

## 應用模糊群聚理論發展夜間車輛偵測模式之研究

### Developing The Vehicle Detection Model at Night Applied on Fuzzy Clustering Theory

范俊海 Chun-Hai Fan<sup>1</sup>

賴文復 Wen-Fu Lai<sup>2</sup>

#### 摘要

影像式偵測器具有裝修容易、成本低廉等優勢，適合發展為道路上交通參數的蒐集工具，然而，由於夜間照明度不足與光源複雜等因素的影響，以往研究對象大多是針對日間且天氣良好的環境，對夜間車輛偵測的領域較少著墨；在夜間複雜的環境中無法有效將車輛完整切割出來，是故只能針對其亮塊特徵進行分群歸類，但是當偵測區中同時有一車輛以上的情況時，便難以將其區別進而個別追蹤處理。因此，本研究希望藉由彩色影像所提供的較多特徵資訊，並利用模糊系統處理亮塊特徵間模糊不清的關係，以進行夜間偵測系統構建的探討，包括夜間車輛特徵切割模式、模糊亮塊群聚模式、夜間車輛追蹤模式及交通參數析出模式等，經實驗結果顯示本研究的準確率可以達到 86%。

**關鍵字：**夜間偵測、特徵切割、連續影像相減法、模糊系統

#### Abstract

Due to insufficient illumination and complicated light source, the former research focus on cloudless and sunny conditions. There are few research studied on vehicle detection at night. Because of these are ineffective segmenting vehicle

<sup>1</sup> 淡江大學運輸科學研究所副教授，chunhai@mail.tku.edu.tw

<sup>2</sup> 淡江大學運輸科學研究所研究生，691540024@s91.tku.edu.tw



from complicated conditions, so we only clustering by there block features. However, we can't identify and track vehicles separately when over one vehicle in detection area. Therefore, our research want to develop vehicle detection system at night, which according to the more feature information of color images, and use fuzzy theory to deal with the blurred relationship between blocks. There are four main models in our system, including night vehicle feature segmenting model, block fuzzy clustering model, night vehicle tracking model and traffic parameters extracting model. By experimenting process, the correct rate of our system is 86% .

**Key Words :** *Night Detection*、*Feature Segmentation*、*Interframe Differencing Method*、*Fuzzy System*

## 壹、緒論

隨著智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 的蓬勃發展，著實為大眾帶來了更即時、更豐富的資訊，除了造福民眾行的便利外，亦減少了社會成本無謂的浪費；然而，資訊提供的完整性與精確性，直接取決於交通參數等資料的蒐集，因此，如何利用大量、低成本且兼具穩定性與有效性的偵測器，作為前端蒐集資料的工具，以確保後續相關資訊提供的完整性與精確性，一直以來是個極需探討的課題。在眾多偵測器中，唯有影像式偵測器具有裝設與維修容易、成本較低等優勢。然而，早期影像處理技術的應用受到影像處理設備成本昂貴，以及電腦處理速度緩慢的影響，僅侷限於某些領域，直至 70 年代以後，隨著影像處理理論的日漸茁壯與硬體設備的迅速發展，使得影像處理技術在交通領域上的應用得以迅速發展【1】。

以往有關影像式偵測器的研究大都是針對日間且天氣良好的環境，甚少對夜間的環境進行探討。由於夜間的偵測工作不似日間光源充足，其照明度不足與光源複雜等影響，導致綜括路燈、車燈、車燈照射在路面的反光、車體的反光等情形，故在處理上較日間更為困難；Taktak R【2】及 Cucchiara R【3】【4】等人皆提及夜間影像所具有的資訊與白天影像不同，不適合使用相同的演算法，一般而言，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。在夜間影像偵測工作中，所遭遇的最大挑戰就是無法完整將一輛車從影像中切割出來，必須藉由亮塊歸屬的方式合併多個亮塊為一輛車，然而，以往使用距離門檻值法或是依特徵變化量分群的方式，皆不易處理多車輛的情況。



因此，本研究希望藉由彩色影像所提供的較多特徵資訊，及利用模糊系統處理亮塊間模糊不清的關係，進行夜間偵測模式構建的探討。本研究的目的主要可以歸納如下：

1. 應用人工智慧 (Artificial Intelligence) 構建夜間車輛偵測模式，以期影像式偵測器的使用不受限於夜間環境。
2. 利用夜間車輛偵測模式蒐集所需之交通參數，以期增進後續資訊提供的完整性與精確性。

