

# 影像移動物件追蹤技術 (Moving Object Tracking in Video) 於交通執法之應用

林志展<sup>1</sup>

## 摘要

交通違規就其構成要件，一般可以分為具測定值之相對違規與行為（或位置）踰越之絕對違規兩種，前者如行車速度、行車距離及裝載等違規；後者如號誌、行駛車道及變換車道等違規。相對違規因具測定值，故須以科學儀器輔助測定，長久以來測定設備已發展提昇至自動化執法，然而，絕對違規卻大多數仍需依賴人力蒐證或人證（員警目擊）方式執法，為增進執法效能以達維持交通行車安全與秩序之目的，實有應用自動化執法系統之必要。

影像中移動物件追蹤技術為智慧型運輸系統（ITS）領域應用之一環，係運用軟體影像處理演算技術，透過設定監控區域（Monitored Area）、建立背景參考影像（Reference Image）、數位化影格比較（Digitized Frames Compared）、移動物體辨識（Moving Object Identification）及移動軌跡追蹤（Trajectory Build Up）等步驟達成物件追蹤功能，目前已成功應用於交通特性數據（如車流量、平均速度等）及自動事件偵測系統。絕對違規之蒐證重點在於車輛之駕駛行為與動向（位置），運用影像中移動物件追蹤技術可以在攝影機監控範圍內掌握追蹤車輛動向，建置成自動執法系統。本文將針對國道高速公路之部分絕對違規探討應用影像中移動物件追蹤技術之可行方式。

**關鍵詞：**交通違規、智慧型運輸系統、影像中移動物件追蹤

## 一、前言

國內交通旅次需求在部份道路與時段均已超越道路設計容量，惟需求與容量問題，非必然為交通壅塞之主要導因，即使是在容量遠大於需求的道路與時段亦時有交通壅塞之情形發生，其主要原因之一，來自於車流中個體車輛駕駛行為產生速差（Speed Variance）所導致的衝擊波（Shock Wave）現象，超速、慢速、任意變換車道、未保持安全間隔距離及不依規定車道行駛等駕駛行為屬之。車流中速差越大，發生交通事故的機率也越大（Federal Highway Administration【1982,p 4-2】），因此為防止交通事故維持行車安全與順暢，應著重車流速度管理作為。交通執法為車流速度管理作為重要工作之一，行車速度及行車距離等相對違規因需速度測定值，故須以科學儀器輔助測定，因速度測定設備在軍事、工業領域已有相當之運用，經年累月技術成熟，故已應用發展自動化執法（如雷達、雷射測速系統），然而，行為（或位置）踰越之絕對違規卻仍需依賴人力蒐證或人證（員警目擊）方式執法，不僅執法率不佳，證據證明力亦較易受到質疑，因此，為增進執法效能，實有應用自動化執法系統之必要。

<sup>1</sup> 內政部警政署國道公路警察局交通科科員林志展（聯絡地址：台北縣泰山鄉黎明村半山雅 70 之 2 號，電話：02-29094111 分機 2392，E-mail: jeff199@hpb.gov.tw）。

影像中移動物件追蹤技術為智慧型運輸系統（ITS）領域應用之一環，目前已成功應用於交通特性數據（如車流量、平均速度等）及自動事件偵測系統。絕對違規之蒐證重點在於車輛之駕駛行為與動向（位置），運用影像中移動物件追蹤技術可以在攝影機監控範圍內掌握追蹤車輛動向，針對超過設定門檻值之事件蒐證，建置成自動執法系統。本文將針對國道高速公路部分絕對違規探討其應用影像中移動物件追蹤技術之可行方式。

