

# 具有環境適應性之影像式車輛偵測系統

## An Image-based Environment Adaptive Vehicle Detector

吳炳飛

國立交通大學  
bwu@cssp.cn.nctu.edu.tw

吳玉珍

交通部運輸研究所

劉治君

國立交通大學  
jun@cssp.cn.cntu.edu.tw

李霞

交通部運輸研究所

陳昭榮

國立交通大學  
cjchen@mail.nctu.edu.tw

### 摘要

本文主要的貢獻在於提出了一種能夠動態適應各種光線環境，且在車輛壅塞時能增加車輛偵測準確率的影像式車輛偵測器。且在提出的系統中，也獨特的利用了畫面中顏色的強度差距將不屬於路面的移動物體擷取出後再利用追蹤的方式提昇系統的偵測準確性。除此之外，本系統也將此種車輛偵測器與影像壓縮及網路傳輸結合，使之能將CCD攝影機架設地所攝入的畫面即時的壓縮並經由網路傳輸到後端處理中心做車輛偵測的動作。此種應用在未來更可結合PDA或是行動電話，經由遠端行車資訊的獲得，以提供行車用路人各種的行車資訊。

**關鍵字：**車輛偵測、壅塞環境、遠端監控

### 1. 前言

隨著生活水平的提升，道路交通資訊的取得對於駕駛者變的相當重要。目前已開發的車輛偵測器有許多種類，像是線圈感應式車輛偵測器、遠紅外線式車輛偵測器、超音波式車輛偵測器...等等。然而，其中大部分的車輛偵測器由於國外進口，造價昂貴，且施工上較為複雜，因此無法被普遍使用在一般道路上。為了改善上述缺點，由國人自行研發低成本與易安裝的車輛偵測器是需要的。且在台灣擁擠且複雜的交通環境下，設計適應本土環境的車輛偵

測器更是首務之急。

基於上述的考量，影像式車輛偵測器為此而生。影像式車輛偵測器可以收集交通流量、車行速度等交通參數，由於其自動監控的功能，更讓備增了交通管理的效率。影像式車輛偵測器不僅強化了車輛偵測率，更是降低了其安裝成本。也因此，此系統的設置讓交通資訊服務變的更可信賴且易取得的。

影像式車輛偵測的演算法主要分為背景相減、連續畫面相減與特徵辨識三大方向。背景相減的方法是目前最普遍的使用方式[1][2][3][4][5][6]，主要是因為利用在不同色彩空間RGB[1]、HSI[7]、與YCbCr[8]的目前畫面與背景相減，當該像素的差值大於所設定的閾值，即為前景像素。接著利用一些影像處理的方法將破碎的像素合併成為大型物件，然後再進行車輛的判定。Jodoin等人[2]融合時間域與空間域切割出的資訊進行車輛偵測。Tai等人[3]使用修正統計的方式來收斂背景，加快背景收斂的速度。Gao等人[4]為了減低戶外光線變化對背景的影響，使用卡曼濾波器進行適應性的背景估計。M. Boninsegna與A. Bozzoli [5]利用卡曼濾波器去偵測是否有非預期的變化，當發現有變化時，快速正確的更新所使用的參考影像(背景)。Huang等人[8]藉由分析連續的彩色影像，建構以影像為基礎的交通管理系統，此研究提出的系統包含:背景擷取、車輛追蹤、

背景更新及車輛分類等。不同於RGB色彩空間，Huang是採用YCrCb彩色空間來進行前景切割。因為Huang所提出的方法運算複雜度較低，所以可以達到及時處理並且適應亮度的變化。

除了使用背景相減的方法外，連續影像相減也是另外一種偵測方式。連續影像相減主要的優點是不受光線變化影響與不用事先收斂背景。利用前後張影像相減的差值大於所設定的門檻值，即可視為移動輪廓。減出動輪廓後再使用影像處理的方法判斷是否是車輛。Lipton等人[9]使用連續影像的方法切割出移動物體，然後在將這些物體區分為車輛、人與雜訊。因為使用連續畫面相緣故，當畫面中的車輛處於緩慢移動或是靜止狀態時，系統會變得較不易偵測到車輛。

在本文中，提出一個可信賴的方法，有效的複雜光線環境與阻塞車流中進行車輛偵測。此車輛偵測器不僅已安裝在道路端使用，更可利用影像數位化壓縮技術與低流量網路傳輸將影像傳回遠端監控中心，利用此失真的影像，仍可進行車輛偵測與交通管理，在由監控端將即時影像與交通資訊利用無線技術傳播給駕駛者，構成一智慧型交通系統網路(Intelligent Transportation Systems, ITS)，不僅收集交通參數更可進行事件車輛警示。