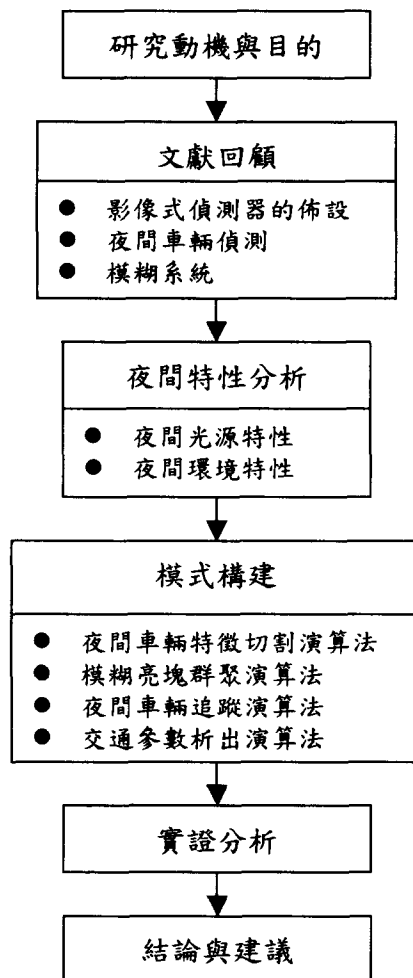


圖 1、研究流程圖



3. 發展夜間車輛偵測演算法，改善影像式偵測器的限制性，以期增進影像處理技術於車輛偵測的實用性與完整性。

本研究的研究架構如圖 1. 研究流程圖所示，首先是研究動機與目的，第二部份文獻回顧中主要回顧有偵測器的比較、車輛偵測、車種分類與車輛追蹤，在第三部份探討了夜間特性對偵測工作的影響，而第四部份主要構建有夜間車輛切割、模糊亮塊群聚、夜間車輛追蹤及交通參數析出等模式，再來是實証分析，最後是結論與建議。

## 貳、文獻回顧

### 2.1 影像式偵測器的佈設

影像式偵測器佈設方式主要分為點偵測、線偵測及面偵測等三種方式，如圖 2 所示，依影像偵測器佈設方式的特性，配合不同的影像處理方法，即可達到車輛偵測的目的。以下將詳細分別說明各種影像式偵測器佈設方式，並將不同佈設方式的優缺點彙整於表 1。

#### 1. 點偵測

在車道上的某一部分擷取類似矩陣的樣本點，當影像上有車輛通過時，樣本點的灰度值將與原先路面的灰度值有所不同，若兩者相減的統計值超過某一門檻值，即表示車輛的存在。

#### 2. 線偵測

此法是於垂直或平行車流的方向，佈設由一連續像素所組成之虛擬偵測線。一般由亮點來組成，以方便區隔路面與偵測線的像素深度。當車輛通過偵測線時，線上的灰階值與沒有車輛通過路面時有差異；若灰階值的差異大於某門檻值，則表示有車輛通過。

#### 3. 面偵測

不同於點偵測與線偵測的方式，面偵測乃是對整個偵測區進行偵測的工作，透過面偵測的方式能夠得到更多的影像資訊，進而提供更多的交通參數，如車輛行駛軌跡、車頭距等。此外，面偵測能夠有效區別同時到達之車輛



，以確保車種分類的正確性。

表 1、影像式偵測器佈設方式比較表

	點偵測	線偵測	面偵測
優點	1.偵測器佈設簡單 2.資料量少，處理速度快	1.偵測器佈設簡單 2.資料量少，處理速度快	1.可以進行車輛追蹤 2.可以獲得更豐富的資料
缺點	1.無法獲得車輛行駛軌跡的資料 2.無法有效辨識車種 3.容易受到雜訊影響	1.無法獲得車輛行駛軌跡的資料 2.無法有效辨識車種	1.偵測器佈設困難 2.資料量大，處理速度慢

點偵測與線偵測的方式雖然可以增快處理速度，然而，藉由較少的影像資訊所析出的交通參數，其可靠度在夜間環境將大打折扣，且所能獲得的交通參數亦有限；因此，本研究將以面偵測方式作為偵測器的佈設，以期獲得更豐富、更精確的交通參數資料。

