

修正逆透視轉換後之前車距離偵測系統

郭偉凱

明志科技大學電機所控制組

e-mail :

M971F8001@mail2.mcut.edu.tw

吳長洲

明志科技大學電機系講師

e-mail :

cjwu@mail.mcut.edu.tw

林錫昭

明志科技大學副教授

e-mail :

sjlin@mail.mcut.edu.tw

摘要

本研究是使用視覺影像處理技術，來進行前車的距離估測以做為車輛與車輛之間行車距離偵測之參考。得到的行車影像資訊是由架設於車輛上的 CCD 拍攝所取得的，而後及對取得的影像進行邊緣偵測(Edge Detection)，再將影像中感興趣的物件邊緣分離出來並使用霍夫轉換(Hough Transform)找出可能之車道標線，同時掃描車道標線內感興趣之區域(Region Of Interest, ROI)，判斷前方車道內是否有車輛，最後藉由逆透視轉換演算法(IPM, inverse perspective mapping)將影像座標系統還原成真實世界座標系統並求出與前車相距之距離，再利用類神經網路演算法修正距離，以達到精準的距離值。

關鍵詞：邊緣偵測、霍夫轉換、逆透視轉換、影像座標系統、世界座標系統。

Abstract

This study uses visual image techniques to detect driving distance from the vehicles which used as the reference between a vehicles to vehicles. The information of driving images is obtained from CCD, which is set up on the vehicles. Then the obtained images are processed by edge detection to separate the target objects. Meanwhile, Hough Transform is used to find out possible driving lanes and the Region of Interest is scanned to detection whether there is any vehicles in the driving lane. Finally, the study used Inverse Perspective Mapping techniques to restore the image coordinate system into real world coordinate system to estimate the distance from the front vehicles with the use of Neural Network algorithms to amend the distance in order to achieve accurate distance value.

Keywords: Edge detection, Hough transform, Inverse perspective mapping, image coordinate system, World coordinate system

1. 前言

近年來隨著經濟的蓬勃發展，國人生活水準提高，擁有車輛的人口急速上升，常常造成交通道路的擁擠及行車秩序的混亂。也因為如此交通意外事故頻傳，如行車時未保持安全距離、酒後駕車、隨意變換車道、疲勞駕駛等。這些車禍事故的發生不管輕或重，都會造成生命以及財產的損失，因此近年來各先進國家及許多研究單位均致力於研發推廣智慧型交通系統(ITS, Intelligent Transportation System)。智慧型交通系統範圍相當廣泛，其內容包含車輛導航、交通監控、車輛安全輔助系統等項目，其中車輛安全輔助系統更是受到矚目。車輛安全輔助系統其目的就是希望藉由人的各種感官來提醒駕駛者可能發生的危險，以降低人為事故及交通意外的發生。近年來以影像視覺技術做為車輛安全輔助系統的應用受到各界的關注，應用內容有停車輔助系統、自動駕駛、路徑規畫、追蹤及閃避障礙物等，其中以使用影像處理技術的自動駕駛系統的應用最為熱門[1-2]。對於自動駕駛而言車道的辨識及偵測前車等資訊非常重要，利用這些數據提醒駕駛避免發生碰撞產生危險。以數位影像技術為基礎用於檢測車道標線方面有許多的方法，其中以霍夫轉換演算法最為常見。霍夫轉換演算法錯誤率低並可以畫出精準的線段，但處理速度緩慢是一個重大的缺點，因此有許多研究者以霍夫轉換演算法為基礎提出改善方法如參考文獻[3-4]。以數位影像技術為基礎找尋車道內的前方車輛之位置，多以偵測前方車輛底部陰影來判別車輛位置[5-7]，但是此種方法較適用於光照較強的環境並不適用於光照弱的環境。對於光照較弱的環境進行前方車輛的偵測如參考文獻[8]提出可以偵測其車尾尾燈之成分並利用高寬比例找出車輛底部位置。而距離與速度計算在自動駕駛方面是不可或缺的，當偵測出並確定平面影像上之前方車輛位置時，便可利用逆透視轉換演算法(IPM, Inverse Perspective Mapping)[9-12]將所得的平面影像距離值轉換成真實世界的距離值。但是藉由投影轉換過後的距離值與實際距離值做

