

## 利用支持向量機於路口行人偵測

江育民<sup>1</sup> 林冠良<sup>2</sup>

### 摘要

在駕駛輔助系統中，藉由機器視覺系統進行交通號誌與行人等的偵測，可提供駕駛更多訊息以增加行車安全。本研究首先針對影像中交通號誌偵測，再對號誌附近是否有行人進行辨識。由架於車上CCD進行影像擷取，先將圖像由RGB格式轉HSV色彩模型再經高通濾波消除影像雜訊，並經累積投射定位判斷。行人辨識則將影像透過二維小波轉換消除雜訊後再以前方物體中心軸等距等分十點，以此為物體特徵，再利用支持向量機(SVM)予以判斷；最後發展一介面以即時發出警示聲提醒駕駛前方路況。實驗結果顯示號誌偵測辨識成功率98%，平均偵測時間約0.37秒；行人測試樣本辨識正確率達92%，影像處理時間平均約1.09秒。藉由此系統之發展，期能對行車安全領域上有所助益。

關鍵詞：機器視覺、支持向量機、行人偵測、交通號誌辨識。

### 壹、前言

#### 1.1 研究動機與目的

由交通事故造成嚴重死傷，不僅為個人與家庭負擔更是龐大社會成本。近年智慧型運輸系統已成發展趨勢，如何利用科技使傳統運輸系統「智慧化」乃其本質，若配合機器視覺系統則可輔助偵測駕駛週遭環境。有鑑於此，研究駕駛相關行車輔助系統，以期降低道路事故機率為本論文之動機。本研究假設當駕駛人不專心駕駛、精神不濟、視線不佳等狀況下，路口往往為最常發生交通意外的地方。若能即時偵測路口之交通號誌，並在煞車安全距離內予以警示，則事故將會相對有效減少，此即為本研究目的。

---

<sup>1</sup>義守大學工業工程與管理系 ymchiang@isu.edu.tw

<sup>2</sup>義守大學工業工程與管理系 m9620006@stmail.isu.edu.tw

## 1.2 研究限制

本研究使用具USB傳輸介面之單影像擷取器(CCD)架設於車上以便擷取影像，並建立行車輔助系統即時警示介面，研究限制如下：

- 一、光線條件：白天與夜晚的影像特徵差異大，本研究將範圍限定僅在白天(含：陰天)。
- 二、背景擷取：本研究雖應用於實際的道路，對於背景過於複雜的道路環境、擁擠鬧區暫排除。
- 三、目標條件：號誌單純考慮橫式三個燈號的號誌與紅燈左轉或右轉的燈號，其他特殊號誌與故障暫排除；行人以正面側面行走為主。
- 四、擷取條件：本研究採單影像獲取影像樣本。

## 貳、文獻探討

### 2.1 號誌偵測

一般影像處理皆將彩色影像灰階化以降低資料量。但真實影像裡交通號誌含有強烈顏色訊號，故在影像前處理方面，有將RGB訊號設定閾值分離顏色[1]；RGB轉HSB訊號分色[2]；轉YUV訊號[3]。這些轉換皆希望除分離標誌顏色外，也能降低干擾凸顯交通號誌。白家榮[4]用尺度不變性特徵轉換 (Scale Invariant Feature Transform, SIFT) 之自動化交通號誌偵測與辨識分兩階段：先利用號誌色彩特殊性與區域投影法，從輸入影像中切割出可能包含號誌的候選區，並利用形狀特徵重建候選區；次使用尺度不變特徵轉換萃取候選影像的特徵點，利用最鄰近演算法尋找各特徵點與標準圖庫特徵點之配對、哈夫轉換尋找特徵點叢集與最小平方法檢驗仿射扭曲以達其目的。而真實影像處理後多少會殘留雜訊，如何將雜訊抑制甚而消除，為前處理相當重要議題。一般採均化濾波(Average filter)、中通濾波(Median filter)及形態學(Morphology)運算等，此方法抑制雜訊效果良好且失真程度低[5]。

