

應用影像處理技術於公路車輛偵測及追蹤之研究

趙冠維

國立彰化師範大學

電機工程學系碩士班

m0052012@mail.ncue.edu.tw

葉明宗

國立彰化師範大學

電機工程學系博士班

jack.yeh@tw.unisys.com

鍾翼能

國立彰化師範大學

電機工程學系教授

yunchung@cc.ncue.edu.tw

摘要

本文提出了一種車輛偵測技術，它可以自動從監測影像中擷取出交通資訊，如車輛計數、車型大小。其主要目的是收集交通資訊，並提供交通主管單位參考，可以有效達到交通管控。本系統首先利用背景相減法得到移動物體，接著透過空間濾波及形態學處理等一連串的影像處理技術將車輛偵測出來，而此偵測過程都是在設定的感興趣區域(region of interest, ROI)內執行，如此可以減少運算的複雜度，提升系統執行的速度。一旦偵測出車輛後，便可以特徵擷取方法取得車輛邊界框等資訊，然後開始進行車輛追蹤程序，找出車輛在連續影像中的關聯性，以獲得所需的交通資訊。如實驗結果所示，本文所提出的方法可以提供準確的交通資訊，以利達成有效率的交通管控目的。

關鍵詞：空間濾波、形態學處理、感興趣區域。

Abstract

This paper proposes a method for vehicle detection which can gather the traffic information include the number of vehicles, the dimension of vehicles and types from the image sequences of traffic surveillance video. To collect the traffic information which provides the reference for transportation institute to manage efficiently the traffic flow is the major purpose for this paper. The proposed method first obtain the move objects from the background subtraction gotten the foreground images and then use spatial filtering, morphological processing and a series of image processing technologies to detect the vehicles. All the detection processing will focus on the region of interest (ROI) that should reduce the computation of great complexity and improve the speed of system process. Once the vehicles are

detected; subsequently, the system can obtain the vehicle border frame base on feature retrieving method to start the tracking and find the vehicles correlation from the consecutive images to gain useful traffic behavior. As the experimental result, we convince that the proposed method can provide accurate traffic information and be helpful to the traffic management efficiently.

Keywords: spatial filtering, morphological processing, region of interest.

1. 前言

智慧型交通系統(Intelligence Transport System, ITS)[1,2]一直是目前世界交通運輸領域重要的研究課題，它融合了先進的信息技術、通訊技術、感測技術、控制技術以及計算機技術等許多不同學科的理論，有效地集成運用於交通管理系統中，而建立起一種大範圍、全方位發揮作用的運輸和管理系統。

交通監視系統[3]是智慧型交通系統中的一個重要環節，這一系統主要負責收集有關道路交通流量的各種參數，例如車流量、車型大小、車速等[4-6]。目前道路參數檢測的方法有很多，主要有超音波檢測、紅外線檢測、感應線圈檢測以及基於影像檢測[7-10]等等。然而，超音波檢測準確度並不高，容易受到車輛的遮蔽和行人的影響[11]，且檢測的距離短；紅外線檢測則受到車輛本身熱源的影響，對於抗雜訊的能力不強，因而檢測準確度也不高；雖然用感應線圈檢測準確度相對較高，但它缺點是要求設置於路面結構中，對路面會有損壞，且施工和安裝相對不便，使用壽命也比較短。

近年來，基於影像檢測的方法隨著計算機技術、影像處理技術以及人工智慧等技術的不斷發展，在交通檢測中得到了越來越廣泛的應用，相對於其他交通檢測技術而言，它具有以下三點的優勢：

1. 使用影像檢測可以偵測較大的交通場景面

積；

- 2.相對於其他的檢測方法，所投資的費用低，監視設備易於安裝和調適，且對路面設施不會產生破壞；
- 3.可以收集到更多的交通流量參數。

因此，本文選擇使用基於影像檢測的方法來偵測車輛，希望透過這種方式來取得更多的交通資訊，並應用於交通監控系統，以達到交通管控的目的。

2. 車輛偵測

車輛偵測主要是從影像中，將車輛擷取出來，其中處理過程是由感興趣區域、灰階轉換、影像分割等方法所組成，其車輛偵測流程如圖 1 所示。首先，將影像讀入後設定感興趣區域，其後只偵測感興趣區域內的影像，如此可以提升系統執行的速度，接著把影像進行灰階化以減少影像處理的資料量，並利用背景相減法將前景影像分割出來，然後使用中值濾波來濾掉雜訊部分，剩下的影像再藉由形態學處理，使得偵測出的車輛可以更加的完整，接著便能開始進行連通標記的動作，將每個切割出的目標車輛給予編號標記，以便後續的車輛追蹤程序。