比較後發現會有所偏差，故提出修正方法來修正經由逆透視轉換演算法所造成的距離偏差。整體系統流程圖如圖 1 所示，拍攝道路資訊時必須先進行 CCD 校正以取得各 CCD 鏡頭參數值，擷取行車影像，訂定影像閾值和選取 ROI 成分並套入車道標線演算法中，利用找到的車道標線資訊並儲存其結果，再套入到前車偵測演算法判斷前方 ROI 區域是否有車輛？當偵測到車輛後就執行逆透視轉換演算法並找出與前車之間的距離值，再將此距離值代入修正距離的類神經正規化，便可得到想要的距離值。若前方 ROI 區域無偵測到車輛，就執行下一張影像圖片，並重複上述之動作直到執行完所有影像為止。

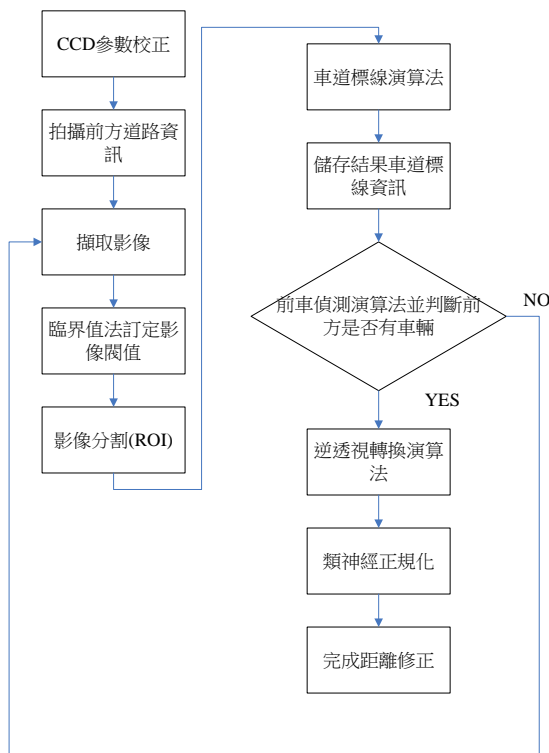


圖 1 系統流程圖

2. 車道標線檢測演算法

先架設拍攝器材及做好環境之設定與校正鏡頭之動作再取得想要之參數值。分割影像後並選取欲處理區域，同時檢測影像之邊緣成分，再利用 Hough-Transform 找尋想要之線段。

2.1 拍攝設備及拍攝環境

為了取得行進車輛前方影像資訊，將拍攝裝置架設於車內副駕駛座，在此是以相機腳架固定鏡頭拍攝前方車輛資訊。我們將 CCD 鏡頭對準於正前方方向，並將觀測旋轉角度調為

0 度，CCD 架設高度為 h 公尺，鏡頭俯角為 θ 度，其關係如圖 2 所示

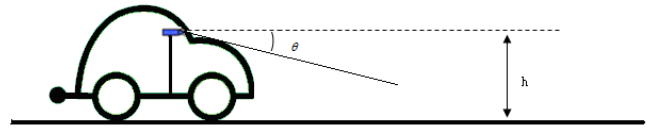


圖 2 CCD 架設於車內位置之關係圖

由於國內道路標線及道路寬度空間規格並不是十分統一，因此實驗將針對下列道路狀況進行處理及分析：(1)平坦道路。(2)天候狀況為白天及陰天。(3)路面單純。(4)道路必須含有道路標線。

2.2 鏡頭參數校正

為了得到精準無誤的實驗數據，在做實驗之前務必對鏡頭進行校正的動作，利用鏡頭校正即可求得水平光圈值(Horizontal Aperture, α_h)及垂直光圈值(Vertical Aperture, α_v)。經由實際量測，其鏡頭最大水平光圈值為 21.222 度，最大垂直光圈值為 13.288 度，如圖 3 所示。