### 2.2 行人偵測

目前偵測行人的方式大致有三種。第一種是使用分類法，先將交通環境中可能出現物體分數類，再將各類特徵擷取加以歸納，通常利用到的方法是

利用類神經網路(Neural Network)將各類物體特徵記憶在網路內的權重上[6]；第二種為建立行人模組，提出一合理行人模組進而對一未知物體加以驗證是否具有該模組特徵。亦或透過物體輪廓組成對應編碼[7]，而行人模組則是指行人正面及背面影像具有左右對稱的特性，且行人高度及寬度具有特定比例[8]；第三類利用走路節奏(walking rhythm)[4]。行人於行走時大多有一規律節奏即雙腳擺動頻率，透過節奏特性將行人偵測出來。Zhao and Thorpe[9]利用立體視覺套用在類神經網路來發展行人偵測系統，先運用SVS (Small Vision System) 所發展出立體物體偵測系統並以雙影像來取像，並藉立體影像視差來對影像中物體分割判斷。謝衛中[10]利用雙影像擷取影像分辨行進道路上的障礙物、行人與車輛。擷取後對影像灰階，並以立體視覺找出可能為行人的區域，後進行水平與垂直邊緣偵測作為特徵再比對。

### 2.3 支持向量機 (Support Vector Machine, SVM)

支持向量機(Support Vector Machine, SVM)是1995年由AT&T貝爾實驗室研究人員Vapnik和Cortes所提出，以統計學習理論(Statistical Learning) 和結構風險最小化(Structural Risk Minimize, SRM)為基礎所發而來的一種機器學習(Machine Learning)方法。近年應用於文件分類(Text Categorization)、圖像辨識(Image Recognition)、人臉偵測(Face Detection)、語音辨識(Voice Recognition)、手寫數字辨識(Hand-Written Digit Recognition)及生物資訊(Bioinformatics)等皆有良好表現。SVM最主要的目的是找出一個超平面(Hyperplane)將資料區分成兩類，但能將資料區分成兩類的超平面不只一條，它可以有許多選擇，所以需找出一個最佳化的超平面，來進行區分兩類別的資料。將最佳超平面解譯為求出最大邊際(Margin)，也就是說資料點的垂直距離，離超平面的最小距離，此時超平面為最佳化，同時也能讓誤差達到最小。而只要是落於邊際上的資料點稱之為支持向量(Support Vector)[11]。

