

夜間路口車輛偵測演算法之研究-以環場影像為基礎

An algorithm of the night vehicle detection in intersection with panoramic images

計劃主持人：范俊海

中文摘要

由於夜間環境照明度不足，及路口車流行為複雜等因素，過去的相關研究大都以白天且晴朗的路段作為研究的對象，對於夜間或是路口的環境鮮少有探討，再者，以往取像時皆將攝影機架設於高樓上，忽略了實務工程上的困難。另外一方面，由於取像的器材難於兼顧整個路口，所以本研究嘗試使用環場影像的取像方法來進行研究。

本研究得到幾點的結論，(1) 夜間路口的光線反應加上轉向的車輛，在偵測效果還有很大的發揮空間。(2) 環場影像的取像工具，並沒有找到適當的器材，因此本研究採用了魚眼相機鏡頭，改變原來所採用的環場相機，結果在測試中只要有兩台的魚眼就可以足夠使用。(3) 本研究採取了類神經網路模式做為切割的平台，目的是為了在往後的即時處理上能提供快速的機制。(4) 本研究在交通參數的偵測上提供了轉向車輛數以及車種的判別，但在車速上由於幾何的問題和光線的不確定，這方面底確是需要改進的。(5) 夜間路口的光學問題是值得挑戰的，本研究得到更深入的問題和初步的成果，提供未來自動化的更進一步的基礎

關鍵字：夜間偵測、類神經網路、亮塊群聚、車輛種類、轉向交通流量

Abstract

This article tries to develop an intersection vehicle detection system at night. So we must solve some issues including the reflecting of light, the moving of vehicles, the turning of vehicles and the positioned of detectors. The research got the following some results. Firstly, we successfully segmented the light points. But we can not solve the correspondence problems. Secondly, we adopted two fish-eye cameras to catch the intersection images. We successfully covered an integrated intersection. Thirdly, we built an algorithm of segmentation with neural network model. Fourthly, we detected some traffic parameters including the number of turning vehicles, the kinds of vehicles and the trajectories of vehicles.

Keywords: night detection, neural network, the grouping of light points

1. 簡介

影像式偵測器能夠獲得許多傳統偵測器所無法收集之交通參數，且影像式偵測器具有成本低廉、裝設與維修容易等優點，故利用影像處理的方式析出時所需之交通參數，是更有效率、更符成本的趨勢。此外，由於考量到影像偵測器架設高度、角度的實用性，及一般傳統影像偵測器的視角無法涵蓋路口等限制因素，本研究在影像偵測器上加裝魚眼（Fish-eyes）鏡頭，以期藉由於眼鏡頭的特性進而改善視角的限制。

夜間偵測的成敗取決於特徵的切割，以夜間車輛為例，其最明顯的特徵不外乎是車燈、車體反光與地面反光等，然而，由於路口車輛行為相較於路段車輛行為更為複雜，因此，如何在夜間路口的複雜環境中精確切割出特徵，是本研究所要克服的第一個難題，對此本研究提出類神經切割法以獲得夜間路口車輛特徵，其切割結果顯示優於以往的經驗法則、統計方法等切割法。此外，夜間光源的不穩定性與路口車輛轉向行為，皆會造成車輛特徵的切割隨著時間軸而變化，因此，如何將屬於同一輛車之車輛特徵予以群聚，是本研究所面臨的第二個難題，對此本研究利用亮塊移動速度與亮塊間距離，發展一兩階段之亮塊群聚法，其研究結果顯示在處理低密度交通流量時有不錯的效果。

本研究是處理夜間路口交通參數的析出，所面臨的是偵測範圍廣闊與四周光源複雜的情況，本研究主要的目的可以歸納為下列幾點：

1. 精簡調查設備，擬以兩支加裝魚眼鏡頭的影像偵測器處理整個路口。
2. 發展兼具普及性與實用性之夜間路口偵測車輛交通參數之系統。
3. 建立路口自動執法與肇事紀錄之平台。