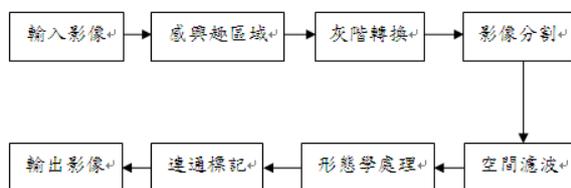


圖 1 車輛偵測流程圖

2.1 感興趣區域

感興趣區域(region of interest, ROI)主要是用來標定追蹤物體的搜尋範圍，它能將不相關的區域以及雜訊移除掉，只保留我們所要偵測的區域。本系統主要是根據車道線來設定 ROI，將背景影像經過 Canny 邊緣檢測[12]後，再透過門檻值的設定，便可以得到車道線的影像，在介紹 Canny 邊緣檢測之前，我們先對邊緣檢測作以下的說明：

一般將二維函數的梯度定義成向量

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

此向量的大小為

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$= [(\partial f / \partial x)^2 + (\partial f / \partial y)^2]^{1/2}$$

為了簡化運算，通常使用絕對值來近似：

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (3)$$

此近似值仍然具有微分的特性，換句話說它們在定值強度區域中為零，且其值正比於在可變像素值區域中強度改變的程度。我們常把梯度的大小或其近似值稱為「梯度」。梯度向量的一個重要的性質是它指向 f 在座標 (x, y) 處之最大改變率的方向上，而此最大改變率所發生的角度為

$$a(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (4)$$

而 Canny 邊緣檢測是一種多級邊緣檢測算法，此方法可以扼要說明如下：

- 1.影像經由一個特定標準差 σ 的高斯濾波器來平滑以降低雜訊。
- 2.算出每個點的局部梯度

$$g(x, y) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \text{ 與邊緣方向}$$

$\alpha(x, y) = \tan^{-1} (G_y / G_x)$ 。一個邊緣點被定義為在該梯度方向上有局部最大強度的點。

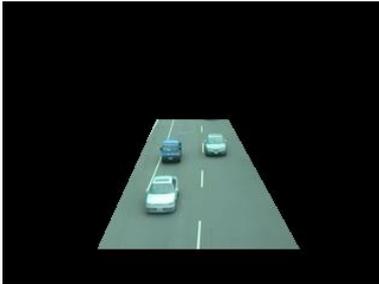
- 3.所求得的邊緣點在梯度大小影像上會造成山脊。透過演算法沿著這些山脊上方追蹤，並將沒有真正在山脊頂點的所有像素設定為零，以便在輸出中得到一條細長的線，這個程序稱為非最大值的抑制(nonmaximal suppression)。然後使用兩個臨界值 $T1$ 和 $T2$ 來分界，其中 $T1 < T2$ 。當有值大於 $T2$ 的像素就被稱為「強」邊緣像素，而介於 $T1$ 和 $T2$ 之前則被稱為「弱」邊緣像素。

- 4.最後，便可以透過八連通將強像素中的弱像素併入以執行邊緣連接。

將車道線邊緣偵測出來後，通過門檻值的設定，我們便可以得到最左右兩側的車道線，再加上攝影機拍攝角度的關係，我們選擇捨棄了背景影像上半部約五分二的部分，然後再根據前面 Canny 邊緣檢測得到的左右車道線將中間剩下的區域切割出來，則此區域即是我們的 ROI，如圖 2 所示。如此一來，可以大大地減少了所要偵測的範圍，而後的每張影像只需要在 ROI 內做後續的處理，可以提升整個系統處理的速度。



(a)



(b)

圖 2(a)原始影像(b)感興趣區域

2.2 灰階轉換

由於攝影機取得的影像一般為 RGB 彩色影像，若直接對此影像作處理，會降低整個系統執行的速度。因此，本系統先將 RGB 彩色影像轉換成灰階影像，將影像以灰階強度來呈現，如此可以減少影像處理的資料量，提升運算的效率。其轉換的方式是以紅、綠、藍三種顏色強度依照一比例相加後可以得到灰階的強度值，其轉換公式如下：

