

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告

期中進度報告

## 安全路口之研究(I)

### A study of safety intersection

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-032-035-

執行期間：96年 8月 1日至 97年 7月 31日

計畫主持人：范俊海

共同主持人：

計畫參與人員：李杰儒、符人懿

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學運輸管理系

中 華 民 國

97年

7月

31日

# 安全路口之研究(I)-以智慧型執法系統為基礎

A preliminary study of safety intersection based on intelligent enforcement system

## 摘要

本研究利用影像處理技術結合自行發展之道路環境辨識演算法建立智慧型執法系統之平台，並選定「未依規定變換車道」違規行為建立違規行為判定系統，以期做為智慧型執法系統平台建立之先驅研究。本研究利用影像中位數法建立背景、結合遞迴式背景建構模式進行背景更新；透過「特徵判斷」與「樣板比對」辨識路面標線；最後將車輛偵測、追蹤等...影像處理技術結合道路環境辨識結果進行違規行為的偵測與辨識。經過實際驗證，於道路環境辨識以及違規行為辨識皆達良好的辨識水準。對於安全路口的運作奠立了良好的基礎。

**關鍵詞：**道路環境辨識演算法、智慧型執法系統、樣板比對

## Abstract

In this study, the image processing techniques and the road environment recognition algorithm are used in the intelligent enforcement system platform. Here the “Change-Lane at Will” is selected for the traffic violation detection. First, the background is constructed using temporally median filter and the combining it with recursive and non-recursive background updating algorithms to update our background image. Next, the extracted features and template matching algorithm are used to obtain the lane edge trace. Finally, the moving car detection and its tracking algorithms are also used to recognize the traffic violation. The simulation results show that the road environment recognition and the traffic violation detection all get well detection caliber. These results establish a good system platform of safety intersection.

Keywords: road environment recognition algorithm, intelligent enforcement system (IES), template matching.

## 壹、緒論

### 一、研究背景與動機

目前國內為了路口的安全性，大多由警員人力支援，受限於此常使執法工作無法達到常態性以及公平性，也因此儘管加強違規的取締，成果卻不顯著。因此，若能透過整合之智慧型交通執法系統，可以使稽查取締的工作發揮更大的功能，以提升交通執法的績效。本研究嘗試藉由對道路環境的辨識與車輛辨識、追蹤等技術結合，進而將其應用於違規行為之辨識，以達成安全路口的目標。

### 二、研究目的

按道路交通管理處罰條例相關條文第 7-2 條第七項，汽車駕駛人之交通違規行為有當場不能或不宜攔截製單舉發時，經以科學儀器取得證據資料者，得對汽車所有人逕行舉發處罰。本研究依據法源付於發展之規定，嘗試發展智慧型執法系統之平台，本研究先針對路口的執法環境進行開發，所以研究的目的可有下列幾項：

1. 建立路口道路環境辨識系統，以做為安全路口執法的平台。

2. 建立違規行為辨識子系統的示範計畫案例。
3. 建立交通影像背景的演算法。

### 三、研究方法

首先使用影像中位數法建立背景，接著透過遞迴以及非遞迴的結合模式更新背景；利用各路面標線的特徵以及樣板比對的方式辨識路面標線，進而將道路環境分割；最後透過影像處理的基本技術，如二值化、邊緣偵測、影像相減以及物件標記等方法結合道路環境辨識演算法進行違規行為辨識。

## 貳、道路環境辨識演算法的建立

### 一、交通環境背景重建

在建立交通背景影像之前，首先將攝影機拍攝的車流影像以 avi 格式的格式輸出，並透過影像切割軟體把影片切割成每秒 30 張的畫格，擷取的圖片格式為 jpg 檔，畫格大小為 720\*640。本研究利用遞迴式結合非遞迴式背景建構的方式[3]進行交通環境背景的重建。