2. 文獻回顧

夜間偵測在國內文獻方面有王勝石【1】、郭志文【2】、郭怡雯【3】、莊盛淵【4】等人研究，其中又以莊盛淵【4】的研究最為深入、廣泛；而國外文獻方面【5】、【6】、【7】、【8】、【9】等皆提到，一般在夜間或是照明度較暗的情況下，唯一突顯的視覺特徵為路燈、車燈與其光柱等，他們認為夜間影像並不適合用移動偵測演算法，故皆採車燈作為其特徵樣板進行匹配。此外，路口偵測方面，僅有林志宏【10】以光流理論為基礎進行日間路口車輛的偵測與追蹤。表 2.1 所示為國內相關文獻的彙整表。

在影像式偵測器佈設方式方面，以面偵測方式所能夠獲得的資訊最為豐富，然而，利用面偵測方式於路口偵測時，容易受到偵測器架設位置，或是路口各方向幾何設計、車道數等因素的影響，造成無法以單純的矩形偵測處理之，此時，

表 2.1，國內相關文獻彙整表

作者	車輛偵測方法	車輛追蹤特徵	偵測器佈設方式	車種分類依據	析出交通參數
鍾隆文(民國79年)	背景相減法	形狀特徵(車輛)	面偵測	車輛長度	車流量;車輛種類;車速
曾仁松(民國81年)	極大熵二值化影像切割法	-	線偵測(橫)	車輛長度	車流量;車輛種類;車速;車頭距
翁森柏(民國82年)	背景相減法	空間特徵(灰度值)	線偵測(十字)	車輛長度	車流量;車輛種類(小型車、大型車);車速
廖明燦(民國83年)	背景相減法	-	點偵測(車道-偵測點-縱)	車輛長度	車流量;車輛種類(小客車、大貨車、大型車)
林志宏(民國85年)	Sobel 濾波器	形狀特徵(角點)	面偵測	車輛長度 寬度取大者	車流量;車輛種類;車速
郭志文(民國87年)	像素值變化(色彩濃度)	-	線偵測(橫)	車輛長度	車流量;車輛種類;平均車速;密度;平均車間距;平均車頭距;佔有率
徐天行(民國88年)	背景相減法	空間特徵(灰度值)	面偵測	車輛面積	車流量;車輛種類;平均車速;平均車間距;平均車頭距;佔有率
張文彥(民國88年)	背景相減法	-	面偵測	車長為主,車寬為輔	車流量;車輛種類
莊盛淵(民國91年)	連續影像相減法	形狀特徵(車燈)	面偵測	車尾燈寬度	車輛數;車輛種類;車速

就必須採用多邊形偵測的方式佈設，在操作與運算上都更顯得困難。此外，面偵測方式最大的缺點就是資料運算量大，為了改善運算速度緩慢的窘境，可以利用間隔掃描的方式代替逐點掃描。表 2.2 為影像式偵測器的相關彙整表。

3. 夜間路口特性之探討

所謂「夜間」是表示一天之中日落一直到日出之間的時段，為了行車安全起見，在這段時間內車輛必須亮燈的時間，經由天文年鑑【11】的統計結果，本研究將訂定晚上 18:49(日落時間最晚)至次日凌晨 5:03(日出時間最早)為「夜間」的時段，即本研究所研究的時段。

表 2.1，國內相關文獻彙整表

型式	可獲得之交通參數	優點	缺點	改善方法
影像式偵測器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 車輛數 2. 車輛速率 3. 車輛佔有率 4. 瞬間交通密度 5. 等候線長度 6. 轉向流量 7. 車輛種類 8. 延滯 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過處理可加快偵測速度 2. 提供事件偵測所需之影像 3. 可偵測多車道，或因需求改變偵測區之大小、區位及形狀 4. 安裝與維修時不會阻礙交通 5. 可蒐集多種車流資料、事件偵測、車輛追蹤等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 白天、夜間必須使用不同之偵測演算法 2. 轉換時段內可能產生資料的誤差 3. 對大氣中的模糊物體，及對比的天候敏感 4. 陰影與反光可能產生誤判 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用色階辨識技術 2. 使用 PTZ 記憶裝置 3. 處理器控制技術