## 參、研究方法

本研究藉顏色特徵辨識號誌並提出影像運算法則與利用支持向量機對前方物體是否為人進行判斷，圖1為研究流程。

### 3.1 影像擷取

採日間行進取像，快門設定六十分之一秒，時速約50公里。由於號誌具即時性，故除影像處理上有速度要求外，還須從較遠取像以爭取時間偵測。所

使用相機實體焦長為16.2mm，等效焦長為105mm，相當數位相機3倍光學，來取得30公尺遠之影像，樣本為640×480像素點。

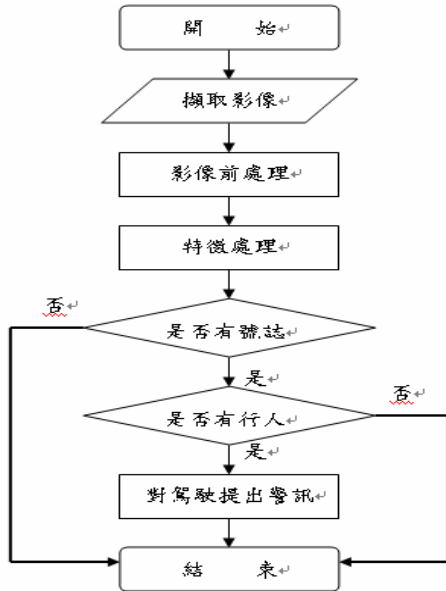


圖 1 研究流程圖

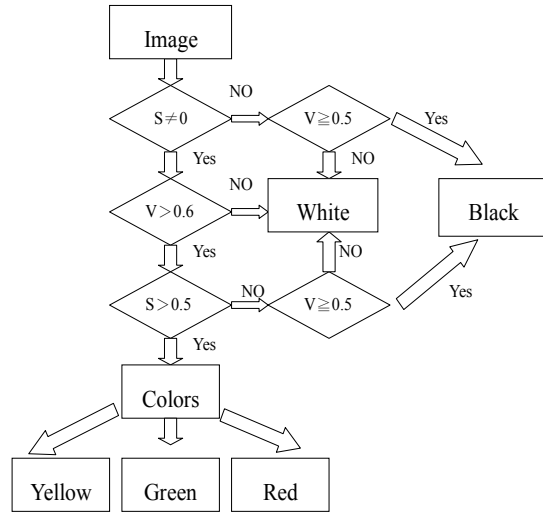


圖 2 彩色與黑白顏色元件判定圖

### 3.2 RGB 轉 HSV 訊號轉換

一數位彩色二維影像中，任一像素顏色皆由三原色紅、綠、藍所組成，所以一影像中可得每一像素RGB三分量所組成的向量特徵，其每一分量值代表相對亮度。但RGB彩色模型系統為硬體導向，若直接由此擷取辨識特徵，依過去研究結果得知效果不佳。其因於影像擷取時，會因照相時角度及光線照射強弱等產生各種不同失真，而使影像在RGB三部份亮度值產生相當大的變化，進而導致後續交通號誌偵測的失誤。

而HSV是非線性轉換 (Non-linear Transform) 的色彩空間，此模式與人類感官極為相似。由Hue(色調)、Saturation(飽和度)及Value(亮度)所組成，其主要不同在於測量飽和度或是測量色彩強度。故本研究先將RGB轉至HSV彩色模型系統後，再根據HSV值將其分色。其轉換公式如下：

$$H = \begin{cases} H_1 & \text{if } B \leq G \\ 360 - H_1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \frac{\text{Max}(R, G, B) - \text{Min}(R, G, B)}{\text{Max}(R + G + B)} \quad (2)$$

$$V = \frac{\text{Max}(R, G, B)}{255} \quad (3)$$

其中，

$$H_1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5(2RGB)}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-G)(G-B)}} \right\} \quad (4)$$

H表色調，其值介0到360間；S表飽和度，其值介0到1間；V亮度值介0到1間。本研究是以H值為分色依據，而判定值與流程如圖2。依圖2閾值判定出設定的目標紅黃綠三色，其餘將其用白色覆蓋過去減少不必要顏色訊息，並依此法則撰寫RGB轉HSV判定燈號顏色之程式。

### 3.3 中通濾波濾除雜訊

影像擷取常因許多因素影響影像品質。影響因素有相機抖動、多餘光線、被拍攝物本身灰階分布過多、雜訊干擾...等。故搭配中通濾波器(Median Filter)解決，使用3×3大小遮罩(Mark)搭配排序(Sort)將本身周圍八個像素點向量值由小排至大，再取中間值取代。

### 3.4 號誌偵測及定位

使用水平及垂直累積投射法定位，即掃描每一像素點，設定某閾值當掃描到其值時就記錄下來，把紀錄累積並顯示X、Y軸上，但影像中有零星點導致累積起伏，因目標物(號誌)屬面積較大、結構較完整，故經實驗發現號誌部分大致累積超過12個像素點，且號誌的另一特性為位在上空，故投射後由上到下，當發現第一個大於12個像素點即停止，目的為減少掃描時間也避免偵測到鄰近號誌。