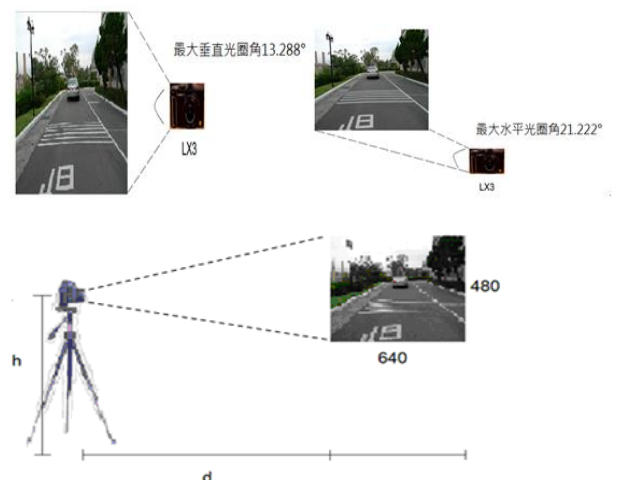


圖 3 鏡頭校正實驗示意圖

2.3 分割及影像邊緣檢測

影像分割所切割之最感興趣的區域 (ROI, Region of interest) 是道路 ROI，如圖 4 中紅色框架所顯示的區域。做影像切割可以省略多餘的計算量來提升系統的效能。接著針對切割好的區域影像進行邊緣檢測。邊緣檢測是用來檢測強度值中有意義且不連續性的最常

見方法，這裡是使用 Sobel 邊緣檢測器並進行影像分割，如圖 5 所示。

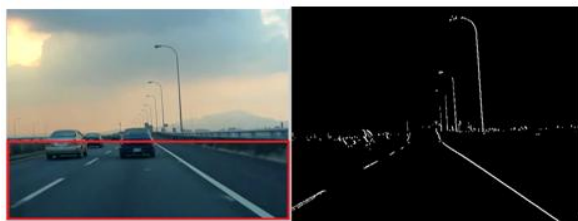
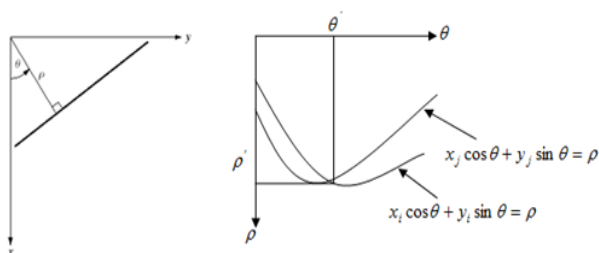


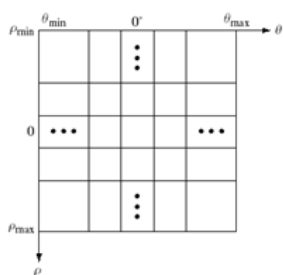
圖 4 ROI 切割區域 圖 5 Sobel 邊緣檢測

2.4 霍夫轉換

通常影像做完邊緣檢測後並無法表示出完整的邊緣，這是因為雜訊、不均勻的照明造成邊緣斷點、以及引進假強度不連續性的其他效應，因此使用 Hough Transform(Hough[1962])來連結影像不連續的像素，將這些不連續的線段組成有意義的邊緣。霍夫轉換表示法： $x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$ ，參數範圍： $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 、 $-D \leq \rho \leq D$ ，其中 D 是影像中角落與角落之間的距離。



(a) (b)



(c)

圖 6 (a)xy 平面 (b) $\rho\theta$ 平面 (c) 累積方塊

3. 前車距離估測及距離校正

先利用得到的車道標線資訊套入前車偵測演算法中，找出前方車輛之資訊後再套入逆透視轉換演算法即可找出前車相距之距離數值，接著使用類神經的正規化法修正距離值。

3.1 前車偵測演算法

因為要做好前車距離估測，故搜尋車輛的範圍乃限制在同一車道的前方車輛，從車道中選出最接近駕駛者的前方車輛，並針對其前方車輛進行偵測及追蹤，其前車偵測流程如圖 7 所示