然而，夜間的車流影像之中，一些白天車流影像中所輕易可見的特徵（如：車長、車寬、車體面積...）會由於照明度較差的結果，導致無法輕易的採用，此外，加上路口車流交織情形頻繁，及路燈、路樹等複雜的路口環境，都會造成夜間路口偵測上的困難。因此，本研究以路口光源、車流行為、路口環境等三個因素為出發點，試圖歸納出夜間路口車流影像具有的特性，在瞭解影響夜間路口偵測的相關因子後，才能進一步建構出夜間路口偵測與追蹤車輛之模式。

3.1 路口光源特性

正因為夜間路口影像的諸多光源，及其所發出的眾多亮點，所以在建構夜間路口偵測模式之前，勢必要對夜間影像中「光源」所具有的特性，作一個徹底的分析與探討。圖 3.1 所示為路口光源影響示意圖。

1. 夜間路口光源偏暗
2. 車燈、路燈等照射在地面上所形成的路面反光
3. 車燈、路燈等照射在車輛上所形成的車體反光
4. 光線照射物體造成地面上的陰影
5. 車燈對影像偵測器的泛光



圖 3.1，路口光源影響示意圖

3.2 車流行為特性

以路段車輛而言，其具有行為規律、方向大致相同、順時變動少、偵測較為容易等特性，即便是在照明度不佳的夜間路段偵測，也能穩定將車頭燈或是車尾燈的輪廓切割出來；然而，路口車輛之行為瞬息萬變、方向分歧、交織情況嚴重，以十字型交叉路口為例，四個臨近方向（Approach）便至少有十二種完全不同的運動方向，在偵測上較路段困難許多。圖 3.2、3.3 所示為車流行為影響示意圖。

1. 路口車流交織情形明顯
2. 後車超越前車
3. 車輛迴轉的行為
4. 不守規則的路口停等行為
5. 車輛間的遮蔽



圖 3.2，車流行為影響示意圖



圖 3.3，車流行為影響示意圖

3.3 路口環境特性

隨著路口環境的不同或是改變亦會造成偵測工作上的複雜程度。有關路口環境影響示意圖請參見圖 3.4 所示。

1. 路燈、路樹等造成路面的遮蔽
2. 標線、路面積水等的影響
3. 路口幾何設計的不規則形狀
4. 車體、安全帽、機車騎士衣服之顏色



圖 3.4，路口環境影響示意圖

4. 偵測器佈設之探討

由於本研究的對象為夜間路口車輛之偵測，重點則著眼於車輛偵測系統的實用性與一般性，因此實際在路口拍攝車流影像時，必須同時兼顧到取像時攝影機架設的位置、高度以及攝影機所能觀測到的範圍。本研究使用兩支攝影機（配合魚眼鏡頭的使用）並分別架設在路口相對的轉角處，以獲得整個路口的影像資訊，本研究的取像示意圖如圖 4.所示：

本研究配合路口幾何與時制設計的特性，將路口的 12 個轉向方向畫分為兩部分（各 6 個方向），並分別由一台攝影機負責一個部分的車輛偵測工作，即一個路口的車輛偵測工作由兩台攝影機共同完成。首先將路口時相分為南北向與東西向，並依時相的改變進行不同路口方向的車輛偵測工作。