## 2. 複雜光線環境適應

在此系統中，為了能夠讓系統能夠適應不同亮度與不同天候狀況的輸入影像，採用前處理 histogram extension (H.E.)，使原始影像經由 H.E. 前處理過後，期望能得到亮度等條件皆較為穩定的影像畫面以提供系統分析以及後續處理。

### 2.1 H.E. 程序

在所擷取的彩圖中，H.E. 程序分別把紅、綠、藍圖層分離出來，形成三張個別只有

紅、綠、藍的強度圖像，並對每一圖像進行強度值統計，可得影像在各色彩強度值上的統計圖與其平均值。然後對紅、綠、藍三個強度圖做圖像強度均值化(Linear Normalization with Mean-Shift)，其操作的原理如下：

假設對於強度值 $X_i$ ，其統計量 $S_i$

$$\text{其畫面強度平均值為 } \text{mean} = \frac{\sum_{i=1}^{i=255} S_i X_i}{\sum_{i=1}^{i=6} S_i}$$

假若算出的 $\text{mean}=X_m$ ，而假設新的平均值在強度值的中點 128，所以把 $X_m$ 所對應的點數值 $S_m$ 平移到 128，而其他的點數值( $S$ )所對應的強度值( $X$ )分左右兩半作等比例的放大。可得

$$\overline{X}_i = \begin{cases} \alpha X_i, & i < m \\ X_i, & i = m \\ 128 + \beta X_i, & i > m \end{cases}, \alpha = \frac{128}{X_m} \quad \beta = \frac{128}{255 - X_m}$$

由以上的推導，可以得到新的統計圖是以原圖的強度平均值拉至一個較為接近中點 128 的狀態。且 0 到 mean 之間的值平移到 0 到 128，而 mean 到 255 之間的值平移到 128 到 255。

圖 2-1 為只對黃色區塊經過強度值均化的圖像，並列出其均化前後對平均值的影響，數據顯示，均化後的平均值極為接近 128。



原圖	均化後圖像
	
$M_R = 119$	$M_R' = 127$
$M_G = 116$	$M_G' = 127$
$M_B = 114$	$M_B' = 127$

圖 2-1 程序結果

### 3. 動態移動物件切割與其追蹤程序

本文所提出的車輛偵測器演算法，主要可分為以下幾個重要程序：

1. 利用 HE 程序完成移動物件切割。
2. 利用移動輪廓補償移動物件。

3. 利用追蹤程序強化偵測率並計算交通參數。

### 3.1 移動物件切割

本文採用的移動物件切割是根據 HE 程序克服環境因素的圖像並使用 Intensity Difference Method (I.D.M)進行移動物件切割。IDM 程序有兩個重要的假設：

1. 大部分的路面皆為灰色。
2. 路面標線為白色和黃色。

其中灰色、白色以及黃色有著共同的特性，即此三種顏色的 pixel 其 R、G、B 三元素的兩兩差值  $|\Delta RG|$ 、 $|\Delta RB|$ 、 $|\Delta GB|$  皆很小。但由於道路上除了所假設的路面及標線外，有極大的機率會出現近黑或黑色的車輛與近白色或白色的車輛，故若單純僅以差值做判定前景與背景的条件，會將影像中的灰色系車輛也列為背景。由於白色車輛的亮度 Y 參數比灰色路面的 Y 參數要高許多，而黑色車輛的 Y 參數比灰色路面的 Y 參數要低許多，因此，再增設一條件，以亮度 Y 參數將過高或是過低的黑白車部份判定為前景如式 3-1。而基於運算效率的考量，本文使用最接近的 Y 參數的 G 參數來做判定，對於灰色車輛，則利用移動輪廓進行補償，如圖 3-1。

$$MO(x, y) = \begin{cases} |R(x, y) - G(x, y)| > TH_R \text{ or} \\ 255 & |R(x, y) - B(x, y)| > TH_G \text{ or} \\ & |G(x, y) - B(x, y)| > TH_B \text{ or} \\ & TH_{black} < G(x, y) < TH_{white} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

式 3-1



圖 3-1 移動物體與背景分割結果之二值化圖

### 3.2 移動車輛的框選以及分割:

移動車輛的框選主要分為兩個步驟:

1. 找尋 Moving Object(以下簡稱 MO)寬度。
2. 從 MO 寬度向後延伸尋找 MO 本體，而在此的過程中，會以『平均』的方式不斷的修正步驟 1. 中找到的 MO 寬度，而後以最後的平均寬度作為移動物體的選取框寬度。