## 二、偵測原理與相關技術應用

### 2.1 偵測原理

#### 2.1.1 基本原理

影像移動物件追蹤技術基本上是透過影像處理，其原理概念如圖 1（道路交通安全與執法國際研討會【93 年,p612】）。監控區域（Monitored Area）：預先設定每一台攝影機的監控區域以及車道分割等配置。背景影像（Background Image）：在系統啟動時，會預先抓取一個參考影像（Reference Image），並依照一定程序更新。數位化比較（Digitized Frames Compared）：經由不同影像的比較，車輛的出現，即可被系統偵測到。移動物體辨識（Moving Object Identification）：車輛經由形態過濾器辨識，並將每一台車作標記連結。移動軌跡建立（Trajectory Build Up）：演算法透過一連串的影像序列，追蹤車輛標記，建立其時間與空間的軌跡。交通特性數據與事件偵測（Traffic Data and Incident Detection）：車輛追蹤技術可以產生個別車輛的觀測，如車輛出現、速度以及車輛停止等，而這些車輛個別的資料可匯集成車流的資料。經由車輛追蹤技術所得之車輛偵測數據，透過門檻值的設定比較，即可偵測到需要得行車狀況。

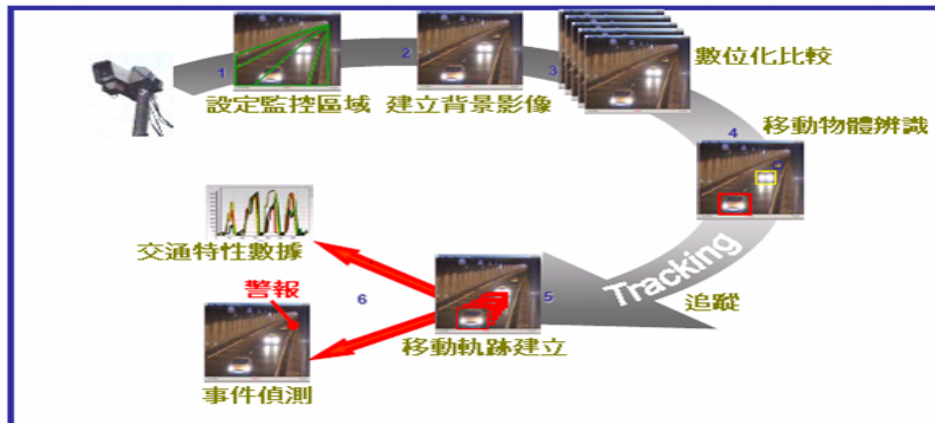


圖 1 影像偵測原理

#### 2.1.2 感應線圈仿效（Loop Emulation）

運用上述基本原理，影像偵測技術可以在影像畫面上仿效劃設與傳統感應線圈（inductive loops）一樣之虛擬偵測器，達到偵測各別車道車輛數、平均速度、行車間距（headway）及車輛分類（classification）功能。其優勢在於不需要像傳統感應線圈切割路面埋設線圈，在設置與後續維護上較為簡便。

### 2.1.3 侵入偵測 (Intrusion Detection)

運用上述基本原理，影像偵測技術可以在影像畫面上，劃設特定虛擬區塊，當物件進入該虛擬區塊時，系統即時辨識物件並進行追蹤。

## 2.2 相關技術應用

### 2.2.1 影像自動事件偵測系統

傳統事件偵測係利用 CCTV 攝影機，於控制中心之螢幕牆由工作人員監看輪放之監視器畫面，來進行事件偵測，惟若監視器數量相當多時，畫面輪放完一次之時間將相當久（以相對於事件處理即時性論），無法立即因應。以 12.9 公里之雪山隧道約 267 具監視攝影機為例，中心 12 個電視監視螢幕，需超過 10 分鐘來輪放監視一次。

以影像移動物件追蹤技術為基礎的事件偵測系統，可利用固定或移動式監視設備及影像處理軟體，針對車流中之停止車輛、交通壅塞、低速車輛、行人、逆行車輛、散落物及煙霧偵測等交通事件進行偵測，且整體偵測結果正確率可超過 98% 以上，且事件發生時可自動跳出事件位置攝影機之畫面，中心工作人員可以立即進行各項應變措施，提升事件自動偵測能力，爭取事件處理時效，減少事故生命財產之損失。目前已成功建置於台 76 線八卦山隧道，未來國道 5 號雪山隧道亦將建置同類之影像自動事件偵測系統，以維持長隧道型車安全。