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (5)$$

其中 Y ：輸出灰階強度值

R ：紅色成分強度值

G ：綠色成分強度值

B ：藍色成分強度值

2.3 影像分割

影像分割常使用的方法有背景相減法以及時間差值法。背景相減法是利用輸入影像減去背景影像來得到前景影像，不過此方法必須先建構背景影像出來，若建構出的背景影像不完善，則會影響後續偵測車輛的效果。而時間差值法是透過前後兩張影像作相減，以擷取出影像中移動的物體，然而此方法的缺點是如果影像中車輛移動速度緩慢或是靜止的時候，便

會偵測不出來。

由於一般的道路監視器都是固定在交通號誌燈或是電線桿上，其監視區域的背景影像變化不大。因此，本文採用背景相減法來得到前景影像，將目前影像與背景影像做差值運算，這裡得到的差值是經過絕對值之後，以得到較完整的前景影像，如下面式子所示：

$$B_I(x, y, t) = \begin{cases} 255, & \text{if } |f(x, y, t) - B_G(x, y)| > Th \\ 0, & \text{if } |f(x, y, t) - B_G(x, y)| \leq Th \end{cases} \quad (6)$$

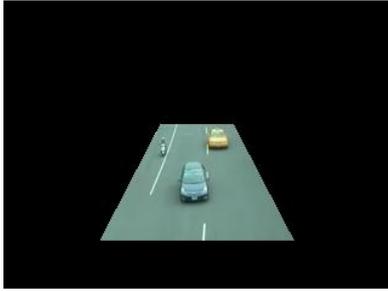
其中 $f(x, y, t)$ 為在時間 t 的畫面， $B_G(x, y)$ 為背景影像， $B_I(x, y, t)$ 為二值化後的影像，而 Th 為預設的門檻值。透過掃描的方式將影像中的每個像素點與背景影像做相減，當相減後的差值大於設定的門檻值時，便將此點用 255 表示；反之，則用 0 表示之。

2.4 空間濾波

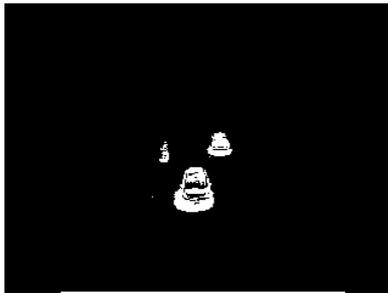
空間濾波(spatial filtering)又稱為臨域處理(neighborhood processing)，它是一種影像增強的技術，對一影像進行空間濾波可以強調某些特徵而除去另外一些特徵，且可將影像去除雜訊、增強邊緣或線條等。其原理是將影像中某個像素點與鄰近像素乘上相對應之係數，計算其總和而得到每一個點之響應。若該臨域大小為 $m \times n$ ，則需要 $m \times n$ 個係數，這些係數被排列成一矩陣，稱為濾波器遮罩(filter mask)。

影像中往往存在各種不同的雜訊，雜訊是獲得的影像像素值不能反映真實場景亮度的誤差，根據影像的獲取方法不同，有不同的去除影像雜訊的方法，不同的濾波方法對不同類型的雜訊具有不同的效果，對於某一特定的雜訊，應該選擇合適的濾波方法來去除。

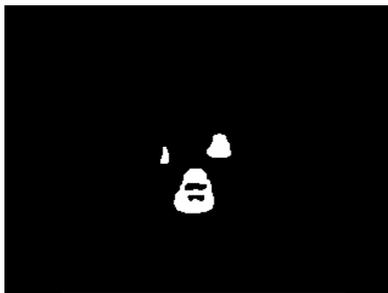
本文主要使用中值濾波器來做空間濾波，它是一種非線性數字濾波器技術，經常用於去除影像或者其他信號中的雜訊，其原理是將鄰近區域像素值作排序，然後選擇排序的中值來取代臨域中心的像素值。它對於斑點雜訊(speckle noise)和椒鹽雜訊(salt-and-pepper noise)來說尤其有用，因此使用中值濾波器可以在不減小影像對比度的情況下減小異常值的影響。



(a)



(b)



(c)

圖 3(a)原始影像(b)未經處理之影像(c)中值濾波後之影像

2.5 形態學處理

形態學處理的數學基礎是集合論，因此形態學有完備的數學基礎，這為形態學用於影像分析和處理奠定了堅實的基礎。形態學運算是由一組形態學的代數運算子組成，其基本思想是用具有一定形態的結構元素找到影像中的對應形狀以達到影像分割識別的目的，基本的操作有膨脹、侵蝕、斷開、閉合。基於這些基本操作可以推導出形態學的很多實用算法，從而進行進一步的影像處理。將形態學應用於影像處理可以簡化影像數據，保持它們的基本形狀。