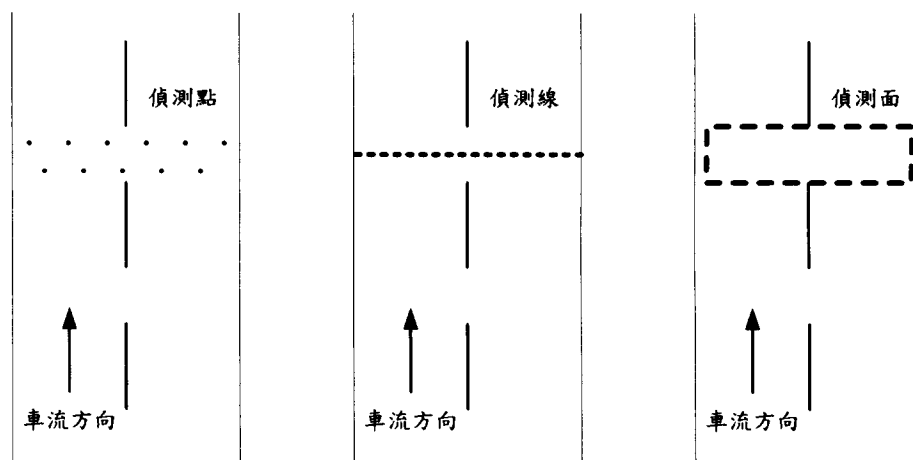


圖 2、影像式偵測器佈設示意圖

## 2.2 夜間車輛偵測

一般而言，夜間車輛偵測工作所要克服的主要有兩大問題，一是如何切割出夜間車輛的特徵？二是如何將這些零散的特徵歸屬為同一輛車？針對夜間車輛偵測方法的探討，若松久仁男【6】等人、莊盛淵【7】是以紀錄車尾



燈的方式，進行夜間或是隧道內的車輛追蹤工作；山平拓也【8】提出在夜間利用車頭燈辨識的方法；郭志文【9】則是利用虛擬偵測線灰階值的變化量，進行路段上車輛的偵測。

### 2.3.1 夜間車輛特徵切割

在眾多的門檻值切割法中，以 1979 年歐茲 (Otsu) 所提出的切割理論最佳，Otsu 門檻值法是利用統計上的判別分析理論作為選擇最佳門檻值的原理基礎，即在進行影像切割時，依目標物與背景的不同群組分隔下，選擇一具有群組內變異數最小 (如公式 1)，或群組間變異數最大 (如公式 2) 之門檻值作為切割標準，一般皆以選擇群組間變異數最大作為目標函數。

$$\sigma_w^2 = W_o * \sigma_o^2 + W_b * \sigma_b^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_B^2 = W_o(\mu_o - \mu_T)^2 + W_b(\mu_b - \mu_T)^2 \dots\dots\dots (2)$$

公式 1 中  $\sigma_w^2$  表示群組內之變異數， $W_o$  與  $W_b$  分別為目標物與背景所佔的像素個數比例， $\sigma_o^2$  及  $\sigma_b^2$  則分別為目標物與背景的變異數；公式 2 中  $\sigma_B^2$  表示群組間之變異數， $W_o$  與  $W_b$  意義如公式 1 所述， $\mu_o$ 、 $\mu_b$  與  $\mu_T$  分別為目標物、背景與整張影像的平均值。

此外，著眼於夜間特徵的特性，即僅需要保留高灰階值的部分 (車燈等亮塊)，至於低灰階值的部分則沒有使用到，故莊盛淵於 2002 年提出切線斜率次小值切割法 (SMS)；SMS 法係利用計算累積次數百分比中每 1% 的斜率 (由 99% 依序往下計算)，並以斜率值最小的灰階值作為門檻值，SMS 法的操作如公式 3 所示：

$$S_{\frac{g_h^p + g_l^p}{2}} = \frac{1}{g_h^p - g_l^p} \dots\dots\dots (3)$$

上式中  $S$  代表斜率， $g_h^p$  與  $g_l^p$  分別為累積次數百分比  $P$  之最高灰階與最低灰階值，其停止條件為  $\frac{g_h^p + g_l^p}{2}$  大於等於整張影像之灰階平均值。

### 2.3.2 夜間車輛特徵群聚

由於在夜間環境下難以將車輛完整從影像中切割出來，故僅能獲得一些瑣碎的車輛特徵 (以下稱這些車輛特徵為亮塊)，因此，所面臨的問題是該如



何將同一輛車的亮塊予以群聚。由於夜間路口車輛偵測工作是屬於即時且動態的，無法在處理影像前事先給定一預定之分群數目，因此，如 k-means、模糊 c-means 等需要有一確定分群數目的演算法，便顯得不符使用；另外，亮塊間的群聚工作並不單僅是辨別資料的空間分布，如何在空間中依不同車輛種類進一步群聚亮塊，是本研究極欲突破的難題。