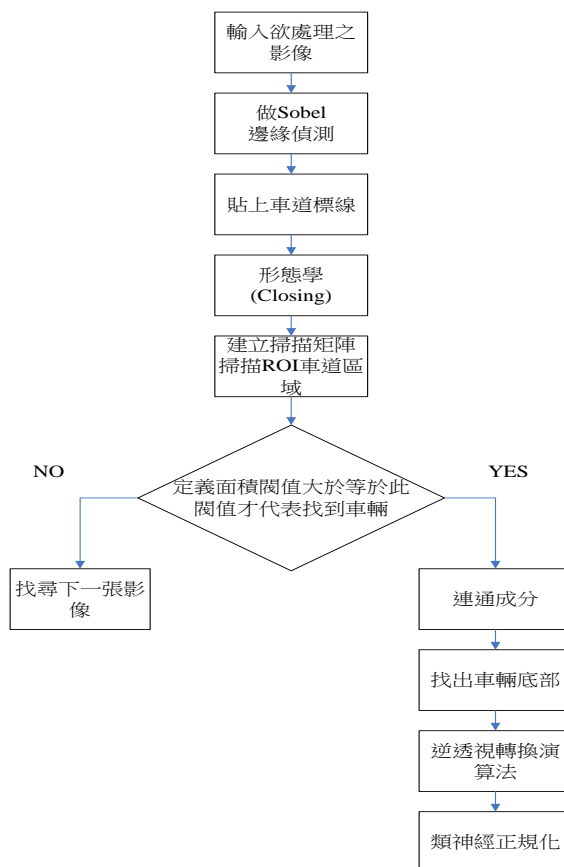


圖 7 前車偵測流程圖

取一塊 ROI(Region of interest)，如圖 8(a) 所標示之紅色區塊，在此區域內進行前方車輛偵測的動作。首先針對影像進行 Sobel 邊緣偵測，做完 Sobel 邊緣檢測後，貼上經由 Hough 轉換所得到的車道標線，如圖 8(b) 所示，並利用型態學上的閉合(morphological closing)法將影像中斷部分連接及填補缺口，如圖 8(c) 所示。建立車道的掃描矩陣後，對欲處理之車道進行掃描並訂定面積閾值，如圖 8(d) 所示。掃描矩陣是一直往前掃描其車道，當發現符合所定義的面積百分比時，便會繼續執行下一步驟，用 8 連通 (8-connected) 法來判斷有幾個物件，並標示其物件底部位置。這裡的底部位置係指車輛的底部，如圖 8(e) 所示。若不符合其面積百分比，便會找尋下一張影像。