因為在影像處理過程中，找出的前景影像

可能有破碎情形，所以本文透過閉合運算處理，來達到消除雜訊和彌補前景影像破碎的情形，所謂閉合運算就是先對一幅影像進行膨脹，然後再使用相同的結構元素對影像進行侵蝕操作。其定義式可表示如下：

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (7)$$

其中 A 和 B 為空間兩集合。A 被 B 閉合的意思為 A 先被 B 膨脹之後的結果再被 B 侵蝕，而此動作與斷開剛好相反，因為 A 先被 B 膨脹，所以 A 中若有窄細的中斷部分將被連接起來，之後再做侵蝕運算將 A 輪廓變回平滑。因此閉合運算的目的就是將影像中的小裂口填補起來，以平滑邊緣。圖 4 為將圖 3(c)經過閉合運算處理後之結果，由圖可知，經由形態學處理後，可以得到較完整的車輛影像。



圖 4 將圖 3(c)閉合處理後之影像

2.6 連通標記

在對影像進行進一步的處理之前，往往需要先對影像的目標區域進行標記，以獲取目標區域的相關屬性。因此，當切割出移動物體後，我們先將移動物體分別給予標記。而本文所採用的標記法為八連通標記法，所謂的八連通是指從區域內每一像素出發，可通過八個方向，即上、下、左、右、左上、右上、左下、右下這八個方向的移動組合，在不越出區域的前提下，到達區域內的任意像素。

對每一個值為 1 的點若其八連通有一個點的值也為 1，那麼就將這兩個點歸為一個物體，如圖 5 所示。當對整張影像掃描完畢之後，我們便可以依照所標記的編號執行後續的追蹤程序。

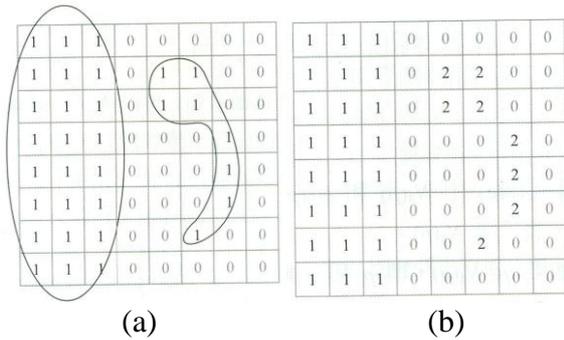


圖 5(a)兩個八連通成分(b)使用八連通後的標記矩陣

3. 車輛追蹤

在車輛追蹤程序中，主要是透過連續影像中車輛的比對，找出其在下一張影像中的位置，其目的是希望找出車輛在連續影像中的關聯性，以達到車輛追蹤的目的，以下說明其細節部分：

3.1 特徵擷取

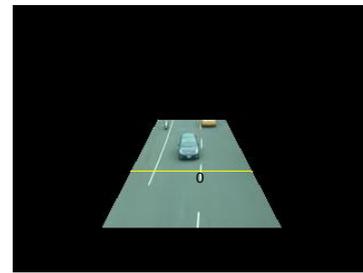
為了達到追蹤的目的，首先必須先找出用來表示車輛的特徵。而在影像處理中，能夠用來表示物體特徵有許多種，常見的物體特徵如色彩、大小及紋理等。本文主要透過計算車輛的邊界框來得到該物體的重心位置、邊界長度及面積。

首先，將整張影像透過水平方向的掃描，找出每個標記車輛上下最遠距離的位置，接著再透過垂直方向的掃描，找出左右最遠距離的位置，以此來定義邊界框的長和寬。當取得邊界框的長跟寬之後，就能知道此邊界框的邊界長度及面積，而此面積實際上為該邊界框內包含到像素點的個數，而後車型大小的分類就是依據邊界長度和面積兩特徵來判別。接著我們以重心來表示車輛的所在位置，主要是因為重心具有唯一的特性，能夠明確表示物體所在的位置，並以此重心通過虛擬檢測線來完成車輛計數。