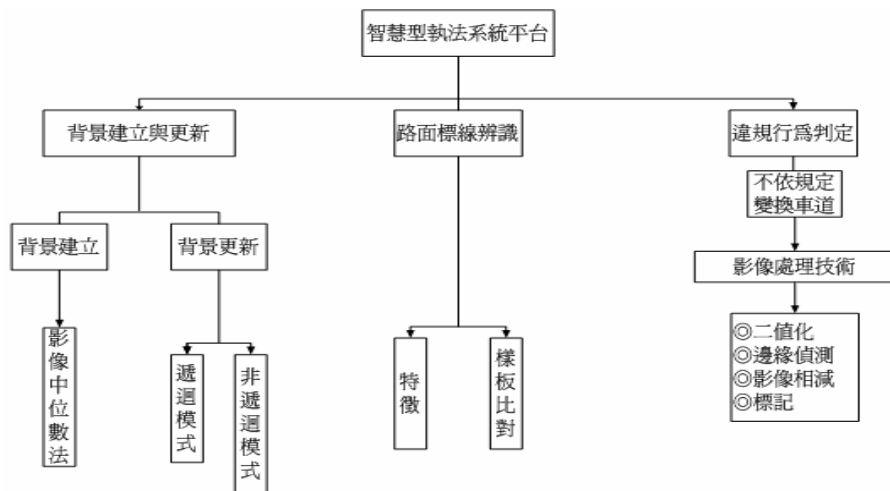


圖 1 研究方法

遞迴式背景構建方法係以時間軸為更替標準，即每次擷取第 1 秒至第  $n$  秒的畫格建構當下的背景影像(CB)，下一張影像擷取第 2 秒至第  $n+1$  秒的畫格建立瞬時影像(IB)，如圖 2。公式為  $CB = (1-\alpha)IB + \alpha CB$ ， $\alpha$  為更新權重值。

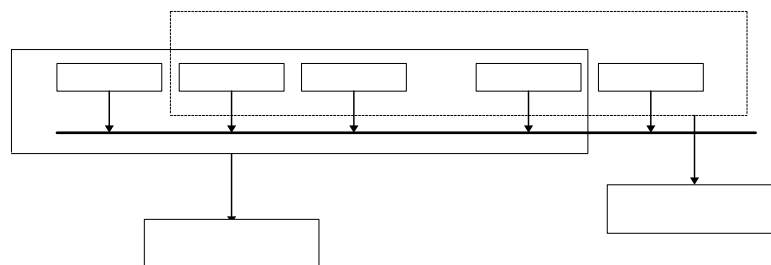


圖 2 遞迴式背景構建方法

非遞迴式背景建構方法本研究採用影像中位數法。影像中位數法為一非線性的濾波器，主要應用於邊緣偵測，可解決線性濾波器在處理灰階影像中邊界或是變化較大的地方產生被糊模的問題。處理方法為，在雜訊的影像資料矩陣中，利用一個濾波矩陣或稱為遮

罩，將此矩陣中所有像素值依大小排列，並以排序後像素值的中位數作為結果的輸出，取代原來的像素值。其公式如下：

$$Y(i, j) = Median\{X(i, j) | (i, j) \in W\}$$

其中， $Y(i, j)$  為像素值  $(i, j)$  中位數取代值， $X(i, j)$  為像素值  $(i, j)$

本研究的操作方式為：將每一張畫格劃分成三個矩陣( $R$ 、 $G$ 、 $B$ )，每像素的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  值分別存於該三個矩陣中，連續擷取  $n$  張影像，最後取得  $R$ 、 $G$ 、 $B$  值的中位數以構建交通背景影像。在遞迴式背景構建方法中，由於  $\alpha$  取過大則會造成背景更新過度劇烈，太小則會造成背景更新緩慢。在此部分，本研究採用文獻[3]的結果，採  $\alpha=0.5$  為背景更替的權重值。背景重建與更新流程如圖 3。



圖 3 背景更新流程

## 二、道路環境特性分析

為了有效、快速的辨識道路環境，首先必須了解影像中道路環境的路面標線以及道路具有什麼特性。路面標線為了讓駕駛者及行人輕易辨識，其顏色通常與地面呈現高度反差，無論是白線、黃線甚至是紅線，與柏油路面皆有著極大的色彩差異，因此當色彩轉換為灰階表示時，這種亮度差異會被保留下來，本研究即是利用此顯著的亮度差異做為路面標線偵測的依據。

路面標線的種類繁多，本研究僅以較常出現的路面標線進行研究。由於偵測與辨識之路面標線種類繁多，而且並沒有一定的方法可以應用於全部路面標線，因此，在路面標線辨識的部份採用「特徵判斷」以及「樣板比對」兩種方式進行。表 1 為各路面標線採用之方法。

## 三、利用特徵判斷辨識路面標線

本研究利用特徵進行判斷之路面標線有：車道邊緣、車道線、停止線以及枕木紋行人穿越道。以下分別針對上述各標線的辨識方法以及結果做說明。

### 1. 車道邊緣

車道邊緣的偵測方式參照文獻[4]中車道線的偵測方法，將每一條水平掃描線左右等分，計算每一條掃描線上，左半邊亮度由高到低，右半邊亮度由低到高的最大梯度變化點。

## 背景更新

權重

表 1 路面標線研究方法

地點	標線分類	研究方法
共同	車道邊緣	特徵判斷

	車道線	特徵判斷
	指向線	樣板比對
路口	停止線	特徵判斷
	枕木紋行人穿越道	特徵判斷
	機車停等區線	樣板比對
路段	禁行機車	樣板比對

## 2. 停止線

利用濾波器將橫線濾除，統計像素點上面每一條橫線所占的面積。若橫線上所占的白色部分大於設定的門檻值，則定義該橫線為停止線。然而因為橫線有時候可能會不一定非常直，可能會有歪斜，所以設定門檻值容許上下列可以變動的範圍，圖 4 為停止線偵測與辨識結果。



