

混合式特徵法應用於夜間車輛偵測

夏至賢^{1*} 林洋科²

¹國立宜蘭大學資訊工程學系

²中國文化大學電機工程學系

摘 要

目前多數以電腦視覺作為夜間車輛計數技術相較於日間車輛計數技術上不成熟，故本文提出一個混合特徵的技術應用於夜間即時車頭燈偵測。首先，將畫面進行車頭燈的光源分佈偵測並將車頭燈的長寬比例做分析，若兩個車頭燈都被辨識為符合規格的狀況下，則執行車輛比對以避免同車輛重複計數的問題。接下來，兩個車頭燈的間距及色彩特徵利用所提出相似度比對法來判別是否為同一輛車。最後，利用實際拍攝影片與公用影片來測試本研究的方法。實驗結果得知，本文提出的技術可穩定應用在夜間車輛偵測並達到平均 97% 的夜間車輛偵測率及即時車輛處理能力。

關鍵詞：夜間車輛、車頭燈偵測、視訊車流量監控

Nighttime Vehicle Detection Using Hybrid Features Method

Chih-Hsien Hsia^{1*} and Yang-Ke Lin²

¹*Department of Computer Science and Information Engineering, National Ilan University, Taiwan*

²*Department of Electrical Engineering, Chinese Culture University, Taiwan*

ABSTRACT

In recent years, there are more and more cars in the world, and this results in that the video-based traffic flow monitoring and counting technology is considered to be important. However, compared with the technology of computer vision-based traffic flow monitoring and counting used in the daytime, that used in nighttime is less developed. We proposed a hybrid features method which is used in the monitoring of the head light of cars during nighttime. Firstly, we analyze the light source distribution in each captured image and distinguish the length-width ratio of the head light. If two head lights are both conformed to the standards, comparison between cars will be carried out, in order not to count the same car more than once. Next, the space between and colors of two head lights are used to judge whether these two lights belong to the same car by the similarity analysis algorithm. As results, that the proposed method in this work could be stable used in both the monitoring of traffic flow and the real-time management of cars during nighttime.

Keywords: Nighttime vehicle, Lamp detection, Video-based traffic monitoring

一、前言

在歐、美、日、韓、德、英、等自動化技術較先進的國家中，近年來均大量發展智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)等相關技術，其中分為：先進交通管理系統(Advanced Traffic Management System, ATMS)、先進用路人資訊系統(Advanced Traveler Information System, ATIS)、先進車輛控制及安全系統(Advanced Vehicle Control and Safety System, AVCSS)、先進大眾運輸系統(Advanced Public Transportation System, APTS)、以及商用車輛營運系統(Commercial Vehicle Operation, CVO)。然而，在世界各地的汽機車數量有持續上升的趨勢，也產生道路壅塞的問題，其問題在大城市極為頻繁與重要。所以，在短時間內緩解車道壅塞以達到即時的交通監控(Traffic monitoring)是目前許多先進國家努力的重要議題。此外，節約能源近年來亦成為全球在討論的重點之一，高速公路上的路燈在夜間過了車流量的高峰時段後，大多數的路燈會維持原本的功率消耗且虛耗電能，以至於現今歐盟有許多國家投入發展智慧型 LED 路燈控制的相關研究，不只能對社會造成深遠之影響，也能帶來實際的經濟效益，因此本研究未來與適合應用在該議題中。

根據文獻[1]作者將偵測線設置在影像中間位置，然而，在不同的角度下會造成光源不穩定且容易造成車燈形狀模糊，以至於產生日間車輛偵測不穩定的問題。Yuan *et al.* [3]使用了 Otsu 法配合 Top-hat 法，在二值化時能夠取得最佳的資訊；雖然此研究利用分割車道的方法，僅需要有微光源即可偵測，但也會將雜訊視為車燈誤判的問題，同時也會產生運算時間過長的問題。Robert [4]提出考慮擋風玻璃的特徵值於車輛偵測，但是因為日間環境夠亮使其偵測率較穩定。反之，在夜間因環境光源不足，