### 2.2.2 車輛偵測 (Presence Detection)

目前號誌路口區，各行進方向車輛之計算或停等長度 (Queue Length) 均係透過埋設於路口接近區的感應線圈車輛偵測器 (Loop VD)，但因為 VD 裝設後堪用率偏低，且停等長度計算較無彈性，因此在結合號誌控制上應無法獲得較佳之效率。為有效計算交叉路口各方向車輛數及停等長度，部分先進國家，已開始建置影像車輛偵測系統，結合交叉路口號誌，有效管控交叉路口行車。

影像車輛偵測為影像移動物件追蹤技術之應用，可以在監控區劃設虛擬的偵測區塊，偵測車輛經過數量，並於車輛停滯時開始量測停等長度，並將資訊提供給交叉路口號誌控制器，俾利號誌最佳化控制，提升交叉路口行車管理。

## 三、交通執法現況

交通違規就其構成要件，可分為為具測定值之相對違規與行為（或位置）逾越之絕對違規兩種，前者如行車速度、行車距離及裝載等違規；後者如號誌、行駛車道及變換車道等違規。相對違規因具測定值，故須以科學儀器輔助測定，長久以來測定設備已發展提昇至自動化執法，然而，絕對違規卻大多數仍需依賴人力蒐證或人證（員警目擊）方式執法。國道公路警察局目前交通違規取締大部分均為相對違規，因為具備測定儀器方便定點測定取得違規證據，且可自動執法，節省相當多警力。但是部份絕對違規，如行駛路肩、大型車不依規定車道行駛，慢速車佔用車道及跨越槽化線（交流道出、入口處），甚至行人誤上高速公路、機車行駛高速公路及逆向行駛等緊急事件，卻無法有效的蒐證或即時接獲通知，

其原因主要在於高速公路路型封閉、區段攏長，警勤之巡邏密度（或執法強度）很難提高，且員警定點值勤時視覺有限，因此，必須在行進間始能有機會發現前列違規或事件，效率上極為不佳，且巡邏車線上攔檢車輛即屬車流衝擊波之導因之一，非絕對必要實不宜頻繁實施，所以這類交通違規取締績效向來佔全般交通違規取締績效比例頗低（詳如圖 2）。惟這類違規均為內政部警政署所訂頒之加強取締惡性交通違規專案中取締項目，可見其對於行車安全之高危害性。因此，尋求自動且有效之蒐證取締方式為勢在必行的策進方向。