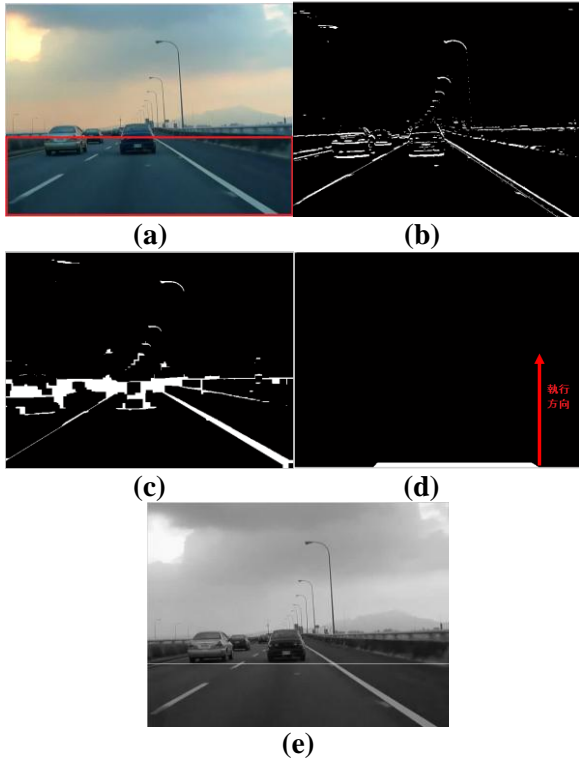


圖 8 (a)前車偵測處理區域示意圖 (b)圖 9 貼上標線示意圖 (c)圖 10 形態學閉合 (d)11 掃描矩陣 (e)圖 12 車輛底部示意圖

3.2 IPM 演算法

使用逆透視轉換演算法將二維影像座標轉換為三維的真實世界座標。由前文可以得知車道標線位置及車輛的資訊，但是僅知道影像上的位置，卻不知道車輛在真實世界中的位置及其與駕駛者的距離為何，如此無法提供駕駛者有用的資訊來預防交通事故的發生，故使用逆透視轉換來得知真實世界中的資訊，CCD 參數如圖 13 所示， l 、 d 和 h 是相機位置對原點的 X、Y 和 Z 方向的距離， γ 此角度是將視軸 σ 投影到 $Z=0$ 的平面上形成 η 向量方向與 X 軸方向所形成的角度稱為旋轉角， θ 是視軸 σ 方向與 X 軸方向所形成的角度稱為俯角， $2\alpha_{hor}$ 為攝影機水平視角， $2\alpha_{ver}$ 為攝影機垂直視角，攝影機解析度為 $m \times n$ 。

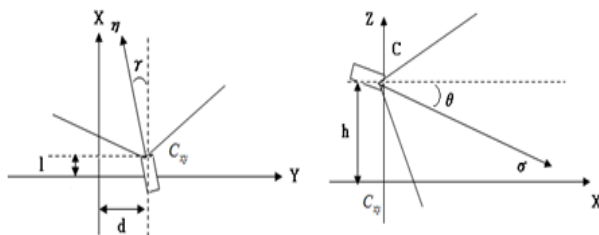


圖 13 CCD 鏡頭參數示意圖

$$x(u, v) = h \times \cot \left[(\theta - \alpha_{ver}) + u \frac{2\alpha_{ver}}{n-1} \right] \times \cos \left[(\gamma - \alpha_{hor}) + v \frac{2\alpha_{hor}}{m-1} \right] + l \quad (1)$$

$$y(u, v) = h \times \cot \left[(\theta - \alpha_{ver}) + u \frac{2\alpha_{ver}}{n-1} \right] \times \sin \left[(\gamma - \alpha_{hor}) + v \frac{2\alpha_{hor}}{m-1} \right] + d \quad (2)$$

$$u(x, y, 0) = \frac{\arctan \left[\frac{h \sin \left[\arctan \left(\frac{y-d}{x-l} \right) \right]}{y-d} \right] - (\theta - \alpha_{ver})}{\frac{2\alpha_{ver}}{n-1}} \quad (3)$$

$$v(x, y, 0) = \frac{\arctan \left[\frac{y-d}{x-l} \right] - (\gamma - \alpha_{hor})}{\frac{2\alpha_{hor}}{m-1}} \quad (4)$$

利用上述(1) - (2)的轉換公式，便可以將影像座標轉換成地表平面座標，利用(3) - (4)則可以反轉將地表平面座標轉換成影像座標。當偵測出車輛在影像上的位置時，藉由公式換算就可以得知車輛在真實世界中的距離。為了驗證經由逆透視轉換後所得到的距離是否正確，我們要先進行鏡頭的校正動作，之後再量測障礙物的實際距離，如圖 14 所示，並和經由逆透視轉換所投影的距離做比較，如表 1 所示。

經由逆透視轉換得知實際距離越遠，誤差百分比就會越大。理論上來說經由逆透視轉換演算法所得到的距離值與實際值應該相同，但是實際量測發現，經由逆透視轉換投影出來的距離與實際值並不完全相同，其誤差量會隨著障礙物擺設的遠近而變化。擺設距離越近誤差量就越小，反之擺設距離越遠誤差量就越大，成因可能與影像解析度不足及拍攝時 CCD 震動改變俯角角度和 CCD 離地之高度有關。



圖 14 實際量測距離

表 1 距離量測統計表

| | | | |
|-------|----------|---------|--------|
| 實際距離 | 10m | 15m | 20m |
| 逆透視轉換 | 10.1280m | 13.484m | 16.88m |
| 誤差距離 | 0.128m | 1.516m | 3.12m |
| 誤差百分比 | 1.28% | 10% | 15.6% |

3.3 類神經正規化

修正經由逆透視轉換演算法所得到的距離估測值，以減少行車拍攝時的距離誤差。本研究指距離修正的方法是使用類神經網路法來修正距離。圖 15 為類神經神經元，圖 16 為修正距離之流程。