不易偵測到車輛之擋風玻璃，故會導致判斷錯誤。Zhang *et al.* [5]提出以 LoG(Laplace of Gaussian)濾波器做邊緣偵測，其偵測前並沒用到感興趣的區域(Region of Interesting, ROI)的方式，也因此產生後處理做車燈偵測時所造成的不必要運算並產生時間較長的問題。Jurić *et al.* [6]採用 Markuš *et al.* [7]的方法，其方式不需要做手動參數調整且能簡化繁複的流程以減少演算，但實驗結果形成車輛偵測率不佳的問題。在文獻[8]中，作者在車輛偵測時使用 Haar-like 特徵以提升運算速度，但是在車輛並行或遮蔽 (Occlusion)時容易常產生誤判的問題。Chen *et al.* [9]提出以 Nakagami 分佈進行濾波的動作，並取得適當的 ROI，之後使用 DPM(Deformable Parts Model)來消除不需要的背景資訊來判斷是否有車輛。相反地，此方式也產生較有效的細微資訊而被濾除掉。Park *et al.* [10]提出 DCP(Dark Channel Prior)的方式，通常是用來進行影像除霧的計算，所以產生運算量較大的問題。Chen *et al.* [11]提出以支援向量機(Support Vector Machine, SVM)以解決分類問題，雖然提升了偵測的準確率，但也產生大量存儲空間的缺點。有鑑於上述問題，本文利用車頭燈的光源分佈偵測、外觀比、色彩、等特徵提出一個混合特徵技術應用於夜間即時車頭燈偵測，以提升車輛偵測率及系統即時處理的能力，未來可應用於改善夜間交通道路之節能問題。

本文分為五個章節，在第二章將簡單的介紹研究目的與基本原理；接著在第三章中，提出研究的流程與分析；第四章則是比較與分析結果；最後，在第五章做結論。

二、研究目的與影像前處理

在世界各地因車輛需求大增，使其高速公路或一般道路時常產生交通壅塞的情形。如果能準確的掌握路況分析並及時傳送其資訊，

則會有效的改善交通問題。目前車輛偵測之方式，主要分為：1) 固定(侵入)的方式，如環路線圈、動態地磅、以及磁感應式。2) 非固定(非侵入)的方式，如超音波、微波式、紅外線、影像式、聲納式，以及移動式的探防車。然而，目前絕大部分設備成本都偏高，以至於利用視訊為基礎(Video-based)的設備崛起，它有著低價格(Low cost)且數位化的優勢，將逐漸取代交通上常見的感應器(Sensors)。現今大部分在白天的車輛偵測的技術都很成熟且有效。相反地，在夜晚時常會因為光線環境不足，增加了車輛偵測之難度。

如圖一所示，在夜晚只要過了車流量之高峰期，則道路上車輛會大幅減少，而過於密集的路燈也造成電力浪費。本文提出有效的夜間車輛偵測技術並以現狀之車流量資訊作為下一個路段 LED 路燈的功率調整以符合車輛密度及亮度的合適比例，預期能達到節能減碳之功效。所以，要如何模擬一般的攝影設備回傳影像並配合電腦視覺技術達到即時夜間監控車流量，將是本文探討之方向。



圖一、夜間無車輛量時可降低路燈功率

2.1 影像二值化(Binary Image)

其灰階影像運用點(像素)處理的方式轉換成一張二值影像，只要像素的灰階值大於預設的門檻值(Threshold, T)，就會將該像素變成 255(白點)；反之，若小於門檻值，則會變成

0(黑點)，得到的結果即為二值影像 $b(i,j)$ ，其方程式如(1)所示：

$$b(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{if } (i,j) \geq T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

2.2 雜訊濾除(Denoising)

首先，輸入影像 $b(i,j)$ 並利用連通元件濾除面積小於定值的區塊。先找出連通的區塊後，再計算出連通元件的面積大小，最後判斷面積是否小於所設定的值再進行刪除。

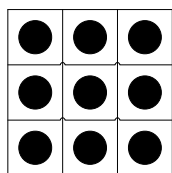
$$N8(p) = N4 \cup \{(i+1, j+1), (i+1, j-1), (i-1, j+1), (i-1, j-1)\}$$

$$b(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{otherwise} \\ 0, & N \leq T \end{cases} \quad (2)$$