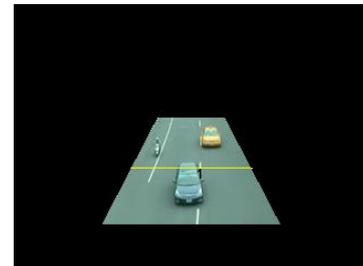
3.2 車輛計數

透過前面特徵擷取的程序後，接著我們就可以找出一些重要的交通參數，在車輛計數方面，主要是根據車輛跨過一條虛擬檢測線來計算通過的車輛數目。由於整個系統處理都是在 ROI 中執行，因此我們將此虛擬檢測線設定在此 ROI 的中央水平線，當有車輛通過時，計數

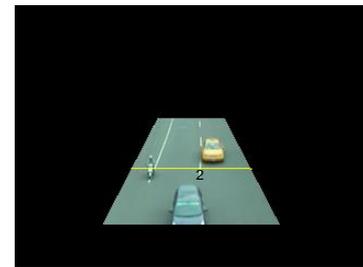
器便會自動加一，並將偵測結果顯示於影像畫面中心，如圖 6 所示，如此便能快速地完成車輛計數。



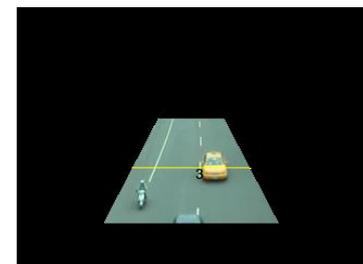
(a)



(b)



(c)



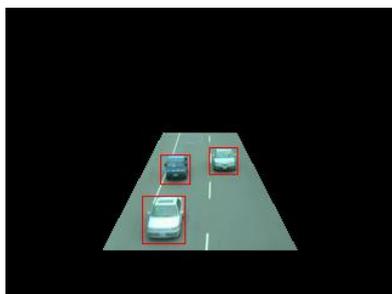
(d)

圖 6(a)(b)(c)(d)車輛計數執行畫面

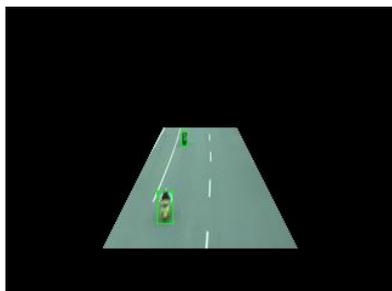
3.3 車型大小

當偵測出車輛後，我們主要是根據邊界框的邊界長度及面積來判斷其車型大小，當此邊界框的邊界長度及面積都超過預設的門檻值

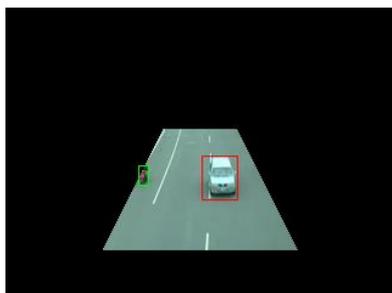
時，會判斷成此目標為大型車(卡車、巴士、大貨車)，並用藍色的邊界框表示；若都小於預設的門檻值時，便判斷為小型車(機車、腳踏車)，並用綠色的邊界框表示；而介於門檻值中間者，則判斷目標為中型車(汽車、休旅車、小貨車)，並用紅色的邊界框表示，執行結果如圖 7 所示。



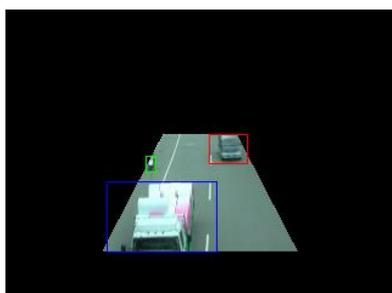
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 7(a)(b)(c)(d)車型大小分類執行畫面

4. 實驗結果

本文的實驗影像是經由攝影機安裝於天橋上進行拍攝，將取得的影像透過影像軟體轉換成為 320×240 像素大小的影像序列，所擷取的影像資料格式為彩色的 AVI 影像檔。本研究所使用攝影機的型號為 HDC-HS9GT；測試硬體設備規格如下：中央處理器為 Intel Core 2 Duo E8300 2.83GHz，記憶體為 2GB，作業環境是 Microsoft Windows XP，此實驗的開發平台為 MATLAB 2009a。