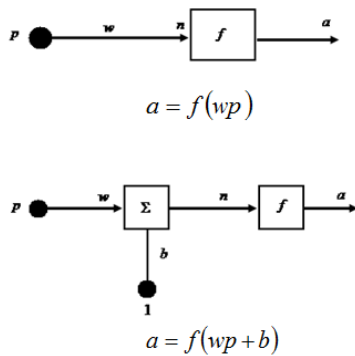


圖 15 類神經神經元

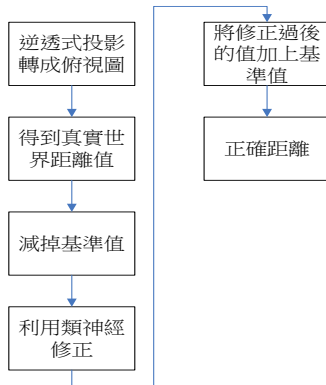


圖 16 距離修正流程圖

當影像做完逆透視投影得知距離值後，必須減掉定好的基準值。減掉基準值後的數值須依照比例拆開並各自乘上權重值，最後加回基準值即為修正過後的正確距離值，如圖 17 所示。

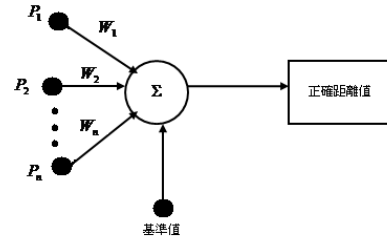


圖 17 距離修正示意圖

從經過類神經修正過後的距離值，我們可以發現加入類神經修正過後的距離值與沒加入類神經只做 IPM 逆透視轉換所得到的距離值有明顯的差異，加入類神經所得到的距離數值更接近實際距離值，如表 2 所示。

表 2 修正過後的距離數值

| | | | |
|---------|----------|----------|----------|
| 實際距離 | 10m | 15m | 20m |
| 類神經修正 | 10.1331m | 15.3221m | 20.1664m |
| 修正後誤差距離 | 0.1331m | 0.3221m | 0.1664m |
| 誤差百分比 | 1.331% | 2.147% | 0.832% |

4. 實驗結果與分析

藍色線段是只做逆透視轉換所得到的距離誤差曲線，紅色線段則是逆透視轉換並加入類神經修正距離所得的距離誤差曲線，比較後可以發現有做類神經修正的曲線線段比沒做類神經修正距離的曲線線段來的平坦，距離誤差也較小，如圖 18 所示。圖 19 為前車位置偵測之結果。由於這裡程式開發的工具軟體是使用 MATLAB 程式語言，主要是進行演算法的開發及效果的分析，比起編譯式的程式語言所花的時間較長。計算系統處理時間，發現並無法完全達到即時偵測的效果。