2.3 連通元件標記法(Connected Component Labeling)與膨脹(Dilation)

此方法主要是針對二值化後的影像做連通元件偵測及標籤化(Labeling)的處理。運用二值化後的影像資訊替周圍的像素標上標籤，再來判斷是否為同一元件。本文主要利用八連通元件(8 Connected components)，在標記時以左上、上、右上、左、右、左下、下以及右下，八個點標記後，並給它們不同的權重，在相加以決定中間的像素應該是 1(白點)還是 0(黑點)，最後即可以觀察出是否為同一元件，如圖二所示。選用八連通元件法是因為考慮待處理像素鄰近的資訊，將車燈從不規則之形狀轉換為接近方形之形狀[1]。

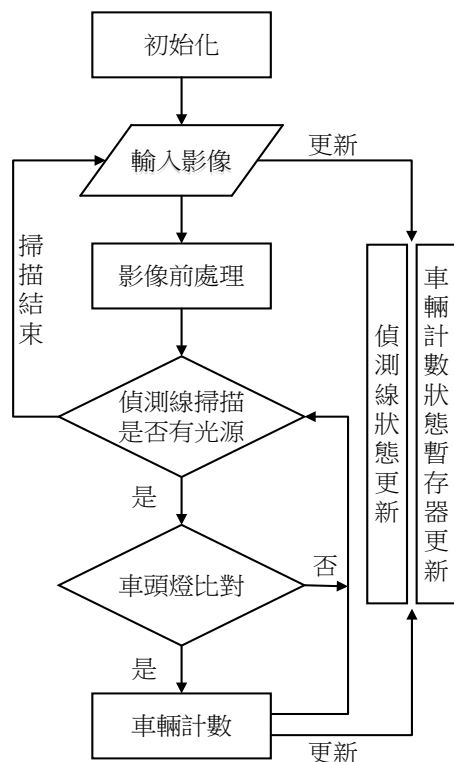
膨脹(Dilation)屬於形態學(Morphology)應用，用來對影像作進一步處理，其結果根據輸入的結構元素(Structuring Element, SE)做運算。輸入影像 A ，結構元素 B ，運算式以 $A \oplus B$ 表示，輸出結果會有往外擴張效果。



圖二、八連通元件

三、夜間車輛偵測演算法

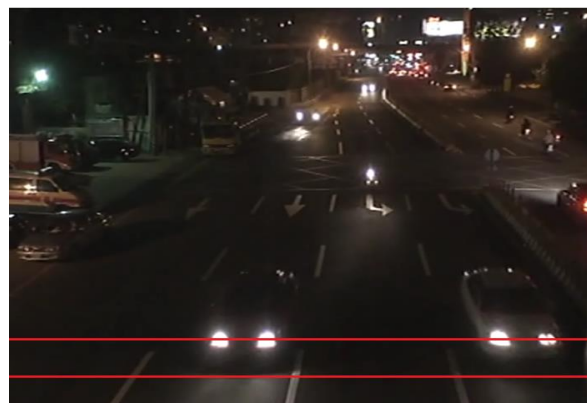
本研究所提出的流程(Flowchart)如圖三所示，主要分為初始化、前處理、車燈偵測、車輛比對、車輛計數等部分，詳細介紹如下。



圖三、本文提出之車頭燈偵測流程

3.1 初始化與影像前處理

設置初始化偵測線(Initialization the start line)位置目的在於系統去除不需要的冗餘資訊以加快速度。首先，在車輛較接近攝影鏡頭的位置設定初始偵測線。由經實驗得知，取在影像畫面下方八分之一的位置較佳。然後，在接近底部的位置，設定清除偵測線(End line)，如圖四所示。