在未知分群群數的前提下欲將亮塊予以歸類，一般而言，就簡單的處理方式就是利用距離門檻值 (Distance Threshold) 的設定方式，即設定一基點，並將距離在門檻值內的亮塊全部分為同一群，然而，這種方式過於粗略且門檻值的設定不易，無法有效區別出距離過近的小汽車與汽車。此外，亦有利用前後序列影像中亮塊間間距變化，及亮塊間角度變化為依據，進行亮塊群聚的工作。

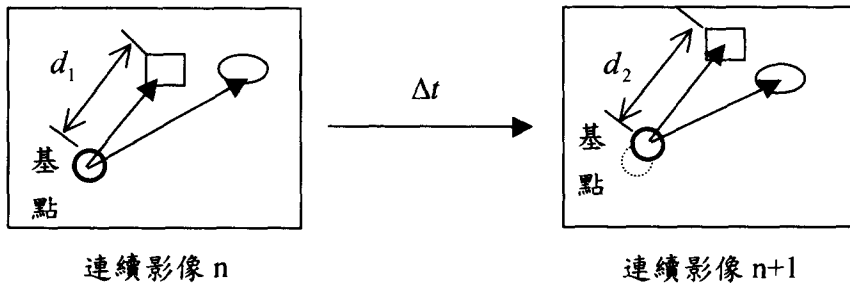


圖 3、亮塊間間距變化示意圖

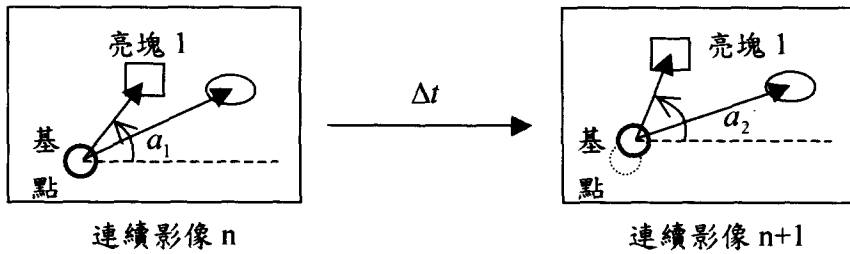


圖 4、亮塊間角度變化示意圖

如圖 3、圖 4 所示，若連續影像  $n$  與連續影像  $n+1$  之間基點與其他亮塊的間距變化，及角度變化皆維持在一門檻值 ( $T$ ) 內，則可將這些亮塊歸屬為同一台車，其計算公式表示如公式 3。

$$\text{If } |d_1 - d_2| \leq T \ \&\& \ |a_1 - a_2| \leq T \ \text{then 基點} \cap \text{亮塊 1} \dots\dots\dots (3)$$



## 2.3 模糊系統

自從 1965 年美國加州大學柏克萊分校的 L.A.Zadeh 教授提出模糊集合 (Fuzzy Set) 的概念以來，模糊理論 (Fuzzy Theory) 便開始蓬勃發展。模糊理論強調人類的知識大部份都可以用語言來表達，也就是能夠將所有的知識領域加以模糊化，其特色較偏重於人類的經驗及對問題特性的掌握程度，而不主張用繁雜的數學分析與數學模式來解決問題，模糊化的優點是可以提供更佳的推廣性、錯誤容忍性，及更適合應用於真實世界中的非線性系統。

模糊系統的基本架構 (如圖 5 所示) 主要可以分為：(1) 模糊化介面 (Fuzzifier Interface)、(2) 知識庫 (Knowledge Base)、(3) 模糊引擎 (Fuzzy Inference Engine)、(4) 解模糊化介面 (Defuzzifier Interface) 等四個部份，分述如下：