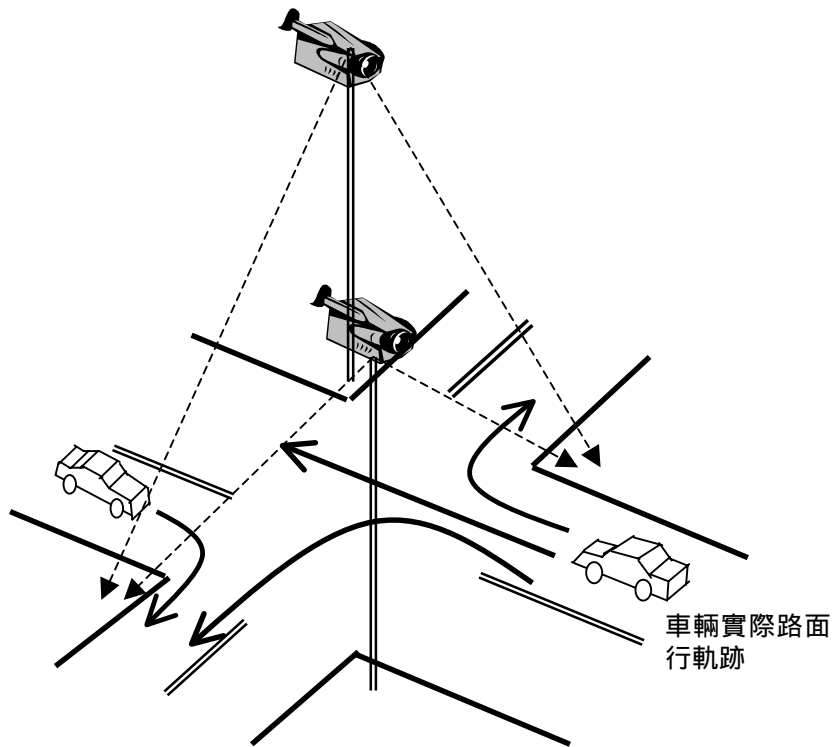


圖 4.1，路口取像示意圖

東西向

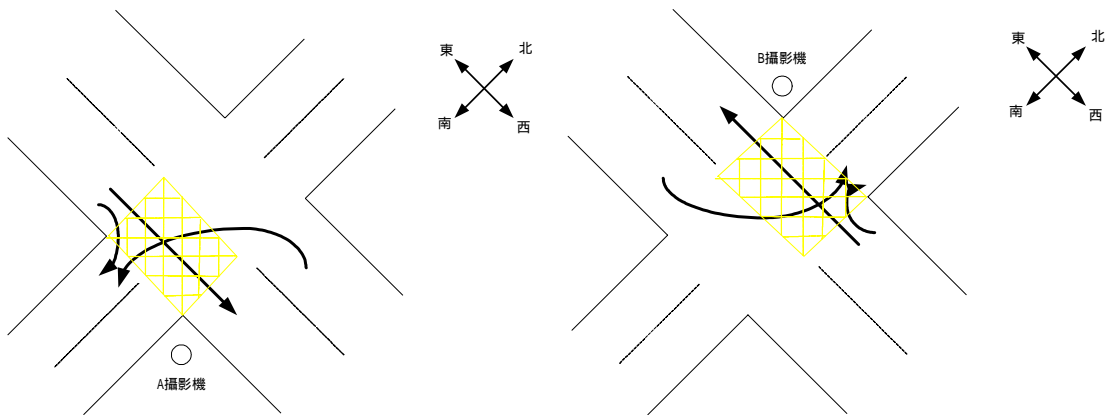


圖 4.2，南北時相偵測示意圖 (A)

圖 4.3，南北時相偵測示意圖 (B)

以 A 攝影機為例，本研究劃分車輛偵測方向的依據如下 (B 攝影機設置於路口對角，其所考量的車輛偵測方向與 A 攝影機是相對的)：

1. 南北時相

- 由南到北的車輛會受到對向 (由北到南) 來車車頭燈炫光，及車頭燈對攝影機泛光的影響，且當車輛通過路口一半時，若對向車有轉彎的情形 (由北到西) 則又會有遮蔽的狀況發生，上述因素皆容易導致車輛追蹤與車種分類的困難，故此方向由 B 攝影機偵測之。

- 由南到東的車輛同樣會受到對向來車車頭燈炫光，及車頭燈對攝影機泛光的影響，且此時車流交織的情況較為複雜，故此方向亦由 B 攝影機偵測之。
- 由北到東的車輛由於距離 A 攝影機太遠了，在幾何扭曲與解析度降低的情況下，喪失了車輛大部分的資訊，增加了偵測工作的困難，故此方向仍由 B 攝影機偵測之。