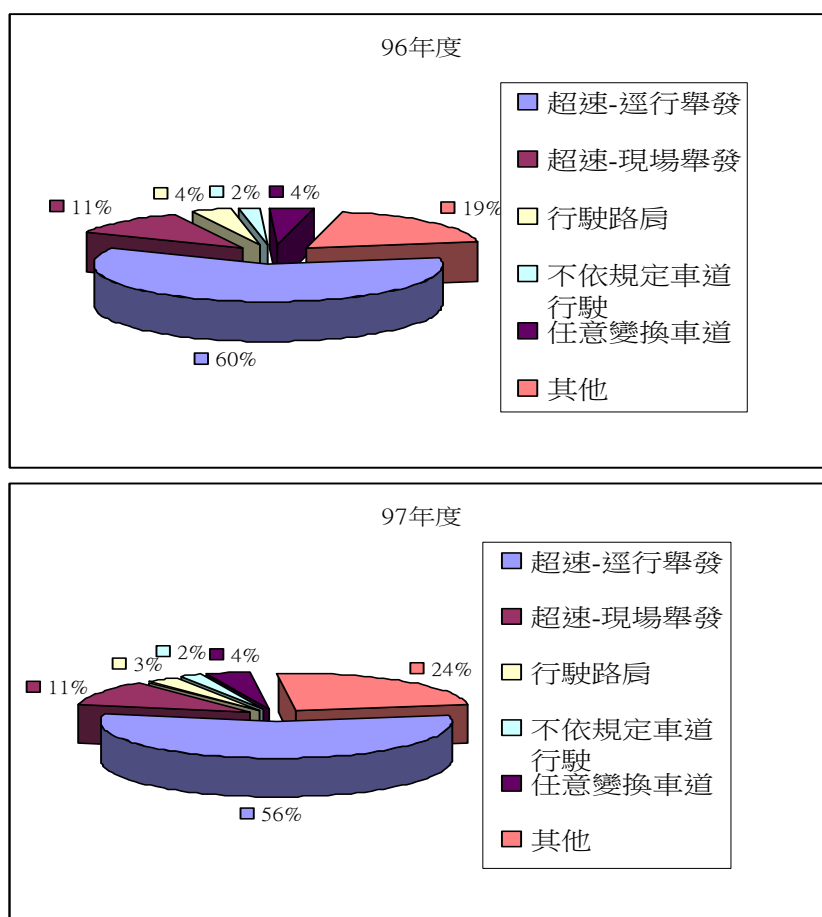


圖 2 國道公路警察局 96、97 年度交通違規取締比例圖

#### 四、影像移動物件追蹤技術在交通執法之應用方式

以下就影像移動物件追蹤技術之能力及前節所列違規及事件之偵測要件，分別探討其應用方式。

##### 4.1 行駛路肩與跨越槽化線

高速公路路肩為公務或緊急事件使用，除因疏解區段壅塞，增加道路容量，彈性開放路肩專供下交流道車輛行駛外，不得任意行駛路肩，惟部份用路人為一己之便仍任意行駛路肩，甚或佔用開放路肩行駛，至開放終點即插入主線行駛，甚至跨越槽化線區，與主線行駛車流交織，影響交通秩序與安全至極，另外，跨

越槽化線違規在下交流道車流壅塞時亦時常發生，當下匝道車流循序漸進時，超越至車隊前方，插入連貫行駛車陣，跨越槽化線下交流道。這類違規，因多發於交通壅塞或尖峰時段，警勤著重於交通疏導，因此取締不易，惟從車流交織產生衝突點角度看，其違規行為將使車流壅塞更為嚴重。

高速公路路肩與槽化線屬於高速公路上主線以外之特定區域（塊），正常狀況下不會有車輛行駛，故可應用影像移動物件追蹤技術中之侵入偵測方式，偵測進入該區之車輛，並進行違規採證。路肩及槽化線區之侵入偵測，可以利用影像處理軟體，在監視器畫面上劃定路肩及槽化線相對應之虛擬區塊（如圖3）即可進行。



圖 3 侵入偵測區劃設示意圖

## 4.2 不依規定車道行駛

高速公路不依規定車道行駛可以分為大行車不依規定車道行駛及慢速車不依規定車道行駛，前項屬於絕對違規，一經採證即確認；後項屬於相對違規，必須測定行車速度始能決定其違規行為，惟因為取締上極為困難，故併於此探討其可行取締方式。

### 4.2.1 大行車不依規定車道行駛

大型車因為總重較重，行車速度相對較慢，為避免影響總體車流速度，其行使車道有所限制，依據高速公路及快速公路交通管制規則第八條第一項第二款規定：「大行車應行使於外側車道，並得暫時利用緊臨外側車道之車道超越前車」，亦即於同向三線車道以上路段，大型車僅可以出現在外車二車道，出現在其他車道即可確認為違規行為。

根據上述違規特性，可以應用影像移動物件追蹤技術之感應線圈仿效方式來

偵測。感應線圈仿效偵測，可以在每一個車道上劃設虛擬的感應線圈，影像處理軟體可以經由設定虛擬線圈被經過車輛遮蔽（或佔有）之長度，分辨車種，當發現大型車出現於不可行使之車道時即予以採證。車道虛擬線圈劃設即參數設定詳如圖 4。