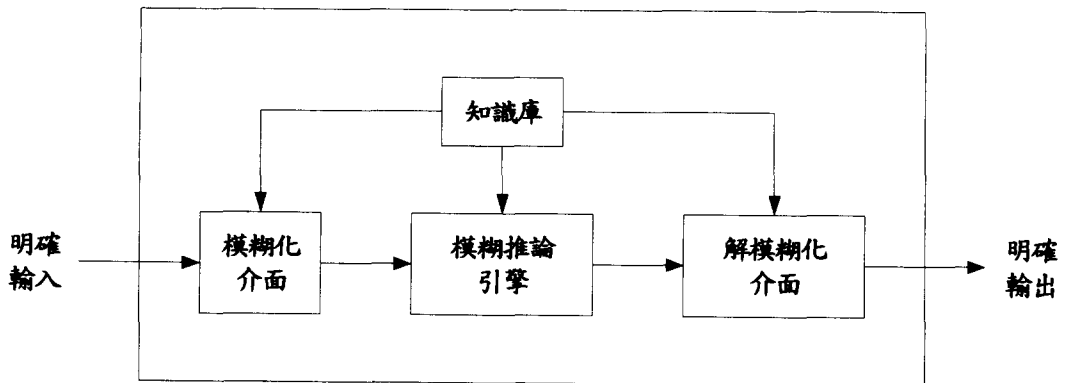


圖 5、模糊系統示意圖

### 1. 模糊化介面

模糊化介面的功能是将外界输入之明确值，转换为适合的模糊变数，并选取适当的模糊集合与论域 (universe of discourse)。当设定好输入变数后，将输入变数的范围量化且映射到对应的模糊集合。

### 2. 知識庫

在知識庫中包含了規則庫(rule base)與資料庫(data base)，其中規則庫是由專家或是依據經驗法則訂定得一組規則，大多以 If-Then 的形式表示。而資料





庫則是提供了模糊系統中所需的定義，如論域範圍、隸屬函數及語意變數等。

### 3. 模糊引擎

推論引擎為模糊系統的核心，利用模糊推論來模擬人類思考的決策模式，以訂定的模糊規則與模糊化的資訊為基礎，經過合成與推論的工作，計算出結果並送至解模糊化介面。

### 4. 解模糊化介面

經過模糊推論後的結果為一模糊集合，而解模糊化介面的功能就是在將此一模糊集合轉換為一明確之數值，再送至外界使用。

## 參、夜間特性分析

夜間車流影像與白天車流影像的特性，有著相當大的差別，在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影響，導致無法輕易的採用，此外，路燈、路樹等所造成的陰影，及車體顏色、反光等因素，都會增加夜間車輛偵測的困難。因此，本研究以夜間光源特性與夜間環境行為等二個因素為出發點，試圖歸納出夜間車流影像所具有的特性，在瞭解影響夜間車輛偵測的相關因子後，才能進一步建構出夜間車輛偵測的模式。有關夜間特性影響偵測工作的示意圖請參見圖 6。

### 3.1 夜間光源特性

由於夜間影像的諸多光源，及其所發出的眾多亮點，所以在建構夜間車輛偵測模式之前，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。經由觀察所拍攝的夜間車流影像，本研究歸納夜間光源的特性如下：

#### 1. 夜間光源偏暗

研究中所指的夜間光源，乃為道路四周商家的招牌燈光及路燈等，這些光源往往照明度不足，無法為夜間車流影像提供充足的光源；招牌燈光與路燈在夜間影像中，是屬於靜態不會移動的部分，故透過偵測區域的畫設或是簡單影像相減的處理，即可以有效解決路口四周路燈與商家招牌燈光的影響。



## 2. 車燈、路燈等照射在地面上所形成的路面反光

無論是白色或是黃色的車燈、路燈照射到路面，皆會產生路面反光的現象，然而，視不同的路面材質或是路面環境情況，會產生不同影響程度的路面反光。路面反光對影像處理過程容易造成特徵切割的錯誤發生，對後續車輛追蹤、車種分類等工作影響甚大，其中由於路燈照射在地面的光度較為微弱，可以運用二值化的處理方式，將大部分路燈照射至地面的反光消除。

## 3. 車燈、路燈等照射在車輛上所形成的車體反光

研究中車燈的光源包括有車頭燈、角燈、側方向燈、煞車警示燈與車牌小燈等，其中又以車頭燈照射在路面上所造成的反光最為明顯，對車輛特徵切割演算法的影響也最為嚴重，除了可能造成的車輛特徵誤判外，也容易使數個相鄰甚近的車輛特徵，形成一整個區塊。此外，一般而言路燈照射在車體上所造成的車體反光情形不甚明顯，對車輛特徵的切割工作影像不大。