● 南北向

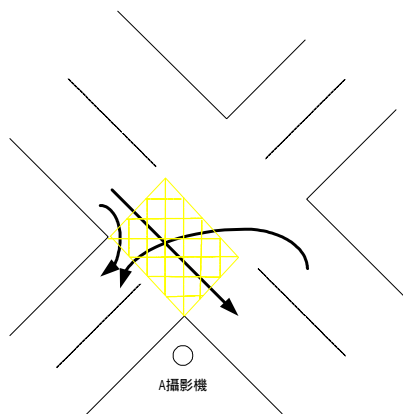


圖 4.4，東西時相偵測示意圖 (A)

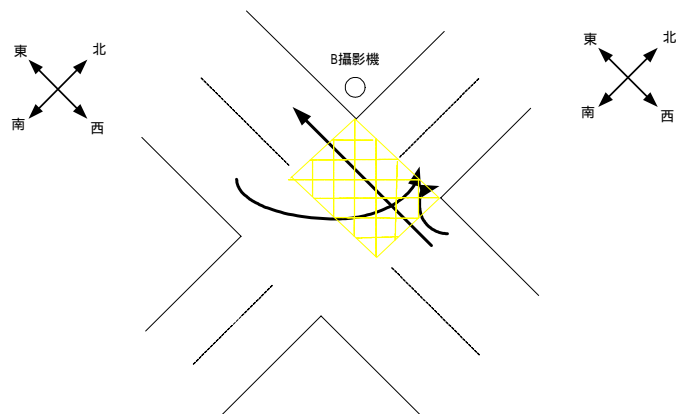


圖 4.5，東西時相偵測示意圖 (B)



2. 東西時相

- 由西到東的車輛可能會受到由東到西、由西到南與由東到北等方向車輛遮蔽的影響，此時車流行為太過複雜，且解析度降低，不利 A 攝影機進行車輛偵測的工作，故此方向由 B 攝影機偵測之。
- 由東到北的車輛容易受到由東到西、由西到南等方向車輛遮蔽的影響，且當車輛通過路口一半時影像解析度降低，故此方向由 B 攝影機偵測較為適當。
- 由西到北的車輛由於距離 A 攝影機太遠了，在幾何扭曲與解析度降低的情況下，喪失了車輛大部分的資訊，增加了偵測工作的困難，故此方向仍由 B 攝影機偵測之。

5. 模式構建

本研究中所構建的夜間路口車輛偵測模式，主要可分為夜間車輛特徵切割演算法、亮塊群聚演算法、夜間車輛追蹤演算法，及交通參數析出演算法等四大部

分。

5.1 夜間車輛特徵切割演算法

夜間影像偵測系統成功的先決條件，是能夠精確、完整地切割出車輛的特徵，若能有效切割出特徵將有利於後續的車輛追蹤，及車種分類。鑒於夜間路口複雜的車流行為、路口環境與光源，本研究採用倒傳遞網路（Back-Propagation Network）的架構進行夜間車輛的特徵切割，藉由類神經網路訓練與學習的過程，改善以往經驗門檻值及統計門檻值的切割方法。

輸入層為像素點的 B、G、R 值，共三個輸入變數；隱藏層的層數與處理單元數皆是由試誤法所決定的，經由實驗顯示一層四個處理單元的隱藏層，即可達到不錯的切割效果；輸出層有兩個處理單元，分別代表車輛特徵（設為 1）與背景（設為 0），利用競爭化的方式決定像素點的輸出。