### 3.5 行人偵測

對影像作Haar二階小波轉換來處理影像中行人邊緣偵測，轉換後可隱約顯現各頻帶上影像的邊緣，可供後續以支持向量機分析影像輪廓像素值進一步訓練探討之。其後以人工方式將物體邊緣輪廓之方向性找尋出來，並彙整數據資料。將方向性數值作SVM輸入值，每十個樣本點為一筆資料，包含正面、背面及側面行人，亦含非人物體。

## 肆、實驗結果與討論

### 4.1 實驗設備

由於將影像轉換為數位化做處理時，所含資料容量龐大且涉及大量運算，故電腦處理速度與記憶體是首要考量。使用軟硬體：

- 一、取像器材：Fujifilm FinePix F11數位相機
- 二、電腦系統：AMD Athlon 2500+ 1833MHz、RAM 512 MB
- 三、影像卡：NVIDIA GeForce2 MX400
- 四、撰寫軟體：Borland C++ Builder 5.0
- 五、處理軟體：libsvm-2.82 (<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>)

### 4.2 紅綠燈影像擷取設定

影像擷取距離約為三十至五十公尺間，影像為BMP格式，大小為640×480像素值，暫存於待測資料庫。利用數位相機變焦功能，控制交通號誌在影像中面積落於固定範圍內。採行進時速50公里日間即時取像，雖有遇天氣較不佳時取樣，而透過試驗獲知當快門設定在六十分之一秒以上時，不論車行進速度為何皆不會取到晃動影像。

### 4.3 紅綠燈定位

當使用累積投射法後判斷超過12像素點物體，進而將四個角點找出並取中心點位置，取此點像素值來判定交通號誌顏色，若像素值為(255, 0, 0)則為紅色即紅燈，若為(0, 255, 0)和(255, 255, 0)則為綠和黃燈。而號誌不僅三燈式，在複雜路段還有轉彎箭頭疏通流量，當系統判定此交通號誌為紅色時，則會再以Y軸所投射的水平線為範圍進行二次垂直投射來判定是否有綠色值存在，若無則為紅燈；若有用二分投影量判斷左或右邊的投影量何較多來判定(如圖3)。最後並顯示警示視窗及聲音。

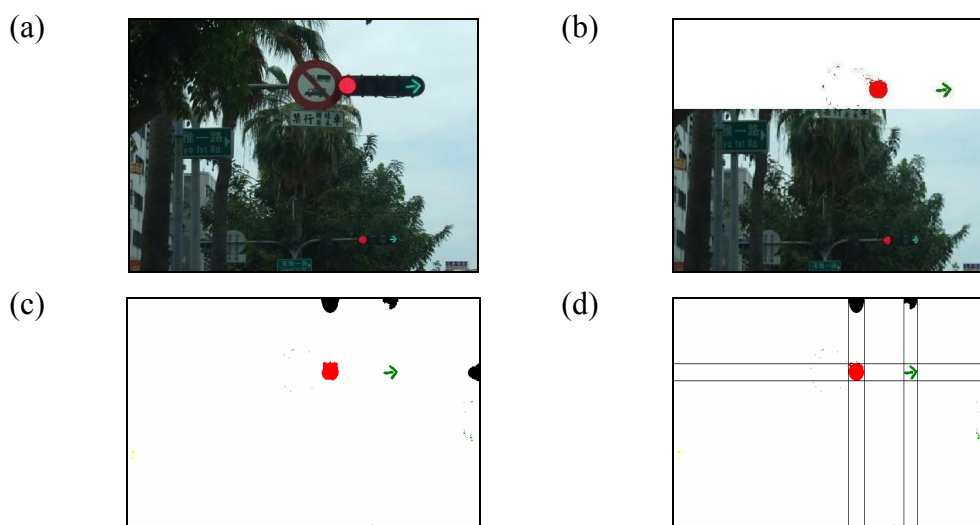


圖 3 (a)原採樣圖 (b)轉 HSV 後 (c)累積投射 (d)定位辨識

#### 4.4 紅綠燈實驗數據

本研究以紅黃綠燈各四十張；紅燈左轉、右轉各三十張影像為實驗樣本，實驗結果如表1。辨別錯誤原因分析主因取像時號誌本身剛好不清楚，如：剛好變換燈號、號誌為老舊式的其燈較暗、或相機對焦有誤，導致影像模糊不清楚。現今許多商店使用LED閃燈作為招牌，而導致背景太過複雜在號誌上的偵測也極易造成失敗，再者時間上要求是有絕對的必要，因其即時性若處理時間冗長將導致反應時間減少，極可能造成更大的交通事故，故時間掌握需更嚴格。表2為處理流程時間，總花費時間共計0.37秒。

