Chen, Y. C. Chung and S. W. Chen (2005) Automatic license plate recognition. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 5, 42-53.
7. Comelli, P., P. Ferragina, M. N. Granieri and F. Stabile (1995) Optical recognition of motor vehicle license plates. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 44(4), 790-799.
8. Dai, Y., H. Q. Ma, J. L. Liu and L. G. Li (2001) A high performance license plate recognition system based on the web technique. International Conference on Intelligent Transportation System, California.
9. Dubey, P. (2005) Heuristic approach for license plate

- detection. International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Como, Italy.
10. Gonzalez, R. C. and R. E. Woods (2004) *Digital Image Processing*, 2nd Ed., Prentice- Hall, New Jersey, NJ.
  11. Jia, W. J., H. F. Zhang, X. J. He and M. Piccardi (2005) Mean shift for accurate license plate localization. International Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna, Austria.
  12. Kong, J., X. Y. Liu, Y. H. Lu and X. F. Zhou (2005) A novel license plate localization method based on textural feature analysis. International Symposium on Signal Processing and Information Technology, Athens, Greece.
  13. Matas, J. and K. Zimmermann (2005) Unconstrained license plate and text localization and recognition. International Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna, Austria.
  14. Naito, T., T. Tsukada, K. Yamada, K. Kozuka and S. Yamamoto (2000) Robust license-plate recognition method for passing vehicles under outside environment. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 49(6), 2309-2319.
  15. Otsu, N. (1979) A thresholding selection method from gray-scale histogram. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, 9, 62-66.
  16. Park, S. H., K. I. Kim, K. Jung and H. J. Kim (1999) Locating car license plates using neural networks. *Electronics Letters*, 35(17), 1475-1477.
  17. Shapiro, V. and G. Gluhchev (2004) Multinational license plate recognition system: Segmentation and classification. International Conference on Pattern Recognition, Cambridge, UK.
  18. Tseng, Y. H., C. C. Kuo and H. J. Lee (1998) Speeding-up character recognition and applying the results to automatic document reading. *Pattern Recognition*, 31(11), 1601-1612.
  19. Tseng, Y. H. and H. J. Lee (1999) Recognition-based character segmentation using probabilistic viterbi algorithm. *Pattern Recognition Letters*, 20(8), 791-806.
  20. Yang, Y. Q., J. Bai, R. L. Tian and N. Liu (2005) A vehicle license plate recognition system based on fixed color collocation. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Guangzhou, China.
  21. Zheng, D., Y. Zhao and J. X. Wang (2005) An efficient method of license plate location. *Pattern Recognition Letters*, 26, 2431-2438.
  22. Zunino, R. and S. Rovetta (2000) Vector quantization for license-plate location and image coding. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 47(1), 159-167.
- 收件：95.05.24 修正：95.10.17 接受：95.11.10