圖四、偵測線位置

由上述得到輸入的車輛影像後，本文執行影像前處理(Image preprocessing)的步驟如下：

第一步，灰階處理：

接收到影像之後對其做灰階處理，使影像從彩色轉變為灰階，如(3)式所示，以利執行後的步驟，如圖五所示。

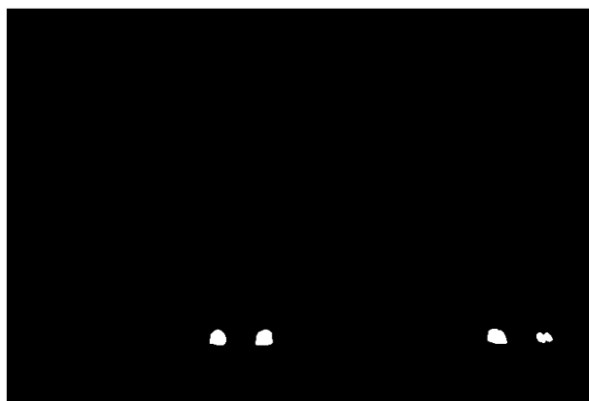
$$\text{Gray} = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114 \quad (3)$$

第二步，二值化：

本文使用動態門檻值 Otsu 法尋找二值化門檻值，並於 TestVideo01、TestVideo02 的測試影像，在反覆的測試後，利用適當門檻值以符合需求。利用(1)式由實驗得知適當的門檻值($T=190$)作二值化可過濾掉能量較低的光源，將灰階影像轉換成二值化，可以讓車頭燈的光源更加明顯。



圖五、灰階影像



圖六、二值化



圖七、連通元件標記法

第三步，濾除雜訊：

利用(2)式可以將影像中非車頭燈的雜訊消除。

第四步，設置 ROI：

本實驗只需偵測線附近的影像資訊即可，為了避免 ROI 設定的位置會使車頭燈在掃描時會呈現不完整的情況。因此本文將 ROI 設置在偵測線附近，在影像畫面下方四分之一處的範圍，如此可減少冗餘的運算量外亦可排除畫面遠方車輛遮蔽的問題。

第五步，連通元件標記法：

利用八連通元件，讓每個車燈的寬度與高度的外觀比統一，使其計算比例時，可以降低錯誤計算的發生並提高偵測準確度。

3.2 偵測線掃描與車頭燈比對

本文將前處理後的影像，依照水平偵測線的方向由左至右掃描，如遇到光源後，先判斷此光源上方是否有其他光源(即防止部分車輛會開霧燈之情形)；若無，則在上方偵測到光源時，就可以取得一個車燈之寬度、高度之外觀比，之後再往右繼續偵測是否有相似之配對車頭燈，在偵測第二個車燈的外觀比之前亦會先檢查是否為霧燈(Fog lamp)。如在偵測之車燈距離範圍內，則會將這兩個車頭燈視為同一台候選車；若兩個車頭燈其中有一個不符合外觀比例且在兩車燈距離範圍內，則需再進入下一階段的車燈比對，以防漏抓車燈及其車燈本有損毀之情形。

偵測線掃描偵測

Input：前處理後的影像 PreImage

Step 1：初始化 ScanLinePosition = 0

Step 2：For ScanLinePosition = 0 to Image Width

I. if PreImage(ScanLinePosition, Image Height $\times$ 0.825)為亮點；

II. Width = 車燈寬度、Height = 車燈高度 (外觀比於 0.4 至 1.6 間，該參數經由實驗數據統計所得)

車燈 = $\begin{cases} \text{Yes, if } 0.4 \leq (\text{width}/\text{height}) \leq 1.6 ; \\ \text{No, otherwise} \end{cases}$;

III. 非車燈：ScanLinePosition += width；

回到 I.；

車燈：

if PreImage(ScanLinePosition, Image Height $\times$ 0.825)為亮點{

Do II

if(是車燈){

Do 車燈比對；

}

else{

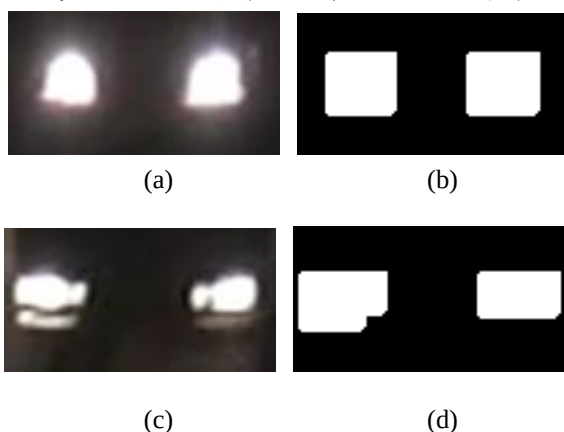
ScanLinePosition += width；


```

    }
    回到 I 直到掃描線結束；
}