圖 4 停止線偵測與辨識結果

圖 5 行人穿越道偵測與辨識結果

## 3. 枕木紋行人穿越道

統計在橫線上總白色出現的面積後，計算其變異數，若是行人穿越道，則變異數會較高。因此設定一門檻值來判斷，若變異數大於門檻值且面積夠大，則稱行人穿越道，結果如圖 5 所示。

## 4. 車道線

從行人穿越道的區域往下搜尋，統計由上往下直線的總面積，並給予一個橫線可變動的範圍。若總面積大於門檻值，則稱為直線的候選人。透過濾波器去除橫線的部分，剩下的就是車道線或是雙白線。由於車道線類似斑馬線的間斷結構，有較高的變異數。因此，統計此變異數較高則稱為車道線，反之為雙白線，下圖 6 為雙白線偵測與辨識的結果。



圖 6 雙白線偵測與辨識結果



圖 7 背景分割結果

## 5. 背景分割

因路面、車道線等標誌皆為灰色、白色，根據 HSV equation 可以得知在 RGB 三原色

的表示方式上面，三個值差距較小。因此透過此種方式來排除非道路區域。

本延究所採用的方式為：由左而右、由上而下掃描第一個遇到的車道線，計算它下一個列出現的座標，利用這四個點來計算斜率，並將每一個列的區域往左劃分，直到某一點的 RGB 三種顏色差異過大，則停止。中間車道的辨識方法，則是利用第一條雙白線，由左而右掃描，當遇到第二條白線時停止。藉此畫出完整的車道區域。下圖 7 為路口道路環境背景分割結果。

#### 四、利用樣板比對辨識路面標線

本研究使用樣板比對進行辨識的路面標線可分為兩種類型：圖形以及文字。圖形包括指向線以及機車停等區線內的機車圖形，文字為「禁行機車」，整理如表 2。

表 2 樣版比對應用之路面標線

路面標線	類別
指向線	直線箭頭
	弧形箭頭
	分岔箭頭
圖形	機車停等區的機車圖案
標字	禁行機車

本研究參照「道路交通標誌標線號誌設置規則」內對於各標字、標線比例的說明，使用繪圖軟體修正真實拍攝道路環境之照片中歪斜的路面標線作為本研究之樣板，如圖 8。

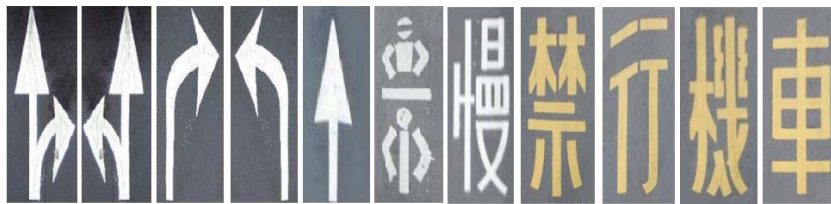


圖 8 路面標線之樣板

使用樣板比對進行路面標線的辨識，除了辨識率，處理時間也是必須衡量的地方。因此考慮上述因素以及考量真實道路環境、攝影機架設位置、角度...等環境因素之下，本研究採取的方式為透過主成分分析，計算出 N 個主成分，挑選第 1~30 的主成分來當作主軸，令每一測試影像與樣板都投影到此主軸來比對。由於具有相同的主軸，因此可以適應不同的拍攝角度以及坡度造成路面標線歪斜的問題，其流程步驟下：

1. 將輸入的切割影像透過 PCA transformation 轉到特徵空間中。
2. 將影像投影到前 N 個特徵值所表示的空間。
3. 取得樣板影像，將樣板投影到前 N 個特徵值表示的空間。
4. 計算兩者之間在此投影軸上的 MSE(Mean square error)。
5. 將所有的 MSE 存到一個 error matrix 中，待所有錯誤率比對完成後，取得最小誤差的 MSE。
6. 若 MSE 的值小於設定門檻值則比對成功。