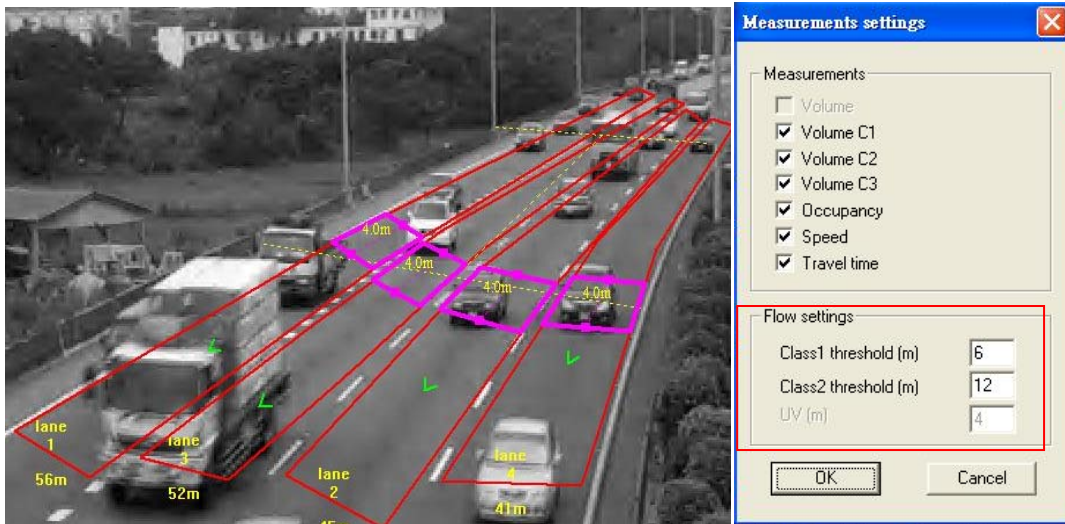


圖 4 虛擬感應線圈劃設（粉紅色框）及車種偵測參數設定示意圖

#### 4.2.2 慢速車不依規定車道行駛

慢速車為高速公路速差大的主要因素之一，衍生逼迫前車讓道、未保持行車安全距離及任意變換車道等躁進（Aggressive）駕駛，嚴重影響行車安全，但是其取締相當困難，國道道路警察局 96、97 年度僅各取締 2,016 及 1,736 件，皆約僅佔全年總取締件數之千分之 2。

依據高速公路及快速公路交通管制規則第八條第一項第一款規定：「在高速公路最高速限每小時九十公里以上之路段，行駛速率低於每小時八十公里之較慢速小型車，或在快速公路最高速限每小時八十公里以上之路段，行駛速率低於每小時七十公里之較慢速小型車，應行駛於外側車道，並得暫時利用緊臨外側之車道超越前車。」；同條第一項第三款規定：「內側車道為超車道。但小型車於不堵塞行車之狀況下，得以該路段容許之最高速線行駛於內側車道」；同條第二項規定：「在交通壅塞時，小型車得不受前項第一款及第三款之限制」，亦即法令對於小型車依其行駛速率之不同，明定其應行駛之車道，惟在交通壅塞時即不適用。因此，若要執行慢速車不依規定車道行駛，其前提就要確定交通是在不壅塞的狀況下。交通是否壅塞，非單純用影像紀錄車行狀況即可，應有一可量化之數據來輔助，這個數據應該可以由車流之平均速度來表示。

車流平均速度可以運用影像移動物件追蹤技術取得，另外，應用影像自動事件偵測之概念，將慢速車視為事件之一種，並透過事件偵測參數設定（如圖 5）篩選目標慢速車輛。要應用這樣技術輔助採證取締慢速車不依規定車道行駛，執勤人員只需要將原有攝影記錄設備提升至具備影像移動物件追蹤技術及自動事件偵測之功能即可，至於慢速車之個體車速測定，現階段則仍須由經過經濟部標準檢驗局檢驗合格之測速儀器測定。