有關類神經切割演算法的主要步驟可歸納如下：

步驟 1：隨機設定連結權重值與門檻值。

步驟 2：分別將 B、G、R 值 0~255 的值域轉換為 0~1 的值域，並令其作為輸入層的輸入向量。

步驟 3：根據目前的權重資料求得網路的實際輸出向量。

步驟 4：計算實際輸出向量與理論輸出向量之差異。

步驟 5：調整網路的連結權重以降低網路的能量函數。

步驟 6：重複步驟 2 到步驟 5，直到所有訓練（train）範例均完成學習，並符合測試（test）範例的收斂條件。

步驟 7：利用經過學習後的網路權重值與門檻值，進行車輛特徵的切割。

5.2 亮塊群聚演算法

當類神經切割法將夜間路口車輛特徵切割出來後，接下來所要處理的問題便是如何把屬於同一輛車的亮塊歸為一類，然而，在進行亮塊群聚演算法前，由於夜間路口特性的影響，造成所擷取的影像會受到雜訊的干擾，直接影響到夜間路口車輛特徵的切割效果，故在進行亮塊群聚演算法前，本研究中採用了中間值濾波法（Median Filter）與區塊門檻值法（Block Threshold），分別進行雜訊消除及

亮塊過濾的工作。

本研究所構建的亮塊群聚法是屬於一兩階段之模式，首先利用同一亮塊之重心座標在前後畫格的位置變化量，計算出亮塊的移動速度，並依亮塊的移動速度作為分群門檻，將不同路口運動方向的車輛區分出來，之後再加以各運動方向各亮點之間距離，作為群聚工作中第二個門檻，將同運動方向中的個別車輛予以群聚。

5.3 夜間車輛追蹤演算法

在五所要處理的工作是辨識出前後影像中相同的車輛，即解決『誰是誰』的問題。由於本研究所處理的是每秒 30 張的連續影像序列，在時間間隔 1/30 秒如此短的時間內，影像上的車輛是不可能有大角度的移動，再者研究的對象為夜間路口車輛，故車輛的速度也不至於過快，因此，本研究採取區域基礎追蹤 (Region Based Tracking) 的方式進行夜間車輛追蹤的工作。

當亮點群聚法切割出完整的車輛 (A) 後記錄其重心座標 $G_t(x, y)$ ，並以該座標為中心，而上、下、左、右各 k 像素的正方形區域為搜尋的範圍，若在此範圍內搜尋到上一張影像中車輛 (B) 的重心座標 $G_{t-1}(x, y)$ ，則可視 A、B 兩車為同一台車。由於夜間路口車輛特徵切割的不穩定性，故研究中 k 值設定為 20 像素以符合現狀使用。

5.4 交通參數析出演算法

5.4.1 車輛種類

由於路口車輛之運動行為不似路段車輛般僅有一維的運動，路口車輛是具有轉向的運動行為，因此，除了一維的移動外，路口車輛亦包括了二維的轉動。針對路口車輛移動與轉動的行為，若僅以車輛長度或是車輛寬度作為車種判斷基礎時，可能會發生較大的誤差，故本研究擬以在亮塊群聚後所獲得之車輛範圍，再取水平線與垂直線之中長度較大者，作為判斷車輛種類的依據。

研究中為了避免車輛不完全進入偵測區，及亮塊切割不穩定性時，所可能造成的誤判，故在記錄車種分類的特徵上，本研究以只允許『升級』的方式進行特徵之更新。另外，本研究雖然配合魚眼鏡頭進行取像的工作，但礙於系統效率的考量，及系統所求之交通參數並不仰賴幾何之精確度，故研究中並不將魚眼影像還原為一般影像，亦不進行一般影像與真實世界之校估工作；至於車種分類門檻值的設定，將依照不同運動方向的不同扭曲程度，直接訂定適當之門檻值。

5.4.2 轉向交通流量

本研究判斷轉向交通流量的方法，為在偵測區內輔以偵測線的方式，利用直線方程式判斷車輛重心的行經與否，以記錄車輛進入及離開偵測區的方向，作為判斷轉向的依據。

此外，利用偵測線判斷轉向交通流量的方式，亦可以避免系統發生誤判的情形，即當車輛從某一偵測線進入到由另一偵測線離開後，系統會進行車種的分類與該轉向交通流量的計算，然而，此時該車輛的部分亮塊仍可能會停留在偵測區內，導致系統將這些亮塊判讀為另一台車，故利用進入、離開偵測線的判斷方式，可以使系統將這些亮塊判定為雜訊（即僅記錄了行經一個偵測器的資料），而不予處理。