圖 9 為樣板比對的測試畫面。左邊的圖可辨識出「禁行機車」；右邊的圖則可辨識出直



線箭頭、分岔箭頭以及機車停等區線內的機車騎士圖形。



圖 9 樣版比對結果

### 參、違規行為辨識系統之建立

本研究以「未依規定變換車道」違規行為進行驗證，以建立違規行為判定系統，作為智慧型執法系統之先驅研究。

#### 一、前處理

前處理的目的在於確定偵測區域是否有車輛進入以及各車輛的位置。首先將車流影像與建立之背景相減，判斷是否有移動的車輛進入偵測區；接著透過二值化將車輛與路面區隔；使用中間值濾波減少雜訊的干擾；最後利用物件標記確定車輛位置供後續分析作業。

#### 二、違規行為辨識

本研究違規行為的辨識方式，係利用影像處理技術將車輛與背景區隔，並與分割後的道路環境結合以判斷是否有車輛進行違規行為。步驟如下：

1. 將載入之車流影像，利用影像中位數法建立背景。
2. 辨識環境中的路面標線與道路，確定偵測區域。
3. 載入車流影像與建立之背景相減，取得差值影像。
4. 將差值影像透過中間值濾波減少雜訊。
5. 利用遞迴式標記法將車輛分別編號。
6. 使用邊緣偵測得到個別車輛之邊緣，做為該車輛的外框。
7. 將外框影像加到原始影像中，以得到移動物件的萃取圖。
8. 配合路口紅燈時段設定累積畫格張數進行背景更新。
9. 將移動物件的偵測與步驟 2 之道路環境結合，以此做違規行為的判斷。

圖 10 為「未依規定變換車道」違規行為的辨識結果。



## 肆、實證分析

## 一、系統概述

本研究使用數位攝錄影機將影像擷取至攝錄影機內建的硬碟中，利用影像序列擷取軟體將影像擷取每秒 10 張畫格，並針對擷取後之影像序列進行一系統化的處理過程。本系統是使用程式語言 Matleb7.1 作為系統開發工具，圖 11 為系統的操作介面，系統的操作介面主要分為 7 個部分：

- (1) 功能列：包括檔案、功能執行、參數設定、檢視等系統執行命令。
- (2) 影像顯示區：主要顯示現在正在處理之影像。
- (3) 背景影像顯示區：顯示目前處理區域之背景影像。
- (4) 道路環境辨識顯示區：顯示目前處理區域之道路環境辨識結果。
- (5) 違規車輛數析出區：顯示違規車輛之數量。
- (6) 交通流量析出區：顯示即時之交通流量。
- (7) 程式靈敏度調整區：靈敏度越高可以偵測到更小的物件，相對的易產生雜訊。

## 二、路面標線辨識結果

本研究利用真實車流影像以及各類標線之拍攝照片兩種方式進行路面標線辨識的驗證。影片 A 為路口之車流影像，包含的路面標線有：車道邊緣、行人穿越道、停止線、指向線以及機車圖形。影片 B 為路段之車流影像，包含的路面標線有：車道邊緣、車道線以及禁行機車。表 3 為各類標線照片的數量。

表 3 驗證路面標線數量

路面標線	行人穿越道	停止線	車道線	指向線	禁行機車	機車圖形
數量	14	5	5	34	23	14

以下分別針對「特徵判斷」與「樣板比對」兩種辨識方法的驗證結果作一說明。

## 1. 特徵判斷

## (1) 真實車流影像測試結果

測試影像	辨識率
影片 A	100%
影片 B	100%

## (2) 路面標線照片測試結果

路面標線	辨識率
車道邊緣	100%
停止線	100%
車道線	100%
行人穿越道	100%

## 2. 樣板比對

## (1) 真實車流影像測試結果

測試影像	辨識率
影片 A	100%
影片 B	100%

## (2) 路面標線照片測試結果

路面標線	辨識率
指向線	83%
禁行機車	86%
機車圖形	88%



### 三、違規行為的驗證

當車輛經過偵測區時，不論車種為何，只要有偵測到車輛，即列入成功偵測出的車輛數。實際進行驗證的地點選定一路口，進行車流量以及違規行為的辨識。

拍攝時間為平常日下午 3 點，低密度之交通流量。路口特性為：紅燈時間 50 秒、全紅時間 5 秒、綠燈時間 180 秒。單向 3 車道，內側兩車道禁行機車；車道線類型為雙白線。

辨識正確率驗證工作中，各車輛種類的實際數目為：大型車 16 輛、小型車 208 輛、機車 19 輛，總數量為 243 輛；由系統成功偵測出之各車種數量為大型車 19 輛、小型車 202 輛、機車 19 輛，總數量為 240 輛。該時段內未依規定變換車道車輛為 8 台，判斷的結果為 8 輛，辨識率為 100%。其驗證結果彙整於表 10、表 11。