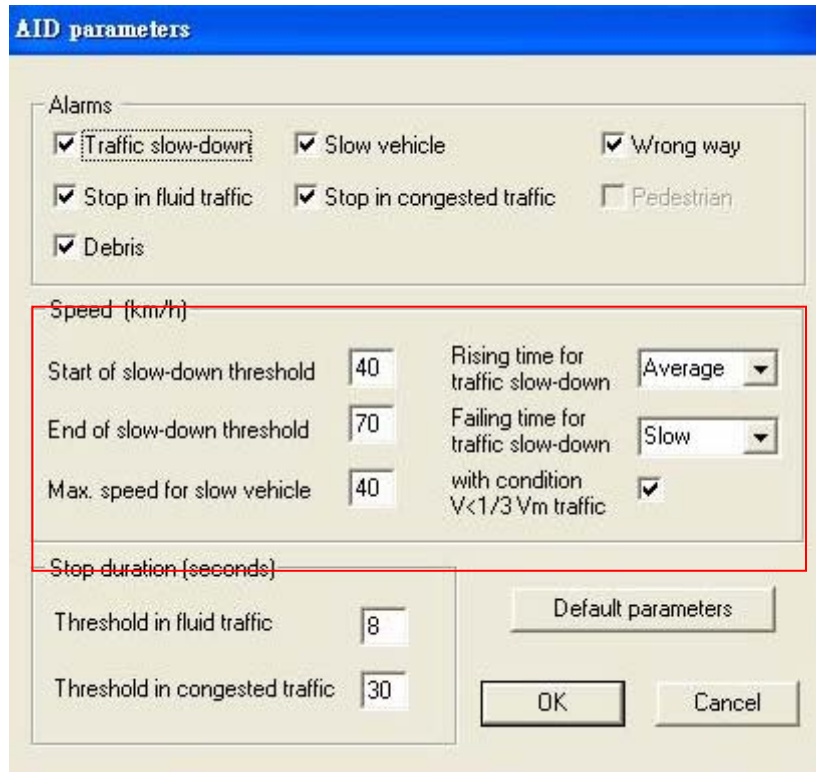


圖 5 慢速車輛偵測參數設定示意圖

### 4.3 行人、機車誤上高速公路及逆向行車

行人、機車誤上高速公路之情形時常發生，險象環生，嚴重時甚至造成行人、機車騎士車禍死亡，惟發現、通報及處理之效率均不預期，主要係警勤主動發現不易、通報系統層轉費時及勤務派遣延時，影像自動偵測系統的應用，即可解決偵測及通報之延遲，提升勤務派遣之效能。

另外，高速公路逆向行駛近年來造成多起重大交通事故，經相關單位召開會議研提改善措施，並由國道公路警察局實施逆向行車攔截實兵演練作業，惟逆向行駛事件仍然持續發生，而國道公路警察局在未即時接獲情資的前提下，根本無法進行有效之攔截作為。因此，追本究源，逆向行駛車輛應該在逆向的第一時間即被偵測並通報，甚至在其逆向處即應有主動、具體之攔停或警告設備，不應讓其進入主線車道行駛，造成危害。影像移動物件追蹤技術，可以將車輛逆向行駛設定為警報事件，於發現時立即發出警示，可以縮短警勤反應時間，降低可能發生的危害，保障用路人行車安全。

## 五、建置考量

### 5.1 結合現有設備

本文所提各項影像移動物件追蹤技術應用，均需透過監視攝影機始可運作，近年來國內不論是在警政治安（天羅地網）或交通控制（ITS）方面，已建置不少

的監視攝影機，故未來有建置必要時，可以考量與現有監視攝影系統整合，提升整提系統效能。

## 5.2 技術考量

### 5.2.1 監視品質

國內監視攝影機雖然架設相當多，不過當事件發生後，通常令人扼腕，因為拍攝畫面品質差，只能知道發生什麼事，卻無法確認人車資料，讓當事人或其家屬空留遺憾，監視攝影機解析度普遍不足為目前多數設備面臨的問題。根據英國 Home Office-Scientific Development Branch 所發行的 CCTV Operational Requirements Manual 將攝影機使用目的（以拍攝人為例）分為四個等級：