表 1 實驗偵測辨識率結果表

項 目	偵測樣本數	偵測率
紅 燈	40	95%
綠 燈	40	96%
黃 燈	40	95%
紅燈右轉	30	97%
紅燈左轉	30	98%

表 2 系統處理時間表

流程步驟	處理時間	流程步驟	處理時間
RGB 轉 HSV	0.06 秒	紅色判斷	0.02 秒
中通濾波	0.13 秒	黃色判斷	0.02 秒
二次投影	0.03 秒	綠色判斷	0.02 秒
左右判斷	0.07 秒	中心判斷	0.02 秒

#### 4.5 行人邊緣偵測

本研究邊緣輪廓找尋方法有二，其一利用空間域OTSU法即程式自動尋找影像中最佳閾值，將影像中大於閾值給定為白色，反之為黑。其二利用頻率域小波轉換(Haar Wavelet Transform)對於邊緣找尋的優良特性，加以運用在行人的邊緣輪廓。本研究擷取樣本共82張，含正面、側面行人以及非人物體，在OTSU法運用中雜訊仍在影像中出現且物體輪廓未能夠精確判斷出，處理時間約需3.25秒；以Haar小波轉換方式來對影像的物體邊緣輪作處理，處理後影像可分為原影像1/16大小的子頻帶4個即是HH、HL、LH、LL與原影像1/4大小的子頻帶3個，轉換出來的是影像的邊緣輪廓。小波處理所運作的時間約在0.8~1.8秒左右，平均的處理時間為1.09秒。在比較下小波確實速度與效果上較OTSU法好。

#### 4.5 支持向量機訓練及測試

本研究利用支持向量機(SVM)來加以判斷是否為行人，目前尚未能夠利用系統程式自動尋找出完整物體邊緣輪廓。故以輪廓上尋找出10個完整均勻分布在物體邊緣輪廓像素點，再進行方向性的選取與判斷，並將邊緣輪廓中的方向性的數值當作本實驗的輸入值如圖4。