圖 3-2 找尋出的移動物體寬度

經由步驟 1. 的方式取得移動物體(前景)圖後，以每車道為單位，經由一 9\*9 的 mask 橫向掃描，以 MBBR(merged boundary box rule) 的方式取出車輛的寬度 W 資訊，如圖 3-2 所示。

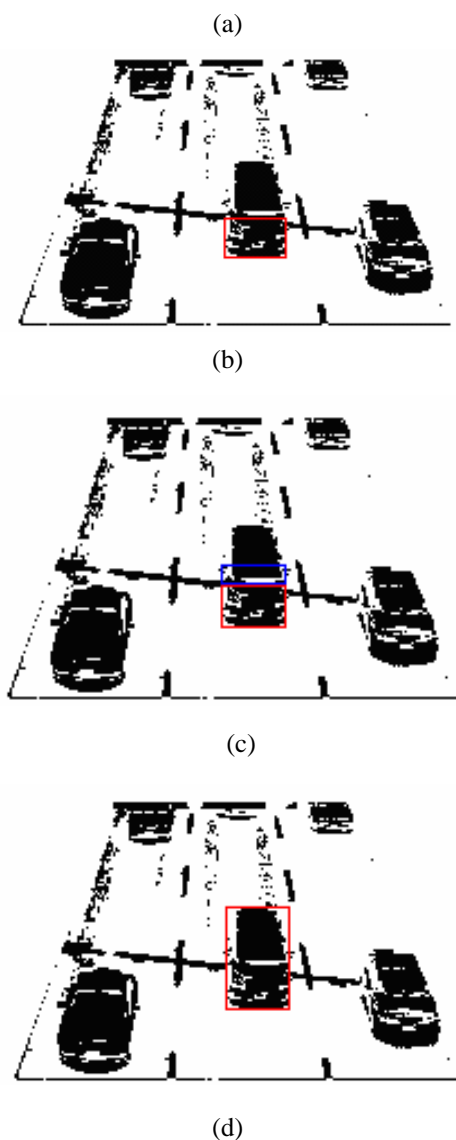
在取得移動物件的寬度 W 後，利用以下規則，去檢查這個偵測到的寬度是否為所認定的車輛寬度亦或是雜訊，所使用的規則如下所述:

- I. MO 寬度大小
- II. MO 寬度裡面的移動物體密度

在確認所取得的 MO 寬度大小 W 為所認定的車輛寬度後，進入到步驟 2 中的步驟抓出車輛整體。

在步驟 2 的步驟中，本文使用方法如下，以步驟 1. 中得到的車輛寬度為基準，寬為 W，長為 9 的 mask 向上掃描，如圖 3-3。





- (a)找到寬度後向上搜尋  
 (b)若符合則更新選取框  
 (c)依此類推，繼續往上搜尋  
 (d)最後的結果。

圖 3-3.找出車輛的本體

而在圖 3-3 的過程中，每一次確認的選取框，皆會對左右做寬度的修正，當發現選取框的寬度與步驟 1. 中的 MO 寬度  $W$  有所不同，但差異不大的時候，會將此兩個寬度資訊作平均的動作，得到新的 MO 寬  $W$ ，並在下一層的選取框確認中，以新的  $W$  作為掃描基準。利用此方式修正在步驟 1. 中有時一開始就將 MO 寬度偵測錯誤的問題。

此外，在圖二中選取框成長的過程中，系統會不停的更新每次選取框成長中移動物件的下列性質

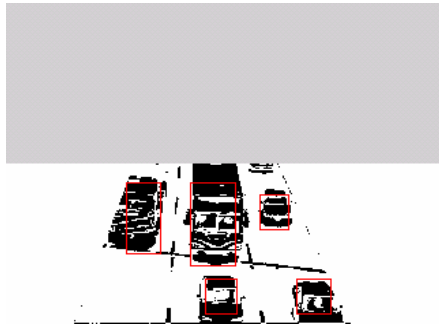
1. 密度
2. 長寬比
3. 質心
4. 面積

直到選取框不再成長，即可得到選取框中物件最後的密度、高寬比、質心、面積等性質，為系統偵測出的車輛候選人各種物理性質。當上述選取框成長完成，確定為路面上的車輛候選人後，會再次經過各種車輛性質的檢驗，以提高選取精準度，若此車輛候選人的物理性質(車輛寬高比，密度，面積等)能通過所設定的門檻值，則將此車輛候選人正式判定為路面上的移動車輛。