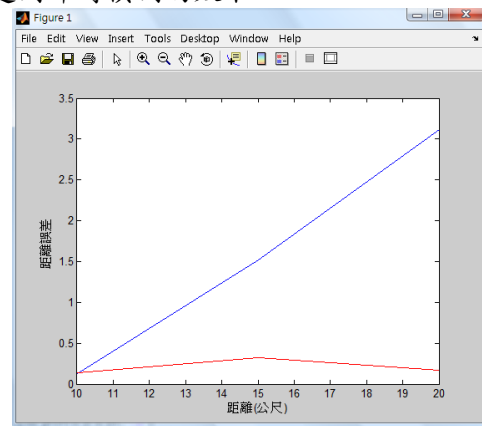


圖 18 距離修正比較圖

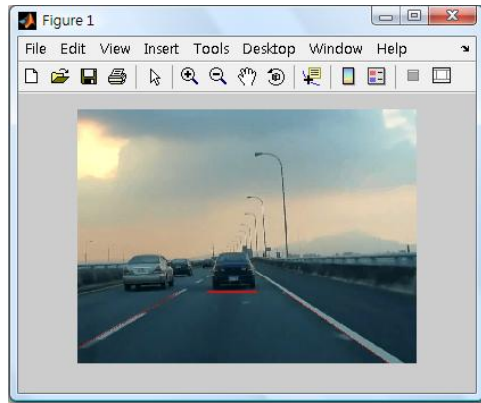


圖 19 前車偵測示意圖

5. 結論

本研究中是以視覺影像技術為基礎所提出的距離偵測系統，同時利用逆透視轉換演算法求出前車距離並提出修正距離之方法，比較修正前及修正後的距離數值後可以發現修正後的距離誤差有明顯的改善。研究主要目標在如何找出前方車輛並計算駕駛者與前方車輛之間的距離，這些參數的應用可預防及避免車輛發生碰撞，以減少交通事故的發生。未來希望修正距離的權重值可以自動調整，且能加強此系統的準確度並且可以應用於各種複雜和受到強烈干擾的環境，同時可以提升此系統的穩定性並達到即時偵測的效果。

參考文獻

- [1] I. Motokuni and S. Yoshiaki, "Toward Vision-Based Intelligent Navigator : Its Concept and Prototype," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation System, Vol.3, No.2, JUNE 2002, pp136-146.
- [2] T. Sadayuki, "Vision-Based Vehicles in Japan : Machine Vision Systems and Driving Control Systems," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.41, No.4, AUGUST 1994, pp398-405.
- [3] J. Gong, A. Wang, Y. Zhai, G. Xiong, P. Zhou and H. Chen, 2008. "High Speed Lane Recognition under Complex Road Conditions," in IEEE Intelligent Vehicles Symposium, June 4-6, 2008, pp566-570.
- [4] T. Yu-Kuen, J. Lin-Yi, H. Pau-Lo, and W. Bor-chyum, "Implementation of Autonomous vehicles with the Hough Transform and Fuzzy Control," in Sept. 17-20, 2007, Kagawa University, Japan, sept. 17-20, 2007, pp.2095-2101.

- [5] 黃莫凱，全方位智慧型車輛-前車追撞及車道偏離警示系統 (Intelligent Vehicles-A Study On A Vision-based Roadway Departure Warning And Collision Warning System)，國立台灣大學工程科學及海洋工程學研究所，民國 95 年。
- [6] 紀文亮，利用車道和汽車追蹤之智慧型 CCD 影像駕駛輔助系統 (A CCD-Based Intelligent Driver Assistance System—Based on Lane and Vehicle Tracking)，國立成功大學資訊工程學系，民國 95 年。
- [7] 石博宇，駕駛助理視覺系統之日間高速公路前車及鄰接車輛偵測 (Daytime Detection of Leading and Neighboring Vehicles on Highway : A Major Capability for the Driver Assistant Vision System)，國立中正大學工學院電機工程研究所，民國 92 年。
- [8] S. NAGUMO, H. HASEGAWA and N. OKAMOTO, "Extraction Of Forward Vehicles By Front-Mounted Camera Using Brightness Information," Graduate School of Engineering, Kanto-gakuin University.
- [9] M. Bertozzi and A. Broggi, "GOLD: A Parallel Real-Time Stereo Vision System for Generic Obstacle and Lane Detection," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 7, No. 1, January 1998, pp. 62-81.
- [10] N. Marcos, S. Luis, J. Fernando, and C. Julian, "Stabilization of Inverse Perspective Mapping Images based on Robust Vanishing," IEEE Intelligent Vehicles Symposium Istanbul, Turkey, June 13-15, 2007, pp. 315-320.
- [11] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli, "Stereo Inverse Perspective Mapping: Theory and Applications," Image and Computing, vol. 16, no. 8, June 1998, pp. 585-590.
- [12] C. Pietro and G. Paolo, "Free Space Detection on Highways using Time Correlation between Stabilized Sub-pixel precision IPM Images," in IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp2223-2228, April 2005.
- [13] 繆紹綱譯，「數位影像處理 - 運用 MATLAB」，台北：台灣東華書局，民國 94 年。
- [14] 繆紹綱譯，「數位影像處理 2/e」，台北：台灣培生教育出版，民國 92 年。
- [15] 許瑞原，彎道之影像偵測與自動駕駛之實現 (Image Detection of the Curved Road and Realization of the Autonomous Vehicle)，國

立交通大學電機與控制工程學系，民國 96
年。