```

如圖八所示，如果偵測線掃描到的兩個光源，其車頭燈外觀比與間距都在系統設定的門檻或範圍，則將車輛視為候選並計數。若車頭燈外觀比不符合前車燈之門檻範圍，則會被系統判斷為不符合一輛汽車該有的條件，即排除車輛候選名單。另外，若只有其中一個車頭燈外觀比不符合，則會進入更進階的車頭燈比對。本文利用車頭燈的兩光源中心點，取出其中的 RGB 值；如果兩光源中心之 RGB 值為相同，則系統將會視為車輛候選並計數。換句話說，當第一個車燈不符合時，而第二個車燈符合，本文會去確認它們原始影像車燈中心點的 RGB 值。如果兩個車燈中心點的 RGB 值相同，則為一組候選車；反之，當第一個車燈符合，而第二個車燈不符合時，亦會做此動作。做完以上步驟之後，才會再做車燈間距的判斷。



圖八、前車燈擷取：(a)符合前車燈之比例之車輛、(b)為(a)之二值化影像、(c)只有一個車燈比例符合之車輛、(d)為(c)之二值化影像。

3.3 車輛計數狀態暫存更新

當判斷為車輛後，本系統將計數器開始累加($\text{Count} = \text{Count} + 1$)，但考慮到之後影像中有同一台車停留在初始偵測線上時，會造成車

輛的重複計數。所以，本文將車輛所相關的特徵資訊(如兩車燈比例、兩車燈的間距)儲存到車輛技術暫存器中。當初始偵測線掃描到且符合車輛的所有特性時，在計數之前會先與暫存器內部原先儲存資料進行比對；若符合以下條件，則將會判斷為重複車頭燈後並停止計數：

$$(\text{左燈比例誤差} < 0.3) \cap (\text{右燈比例誤差} < 0.3) \cap (\text{兩燈間距誤差} < 10) \quad (4)$$

在初始偵測線(Start line)的下方，本文設置了清除偵測線(End line)，此偵測線的演算法與初始偵測線相同，但在車輛經過時並不會計數。其功用是每當偵測到車輛時，會與暫存器資料比較，符合以下條件會將符合條件的那一筆資料清除：

$$(\text{左燈比例誤差} < 0.3) \cap (\text{右燈比例誤差} < 0.3) \cap (\text{兩燈間距誤差} < 10) \cap (\text{掃描初始偵測線且未發現任何光源時，則清除暫存器內部所有資料}) \quad (5)$$

四、實驗結果

為了證明本文所提出的方法能有效的應用，本實驗至實際道路攝影車流外(如圖九所示)並執行公用資料庫測試(如圖十所示)[2]。經由輸入資料至電腦作演算法的系統測試並計數車輛流量以模擬夜間車輛計數技術，其硬體設備如表一所示。

在本文中，當車輛經過掃描線時，每一台符合條件的車輛經過後會計數。然而，本實驗的架設角度約為 45 度。若架設俯角小於等於 45 度，可將偵測線設在影像下方的區域；若架設俯角大於 45 度，則會將偵測線設在影像中偏上的區域。其實驗所使用的錄影檔內容含有一般道路和高速公路狀態，如表 2 及表 3 所示。在表格比較中可見，輸入夜間車輛影像長度資訊以及車輛偵測之正確率與處理速度(Frames per Second, FPS)之客觀數據。由表 3 得知，其數據可以看出文獻[1]方法的影像處

理速度最快，主因為偵測率偏低，等同於車燈偵測、車輛辨識的執行次數下降，最終使得運算量降低。

在表 2 及表 3 可見，偵測車輛與車輛數量的問題。例如，表 2 實驗數據[1]的車輛數量 43，偵測數量 43，正確率非 100%，而為 90.70%，原因是出於在偵測之過程中，有時會有多算非汽車資訊而將機車資訊誤算近來，而造成該正確率下降。