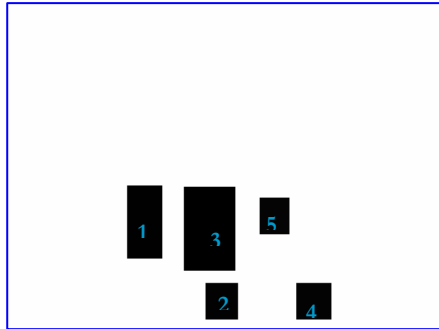
### 3.3 移動物體的移動軌跡追蹤:

由移動物體偵測演算法決定畫面中的移動物體選取框後，使用選取框追蹤的方式，來提高移動物體選取框的正確率以及繪製出在連續的畫面中移動車輛的移動軌跡，用以輔助各種交通參數的取得。

選取框追蹤的方式主要是以在移動物體偵測演算法中所獲得的移動物體選取框作為參考，而後在所設置的平面上將移動物體編號，如圖 3-4 所示。假定(a)中的黑色部分為演算法中所偵測而出的移動物體，在(b)的平面中將其依順序編號，再以此平面上的移動物體編號將下個畫面上相同編號的物體依序做相似性比對，如此不斷反覆與下一個畫面比對，以確認在每個畫面中所偵測而出的移動物體為同一台車。



(a) 在畫面上偵測而出的移動物體



(b) 將(a)中的移動物體作編號

圖 3-4.將移動物體在 tracking map 上作編號

在將每個畫面上的移動物體編號完成後，採用一些特定的特徵條件比對將每個畫面中擁有相同編號的物體作相似性的連結以確認其為同一物體，而後完成移動物體的追蹤過程。

在每個畫面中移動物體相似性比對使用的特徵條件如下：

1. 移動物體的色彩資訊
2. 移動物體長度
3. 移動物體寬度
4. 移動物體重心位置
5. 移動物體輪廓密度

當連續兩個畫面中擁有同編號的移動物體選取框滿足上述所有條件時，系統即判定為相同的移動物體，而後在畫面中繪製出此移動物體在此畫面與前一畫面的移動軌跡(圖 3.5)，藉由這樣的方式，在如此反覆追蹤好幾個連續畫面後，得到移動物體在畫面中完整的移動軌跡(圖 3.6)，直到物體離開畫面下方時，才將軌跡刪除。

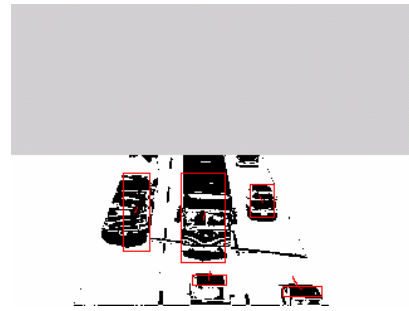


圖 3.5.連續兩畫面中的移動物體移動軌跡



圖 3.6.完整的移動物體移動軌跡

利用在交通參數的取得，當移動軌跡追蹤到畫面的下方時，判定移動物體離開此畫面，而後將車輛計數的數量加一，並以此軌跡的選取框大小作為判定移動物體為大車或是小車的條件，藉此達到車輛偵測器的車輛計數以及大小車分辨功能。而在追蹤的過程中，紀錄移動物體移動軌跡的開始點以及結束點，在判定移動物體離開畫面後，將移動軌跡在畫面中經過的 pixel 長度除以經過的畫面時間，藉以預估移動物體實際上的移動速度，得到概略的車輛行駛速度參數。

## 5. 壅塞車流偵測

本文所提出的方法，成功克服車輛偵測在背景相減法在壅塞車流中會無法收斂出正確的背景，或是使用移動輪廓法在慢速車流中無法得到明顯輪廓。

當使用 IDM 法則後，不管是靜止車輛或是慢速車輛皆可切割出清楚的前景，壅塞警示判定法則如下

1. 連續時間的移動長度過低。
2. 前後兩車位置相近。

其中移動長度的取得，是用追蹤的技巧，紀錄連續時間對同一車輛所記錄下的連續軌跡，幣計算其幾何長度。由於壅塞現象是由於車流過多所造成，所以再加入車輛間相對幾何位置作為判定壅塞的條件。

### 5. 實驗結果

以下列出本系統在國道一號與省道 68 號及新竹市慈雲路，所測試的數據。

位置	自動辨識/實際值	精確度
左車道	144/150	96%
中車道	187/191	97.9%
右車道	148/150	98.67%
總計	497/491	97.55%

#### 艷陽白天慈雲路

位置	自動辨識/實際值	精確度
左車道	188/194	96.9%
中車道	192/197	97.46%
右車道	207/212	97.64%
總計	587/603	97.35%

#### 陰暗白天慈雲路

位置	自動辨識/實際值	精確度
左車道	262/210	98.1%
中車道	248/251	98.8%
右車道	245/250	98%
總計	699/711	98.3%