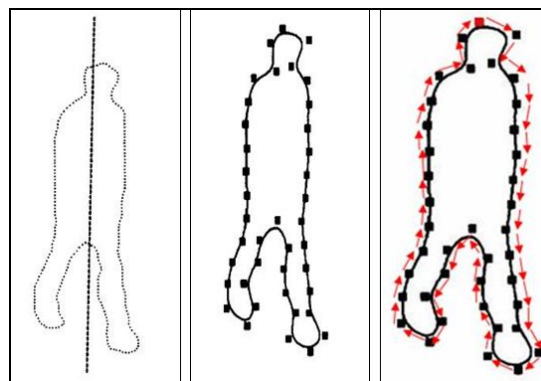


圖 4 (a)輪廓 (b)等距取點；(c)方向性標示

其方向性原為以採物體邊緣輪廓每四十點唯一筆資料，而後來本研究設定取每十個樣本點為一筆資料，本研究共兩百筆樣本，其中一百筆筆訓練樣本，一百筆測試樣本。本研究在一百張樣本辨識正確率達92%(如圖5)，然而由於方向性的特徵點選取或許有待改善，可藉由其他邊緣輪廓的其他特性找出更有代表性的特徵點加以訓練辨識。



```

ca. 命令提示字元
Microsoft Windows [版本 6.0.6001]
Copyright (c) 2006 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\abfhgc>cd\

C:\>cd libsvm-2.82-1

C:\libsvm-2.82-1>cd windows

C:\libsvm-2.82-1\windows>
C:\libsvm-2.82-1\windows>svmtrain.exe tr.txt
.*
optimization finished, #iter = 158
nu = 0.754800
obj = -39.892665, rho = 0.082568
nSU = 98, nBSU = 21
Total nSU = 98

C:\libsvm-2.82-1\windows>svmpredict.exe t.txt tr.txt.model 1.out
Accuracy = 92% (92/100) (classification)
Mean squared error = 0.08 (regression)
Squared correlation coefficient = 0.710145 (regression)

```

圖 5 SVM 測試結果

#### 4.6 系統介面

當判定時系統介面除了會顯示警示視窗來提醒駕駛者外，還會發出警示聲提醒駕駛。如紅燈為“前方有紅燈請煞車”，或前方有行人如圖6。



圖 6 介面架構圖

## 伍、結論與未來方向

本研究主要是輔助提醒駕駛者，在汽車時速約五十公里下、透過機器視覺、影像處理技術、與支持向量機的應用，在短時間內進行交通號誌與行人偵測，提供駕駛人前方路況訊息。主要針對影像中交通號誌做RGB轉HSV後進行偵測及辨識，系統可達98%正確辨識率，處理時間約0.37秒內，隨接收影像訊息複雜程度有所不同。行人辨識結果，透過支持向量機(SVM)訓練測試樣本正確率92%。

如何以機器視覺取代人類視覺及思考，仍有硬體設備限制、電腦處理時間...等問題待克服。未來可嘗試不斷分析號誌與行人落於影像的何處界定區分出來，將可減低資訊量提升速度。然而，除本研究探討號誌外還有其他樣式皆可納入，使廣泛應用。

## 誌謝

本研究承蒙國科會研究計畫經費補助(NSC 95-2815-C-214-017-E)，謹此致謝。

## 參考文獻

1. M. Bénallal, J. Meunier, "Real-time color segmentation of road signs," in Proc. IEEE Canadian Conf. on Electrical and Computer Engineering, IEEE CCECE 2003, Canadian, vol. 3, pp.1823–1826. 4-7 May, 2003
2. 謝榮桀，交通標誌偵測與辨識，元智大學資訊工程研究所碩士論文，民國九十一年。
3. W. G. Shadeed, D. I. Abu-Al-Nadi, M. J. Mismar, "ROAD TRAFFIC SIGN DETECTION IN COLOR IMAGES," in Proc. 10th IEEE Int. Conf. Electronics, Circuits and Systems, ICECS 2003, Sharjah, United Arab Emirates, vol. 2, pp. 890–893, 14-17 Dec., 2003.
4. 白家榮，十字路口行人偵測及追蹤，國立台灣師範大學資訊教育研究所論文，民國九十一年。
5. 陳政立等人，交通號誌偵測系統，義守大學工業工程與管理學系專題，民國九十三年。
6. C. Wöhler and J. K. Anlauf, "Real-time object recognition on image sequences with the

adaptable time delay neural network algorithm – applications for autonomous vehicles,” Image and Vision Computing, vol. 19, no. 9-10, pp.593-618, 2001.

7. 謝振榆、傅毓芬，影像處理（初版），全威圖書，民國八十六年。
8. A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, and M. Sechi, “Shape-based pedestrian detection,” in Proc. of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium, pp.215-220, 2000.
9. L.Zhao, and C. E. Thorpe, “Stereo- and neural network-based pedestrian detection”, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, no. 3, pp.148-154, 2000.
10. 謝衛中，以電腦視覺為基礎之道路行駛障礙物警告系統，國立臺灣大學資訊工程學研究所碩士論文，民國九十一年。
11. S. Kumar, Neural networks: a classroom approach (1sted), Asia: McGraw-Hill Education, 259-313, 2004