監視控制 (Monitor and Control)：人像需佔監視畫面高度 5% 以上，檢控人員可以監看人數及其移動方向與速度，知道有人出現，且不需要搜尋。

偵測 (Detect)：人像需佔監視畫面高度 10% 以上，當警報發出後，監看者可以搜尋畫面，並確認是否有人在場。

識別 (Recognize)：人像佔監視畫面高度 50% 以上，監看者可以高度確認監視畫面中的人與其見過之某人為同一人。

辨識 (Identify)：人像佔監視畫面高度 120% 以上，畫面品質與細節足夠無疑辨識個體身份。

因為交通執法在確認違規行為的同時，也必須要確認其所駕駛車輛之身分（車牌），因此，在監視品質至少要能達到識別 (Recognize) 等級以上，惟監視畫面大小與監視品質高低基本上是成反比的，亦即交通執法用監視器在監視範圍上受到限制，即使是影像自動事件偵測及車輛偵測技術，要達到較佳之偵測效果，其架設建議係監視範圍越大、攝影機位置越高越好。因此，影像移動物件追蹤技術應用於交通執法，必須在可識別車輛前提下，權衡攝影機架設高度與角度。

### 5.2.2 影像壓縮格式

監視品質越高，影像檔案越大，佔用網路頻寬也越大。因此，必須選擇適當之檔案壓縮格式，目前市面上已有新的 H.264 影像壓縮格式，可降低儲存空間與所佔頻寬，在相同的影像解析度之下，使用 H.264 格式壓縮所得出的影像資料量大小，約只有使用 MPEG-4 影像容量的一半。

### 5.2.3 偵測準確率

根據李綱君於隧道影像式環境偵測技術探討一文中提出之結論（道路交通安全與執法國際研討會【95年,p523】），影像偵測技術在非正常車流狀態如交通事件偵測方面，整體偵測結果正確率超過 98%，但在正常車流之交通資料蒐集方面，以車流量、車速兩項基本交通資料為主，在單一攝影機針對三車道總體交通資料與 Loop VD 資料比較分析結果，總體車流量平均正確率僅 81.31%，車速平均 92.04%，正確率偏低，但若以單一攝影機僅配合單一車道之配對式偵測方式，則整體總流量正確率提高為 93.56%，平均車速提高為 96%。因此，在執法準確率需求前提下，單一攝影機監視單一車道之配置方式是必須考量的。



## 六、結論

本文係以國道公路警察局目前取締交通違規所遭遇之瓶頸，尋求現有技術，研提配合執法需求之可行方式，預期未來可以提昇交通執法效能，加強維護高速公路行車安全與秩序。影像移動物件追蹤技術已在自動事件偵測與車輛偵測方面成熟運用，基本上，交通控制與交通執法均以車輛為對象，本文所提其在交通執法方式之概念應有其可行性，惟在監視品質、攝影機架設與方式等方面還有深入探討之空間。

## 參考文獻

1. 孫瑀、許敦淵(2004)，「Citilog 隧道自動事件偵測系統」，九十三年道路交通安全與執法國際研討會論文集，頁 611-624。
2. 李綱、康志福、黃金輝(2006)，「隧道影像式交通環境偵測技術探討」，九十五年道路交通安全與執法研討會論文集，頁 523-530。
3. Federal Highway Administration (1982) Synthesis of safety research related to traffic control and road way elements (2 volumes) . *Report FHWA-TS-82-233*. (FHWA Washington, DC)
4. Home Office-Scientific Development Branch Publication No. 55/06 CCTV Operational Requirements Manual (Version 4.0)