#### 國道一號測試

位置	自動辨識/實際值	精確度
左車道	55/58	94.8%
中車道	65/67	97%
右車道	12/12	100%
總計	132/137	96.3%

#### 白天壅塞慈雲路

位置	自動辨識/實際值	精確度
左車道	165/174	94.8%

中車道	185/190	97.36%
右車道	207/212	97.64%
總計	557/576	96.7%

#### 白天壅塞國道

### 結論

在本文中，解決了壅塞車流中的車輛偵測，也利用色彩差異與適應性門檻值有效的切割出移動物件。也由於使用了 MBBR 方法，強化了移動物件偵測的準確率，減低了破碎物件對偵測率的影響，也因為採用色彩差異方法，讓攝影機鏡頭震動不會切割出不正確的前景物件。利用追蹤的技術，有效的分辨出壅塞慢速車輛與事件車輛，也利用追蹤的技巧，讓車輛偵測器的準確率有顯著的提升。

由實驗數據所顯示，本即時影像車輛偵測系統在不同天候下都擁有著高準確率。由於採用適應性的參數設定，也讓本系統在不需調整參數即可設置使用。除此之外，本系統更可安裝在遠端程式中，利用壓縮技術與網路傳送影像，並在遠端處理影像，結合交控網路與無線技術，建立完整的智慧型交通監控網。

### 致謝

本研究由國家科學委員會所協助，計畫編號 NSC 96-2752-E-009-012-PAE。

### 參考資料

[1] C. C. Hsu, H. T. Chang, and T. C. Chang, "Efficient Moving Object Extraction in Compressed Low-bit-rate Video," in *Proc. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pp. 211-214, Dec., 2006.

[2] P. M. Jodoin, M. Mignotte, and C. Rosenberger, "Segmentation Framework Based on Label Field Fusion," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 16., no. 10, Oct. 2007.

[3] J. C. Tai, and K. T. Song, "Background Segmentation and its Application

to traffic Monitoring Using Modified Histogram,” in *Proc. international conference on network, sensing & control*, vol. 1, pp. 13-18, March, 2004.

[4] D. Gao, and J. Zhou, “Adaptive Background Estimation for Real-Time Traffic Monitoring,” in *Proc. Intelligent Transportation System Conference*, pp. 330-333, Aug. 2001.

[5] M. Boninsegna, and A. Bozzoli, “A tunable algorithm to update a reference image,” *Signal Processing: Image Communication*, no. 16, pp. 353-365, 2000.

[6] S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin, and N. P. Papanikolopoulos, “Detection and Classification of Vehicles,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation System*, vol. 3, no. 1, pp. 37-47, 2002.

[7] 曾珮婷，在特定車道行駛之大型車偵測與追蹤，國立中央大學碩士論文，2004

[8] 黃茂杞，即時及彩色為基礎的影像交通管理系統，淡江大學碩士論文，2003.

[9] A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, and R. S. Patil, “Moving Target classification and tracking from real-time Video,” in *Proc. IEEE Workshop Applications of Computer Vision*, pp. 8-14, 1998.

[10] M. Fathy, and M. Y. Siyal, “A window-based image processing technique for quantitative and qualitative analysis of road traffic parameters,” *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 47, no. 4, pp. 1342-1349, Nov. 1998.

[11] B. F. Wu, S. P. Lin, and Y. H. Chen, “A real-time multiple-vehicle detection and tracking system with prior occlusion detection and resolution, and prior queue detection and resolution,” in *Proc. 18<sup>th</sup> international conference of pattern recognition, ICPR 2006*, vol. 1, pp. 828-831, Aug., 2006.

[12] D. Koller, K. Daniilidis, and H. Nagel, “Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes,” *International Journal of Computer Vision* 10, pp. 257-281, 1993.

[13] B. Coifman, D. Beyber, P. McLauchlan, and J. Malik, “A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance,” *Transportation Research part C*, vol. 6, pp. 271-288, 1998.

[14] Y. K. Wang, S. H. Chen, “A robust vehicle detection approach,” *IEEE conference on advanced video and signal based surveillance*, pp. 117-122, 2005

[15] C. J. Chen, C. C. Chiu, B. F. Wu, S. P. Lin and C. D. Huang, “The MO Segmentation Approach to Vehicle Extraction,” in *Proc. IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, vol. 1, pp. 19-23, Mar. 2004.

[16] Z. M., M. S.; M. C. M, “An efficient vehicle queue detection system based on image processing” in *Proc. 12th International Conference on Image Analysis and Processing*, pp.232 – 237, 17-19 Sept. 2003