表 10 路口車流量驗證結果

	車輛種類		
	大型車	小型車	機車
實際車輛	16	208	19
辨識成功車輛	19	202	19
辨識正確率	84.2%	97.1%	100%

表 11 路口違規行為辨識結果

	未依規定變換車道
實際車輛	8
辨識成功車輛	8
辨識正確率	100%

於實證中，大型車以及小型車之辨識皆有誤判的情形，主要原因在於本系統並沒有針對車輛陰影可能造成遮蔽的問題進行排除。

### 伍、結論與建議

本研究利用影像中位數法建立道路環境背景，並透過遞迴式背景建構模式與非遞迴式背景建構模式之結合進行背景更新，結果顯示透過結合模式更新之背景於車流行進穩定、正常時，皆能建構乾淨、無雜訊的背景。

透過自行開發之道路環境辨識演算法進行道路環境分析以及違規行為辨識，經實際驗證皆達到八成以上的辨識水準。對於智慧型執法系統的自動化研究，有了初步的進展。

由於本研究所牽涉的路面標線種類繁多，本文僅針對一般市區道路路段以及路口較常出現的標線進行研究，後續研究可繼續探討其他部分。另外本研究並無針對陰影可能造成的遮蔽問題進行排除，造成車輛辨識的辨識率降低，亦針對此部分進行研究以提高辨識率。

由於上述自動化的開發，在智慧型安全路口的發展，建立起良好的平台，雖然平台尚有一些不盡理想之處，將是未來我們繼續努力的空間。

### 陸、參考文獻

[1]何志宏，最新全動態交通號誌控制技術開發計畫，國立成功大學交通管理科學研

究所，民國 82 年。

- [2] 交通部委託計畫-智慧型交通資訊蒐集、處理、傳播與旅行者行為之系列研究-號誌化道路路況資訊偵測方法與格式訂定，民國 91 年。
- [3] 陳昶志，交通背景型態分類模式之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文，民國 96 年 6 月。
- [4] 張懿，即時路面標線、車輛偵測與距離估計，淡江大學資訊工程學系碩士論文，民國 91 年 6 月。
- [5] **D.Beymer and J. Malik, Tracking Vehicles in Congested Traffic, Proceedings of the 1996 IEEE Intelligent Vehicel Symposium, pp.130-135, 1996。**
- [6] **D. Beymer and P. McLauchlan, B. Coifman and J. Mailik, A Real-time Computer Vision system for Measuring Traffic Parameters, Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recongnition, pp. 495-501, 1997。**
- [7] **R. Brunelli, and T. Poggio, Template Matching Spatial Filters And Beyond, MIT AL Memo 1549, July 1955.**
- [8] **M.S. Lew, N.Sube, T.S.Huang, Improving Visual matching, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 2, pp.58-65, 2000.**

# 可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利

 可技術移轉

日期：97年7月31日

<b>國科會補助計畫</b>	計畫名稱：安全路口之研究(I) 計畫主持人：范俊海 計畫編號：NSC 96-2221-E-032-035 學門領域：土木交通
<b>技術/創作名稱</b>	道路環境辨識演算法
<b>發明人/創作人</b>	范俊海、李杰儒
<b>技術說明</b>	中文： 道路環境辨識演算法利用影像中位數法建立背景、結合遞迴式背景建構模式進行背景更新；透過「特徵判斷」與「樣板比對」辨識路面標線；最後將車輛偵測、追蹤等...影像處理技術結合道路環境辨識結果進行違規行為的偵測與辨識。經過實際驗證，於道路環境辨識以及違規行為辨識皆達良好的辨識水準。
	英文： The road environment recognition algorithms are used in the intelligent enforcement system platform. First, the background is constructed using temporally median filter and the combining it with recursive and non-recursive background updating algorithms to update our background image. Next, the extracted features and template matching algorithm are used to obtain the lane edge trace. Finally, the moving car detection and its tracking algorithms are also used to recognize the traffic violation. The simulation results show that the road environment recognition and the traffic violation detection all get well detection caliber.
<b>可利用之產業及可開發之產品</b>	自動化智慧型執法系統
<b>技術特點</b>	1) 利用影像處理為發展基礎。 2) 在執法上是要眼見為憑，該系統符合此條件。 3) 自動化偵測功能。
<b>推廣及運用的價值</b>	1) 可供警方使用全面性的交通安全工具。 2) 其具有嚇阻的良好效果。 3) 提昇 ITS 發展的門檻。

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