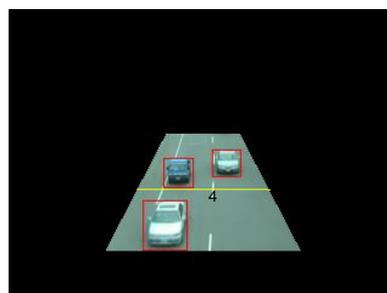


圖 8 系統執行畫面

當車輛進入到我們的 ROI 內時，系統便會開始執行偵測，主要將偵測到的車輛分成小型車(機車、腳踏車)、中型車(汽車、休旅車、小貨車)、以及大型車(卡車、巴士、大貨車)三種，其執行畫面如圖 8 所示。表 1 為本文的實驗結果，透過虛擬檢測線計算不同車型大小的數量，並以人工方式計算出影片中各種類型車輛實際的數量，可以發現其準確率皆大於 90% 以上，驗證本文所提出方法具有相當的可行性。

表 1 實驗結果

車型種類	實際數量	偵測數量	準確率
小型車	120	115	95.8%
中型車	264	245	92.8%
大型車	22	20	90.9%
合計	406	380	93.6%

5. 結論

本文提出了一種車輛偵測技術，它可以自動從監測影像中擷取出交通資訊，其中處理過程包含了感興趣區域、灰階轉換、影像分割、

空間濾波以及形態學處理等不同的影像處理技術，將車輛偵測出後便能開始進行車輛追蹤程序，透過車輛邊界框的特徵資訊來完成車型大小分類，並利用虛擬檢測線計算出車輛數量。實驗結果顯示本文所提出的方法可以提供準確的交通資訊，有效達到交通管控的目的。在未來，我們將針對在不同天氣環境下，繼續尋求解決的方法，使系統得以應用於各種環境，以達到交通管控的實用性。

誌謝

本研究由國科會 NSC 101-2221-E-018-031-的研究經費補助。

參考文獻

- [1] Bing-Fei Wu, Jhy-Hong Juang “Adaptive Vehicle Detector Approach for Complex Environments,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 817-827, June 2012.
- [2] Wanxin Xu, Meikang Qiu, Zhi Chen, Hai Su, “Intelligent Vehicle Detection and Tracking for Highway Driving,” *2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops*, pp. 67-72, 2012.
- [3] C. J. Chang, W. F. Hu, J. W. Hsieh, and Y. S. Chen, “An Automatic Traffic Surveillance System for Tracking and Classifying Vehicles,” *Proc. of 15th IPPR conf. on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, pp. 382-387, 2002.
- [4] S. Gupte, O. Masoud and N. P. Papanikolopoulos, “Vision-Based Vehicle Classification,” *Proc. of IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems*, pp. 46-51, 2000.
- [5] Xue Mei, Member, and Haibin Ling, “Robust Visual Tracking and Vehicle Classification via Sparse Representation,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 33, No. 11, November 2011.
- [6] Zezhi Chen, Tim Ellis, “Vehicle Detection, Tracking and Classification in Urban Traffic,” *2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Anchorage*, Alaska, USA, September 16-19, 2012.
- [7] Huibin Wang, Chaoying Liu, Lizhong Xu, Min Tang, Xuwen Wu, "Multiple Feature Fusion for Tracking of Moving Objects in Video Surveillance," *2008 International Conference on Computational Intelligence and Security*, pp.554-559, cis, vol. 1.
- [8] Yi-Ming Chan, Shih-Shinh Huang, Li-Chen Fu, and Pei-Yung Hsiao, “Vehicle Detection under Various Lighting Conditions by Incorporating Particle Filter,” *Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, Seattle, WA, USA, 2007.
- [9] S.Y. Chien, S.Y. Ma and L.G. Chen, “Efficient Moving Object Segmentation Algorithm Using Background Registration Technique,” *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 12, No. 7, pp.577-586, July 2002.
- [10] Hossein Tehrani Niknejad, Akihiro Takeuchi, Seiichi Mita, and David McAllester, “On-Road Multivehicle Tracking Using Deformable Object Model and Particle Filter With Improved Likelihood Estimation,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 748-758, June 2012.
- [11] S. Kamijo, Y. Matsushita, K. Ikeuchi, and M. Sakauchi, “Occlusion Robust Tracking Utilizing Spatio-Temporal Markov Random Field Model,” *Proc. of 15th Int’l Conf. on Pattern Recognition*, vol.1, pp. 140-144, 2002.
- [12] J. M. A. Alvarez and A. M. Lopez, “Road detection based on illuminant invariance,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 12, no. 1, pp. 184–193, Mar. 2011.