6. 實證分析

本研究用來撰寫夜間路口交通參數偵測系統之程式語言，係採用具有物件導向（Object Oriented Programming, OPP）觀念之程式語言 Boland C++ Builder 6.0 進行開發。實證地點為南北向路寬約 20 公尺、東西向約 40 公尺之路口，拍攝時間為晚上 9 點，攝影機架設高度為 6.3 公尺、拍攝傾斜角度約為 60 度角。

經過實例驗證之後，大型車、小型車與機車之辨識正確率，分別為 71 %、86 % 及 82 %，而轉向交通流量偵測正確率方面，南北時相之大型車、小型車與機車的偵測正確率，分別為 67 %、83 % 及 87 %；東西時相之大型車、小型車與機車的偵測正確率，分別為 80 %、98 % 及 75 %。歸納系統偵測失敗的原因，除了車輛特徵受到轉向行為與外在光源的影響而消失外，絕大部份的誤判還是因為車輛遮蔽情形之發生而導致。

7. 結論

本研究目的在於發展兼具普及性與實用性之夜間路口車輛偵測系統，實驗結果顯示在複雜環境如夜間路口下，仍可獲取車輛種類與轉向交通流量等交通參數，但僅適用於低密度交通流量之情況下，在中、高密度交通流量下則效果不佳；探究偵測失敗原因，可以得知車輛遮蔽情形與攝影機架設高度是損益兩衡（trade-off）的關係。

為了精確、完整切割出夜間路口車輛特徵，本研究利用類神經網路發展了類神經切割法，而研究結果亦顯示類神經切割法能夠有效改善過去以經驗法則，或是統計方法為基礎的切割模式，唯網路學習所需之訓練檔與測試檔的建立，必須有效反映現實狀況。類神經切割法雖然可以獲得更佳的夜間路口車輛特徵切割效果，然而，類神經切割法在電腦運算效能上亦付出較大的運算成本，如何改善類

神經切割演算法運算效能，以達到即時偵測的目標，是日後研究的重點。

此外，以亮塊間距離為群聚依據之亮塊群聚法，在中、高密度交通流量時，會因群聚錯誤而發生嚴重的誤判；因此，如何利用夜間路口車輛特徵的特性，發展出最佳的群聚演算法，以改善現有的亮塊群聚法，是日後系統改善的目標。

參考文獻

1. 王勝石，影像處理與類神經網路整合模式應用於車種分類之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 84 年 7 月。
2. 郭志文，應用彩色影像辨識技術於交通車流參數之蒐集與分析，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
3. 郭怡雯，利用模糊類神經網路加強彩色影像車輛偵測，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 90 年 6 月。
4. 莊盛淵，夜間車流影像之車輛分類與追蹤之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文，民國 91 年 1 月。
5. R. Taktak, M. Dufaut and R. Husson., Vehicle Detection at Night Using Image Processing and Pattern Recognition, Image Processing, 1994. Proceedings. ICIP-94., IEEE International Conference, Volume:2, pp.296-300 vol.2, 1994.
6. Cucchiara, R.; Piccardi, M.; Prati, A.; Scarabottolo, N., Real-time detection of moving vehicles, Image Analysis and Proceeding, 1999. Proceedings. International Conference on, 1999, pp.618-623, 1999.
7. Rita Cucchiara, Massimo Piccard, Paola Mello., Image analysis and rule-based reasoning for a traffic monitoring system, IEEE Transaction on intelligent transportation system, vol.1, No.2, pp.119-128, June 2000.
8. 若松久仁男 羽島公二, ITV 分野應用道路管制畫像處理裝置, Toshiba Rebyu, Vol.40 ,No.8, pp.677-679, 1985.
9. 山平拓也, 6-2 道路狀況監視, Terebijon Gakkaishi, Vpl.41, No.10, pp.945-949, 1987.
10. 林志宏，視覺化偵測路口內車輛轉向參數之研究，淡江大學土木工程研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
11. 台北市立天文科學教育館，天文年鑑 2003，民國 92 年。