圖九、實際道路測試影像



圖十、公用資料庫道路測試影像[2]

表一、電腦規格

CPU 核心	Intel Core i5
CPU 時脈	2.5GHz
作業系統	Microsoft Windows 10
記憶體	8GB
執行語言與環境	Matlab 2015a

表二、實驗數據

影像名稱	TestVideo01		
解析度	704 × 528		
使用方法	This work	[1]	[3]

影像長度	5''00'		
車輛數量	43		
偵測車輛	44	43	56
正確率	97.67%	90.70%	67.44%
運算速度	19.2 FPS	16.6 FPS	1.93 FPS

表三、實驗數據

影像名稱	TestVideo02		
解析度	320 × 240		
使用方法	This work	[1]	[3]
影像長度	5''00'		
車輛數量	415		
偵測車輛	402	335	438
正確率	96.87%	80.72%	94.46%
運算速度	37.9 FPS	38.1 FPS	6.54 FPS

五、結論

由實驗結果得知，本文提出一個混合特徵技術應用於夜間即時車頭燈偵測，以提升車輛偵測率及系統即時處理的能力。由實驗結果得知，本文當兩輛機車並行時會造成誤判或當塞車時，會因其他車之車身遮蔽到該車燈，其夜間車輛偵測率雖然達到97%以上，但未來本研究可以改善的問題在於：1)車頭燈快耗損前使其車頭燈明暗度不足。2)有極少車輛沒開車頭燈。3)出現特殊的車燈造型。這些問題都會造成誤判，而降低其正確率。最後，未來預期能應用於高速公路的環境，所以將車頭燈的寬高比之範圍定在汽車、卡車、客運的最小值與最大值之範圍間，並無涵蓋機車的寬高比。

六、參考文獻

- [1] H.-L. Wu, *Image based vehicle detection and counting system*, Master Thesis in National Cheng Kung University, 2011.
- [2] J.-M. Guo, C.-H. Hsia, K. S. Wong, J.-Y. Wu, Y.-T. Wu, and N.-J. Wang, "Nighttime vehicle lamp detection and tracking with adaptive mask training," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 65, no. 6, pp. 4023-4032, 2016.

- [3] Y. Yuan, Y. Zhao, and X. Wang, "Day and night vehicle detection and counting in complex environment," *International Conference on Image and Vision Computing*, pp. 453-458, 2013.
- [4] K. Robert, "Video-based traffic monitoring at day and night," *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 285-290, 2009.
- [5] W. Zhang, Q. M.-J. Wu, G. Wang, and X. You, "Tracking and pairing vehicle headlight in night scenes," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, no. 1, pp. 140-153, 2012.
- [6] D. Jurić and S. Lončarić, "A method for on-road night-time vehicle headlight detection and tracking," *International Conference on Connected Vehicles and Expo*, pp. 655-660, 2014.
- [7] N. Markuš, M. Frľjak, I. S. Pandžić, J. Ahlberg, and R. Forchheimer, "Object detection with pixel intensity comparisons organized in decision trees," *arXiv preprint arXiv:1305.4537*, 2014.
- [8] U. Kumar, "Vehicle detection in monocular night-time grey-level videos," *International Conference on Image and Vision Computing*, pp. 214-219, 2013.
- [9] J. Chen, J. Chen, and F. Gu, "Nighttime vehicle detection using deformable parts model," *International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, pp. 480-483, 2015.
- [10] J.-W. Park and B. C. Song, "Night-time vehicle detection using low exposure video enhancement and lamp detection," *International Conference on Electronics, Information, and Communications*, 2016.
- [11] H.-T. Chen, Y.-C. Wu, and C.-C. Hsu, "Daytime preceding vehicle brake light detection using monocular vision," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, no. 1, pp. 120-131, 2016.
- [12] *Smart lighting* [Online]. Available: http://www.360doc.com/content/16/0205/23/28522793_532959314.shtml