## 4. 光線照射物體造成地面上的陰影

雖然物體（車輛、路燈、路樹等）阻擋光線會有陰影的情形發生，但是對夜間的環境而言，陰影部分的灰階值往往較路面灰階值來的低，因此，可以輕易透過二值化等處理，將陰影部分視為背景而予以消除。

## 5. 車燈對影像偵測器的泛光

隨者影像偵測器架設的不同高度、角度，皆會導致車燈泛光對影像偵測器的影響程度。

## 3.2 夜間環境特性

除了上述夜間光源特性的影響外，隨著道路環境的不同亦會造成偵測工作上的複雜程度。本研究所歸納出來的夜間環境特性如下，為了清楚夜間環境特性影響，請參考圖 6 所示：

### 1. 路燈、路樹等造成路面的遮蔽

若當影像偵測器礙於架設空間上的限制時，擷取的影像會直接遭遇路樹、號誌、燈架等物體遮蔽路面，導致偵測工作上的不便，故在架設偵測器角度時務必注意此等遮蔽的問題。

### 2. 標線、路面積水等的影響



一般而言，標線屬於靜態的物件，且其反光效果並不強烈，可以經由簡單的影像處理技術消除之，如背景相減法影像相減法等。然而，路面積水所造成的反光效果嚴重，容易被誤判為車輛的特徵，加上光源的不穩定造成反光現象變化頻繁，無法以基本的影像處理技術消除之，故在本研究中並不探討雨天的環境。

### 3. 車體、安全帽、機車騎士衣服之顏色

在夜間的偵測情形下，車體顏色主要的影響在於當車體顏色接近於路面顏色時，由於影像偵測器對於車輛灰階值的敏感度較差，可能會造成判讀不到的情形，及偵測不到車輛。此外，安全帽與機車騎士衣服的顏色亦會影響反光的程度，故在研究中將其視為車輛特徵的一部份。

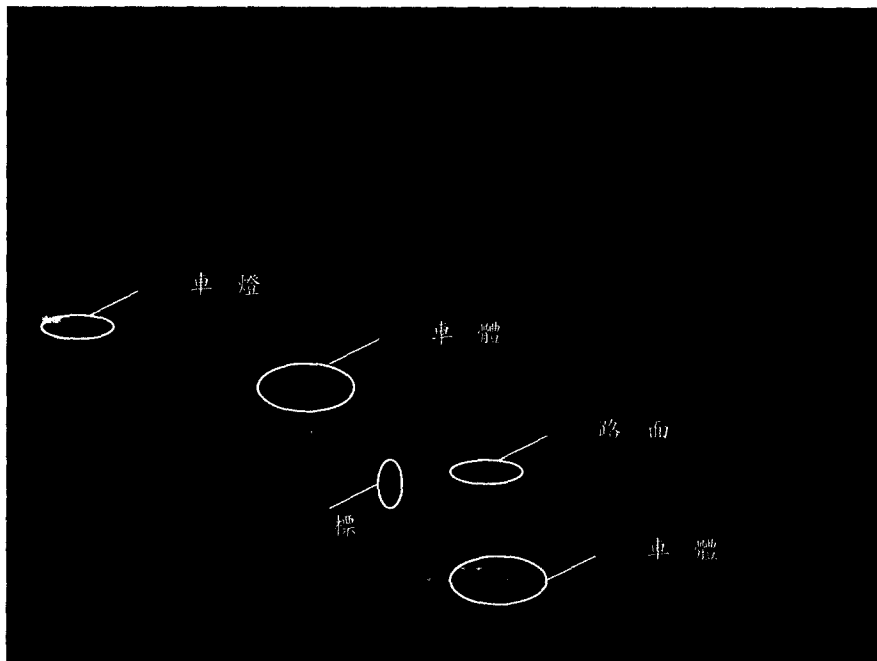


圖 6、夜間特性影響示意圖

鑒於上述夜間光源特性與夜間環境特性的分析，發現若從車頭燈的方向拍攝車流進行偵測工作，將不易處理車頭燈泛光，及其地面反光的影響，因此，本研究將研究時段界定為天氣晴朗的夜晚，地點為一般路段上，並以車尾燈遠離攝影機的拍攝角度進行探討。



### 肆、模式構建

本研究中所構建的夜間車輛偵測系統，主要可以分為夜間車輛特徵切割模式、模糊亮塊群聚模式、夜間車輛追蹤模式，及交通參數析出模式等四大部分。有關本系統的操作流程圖請參見圖 7 所示。

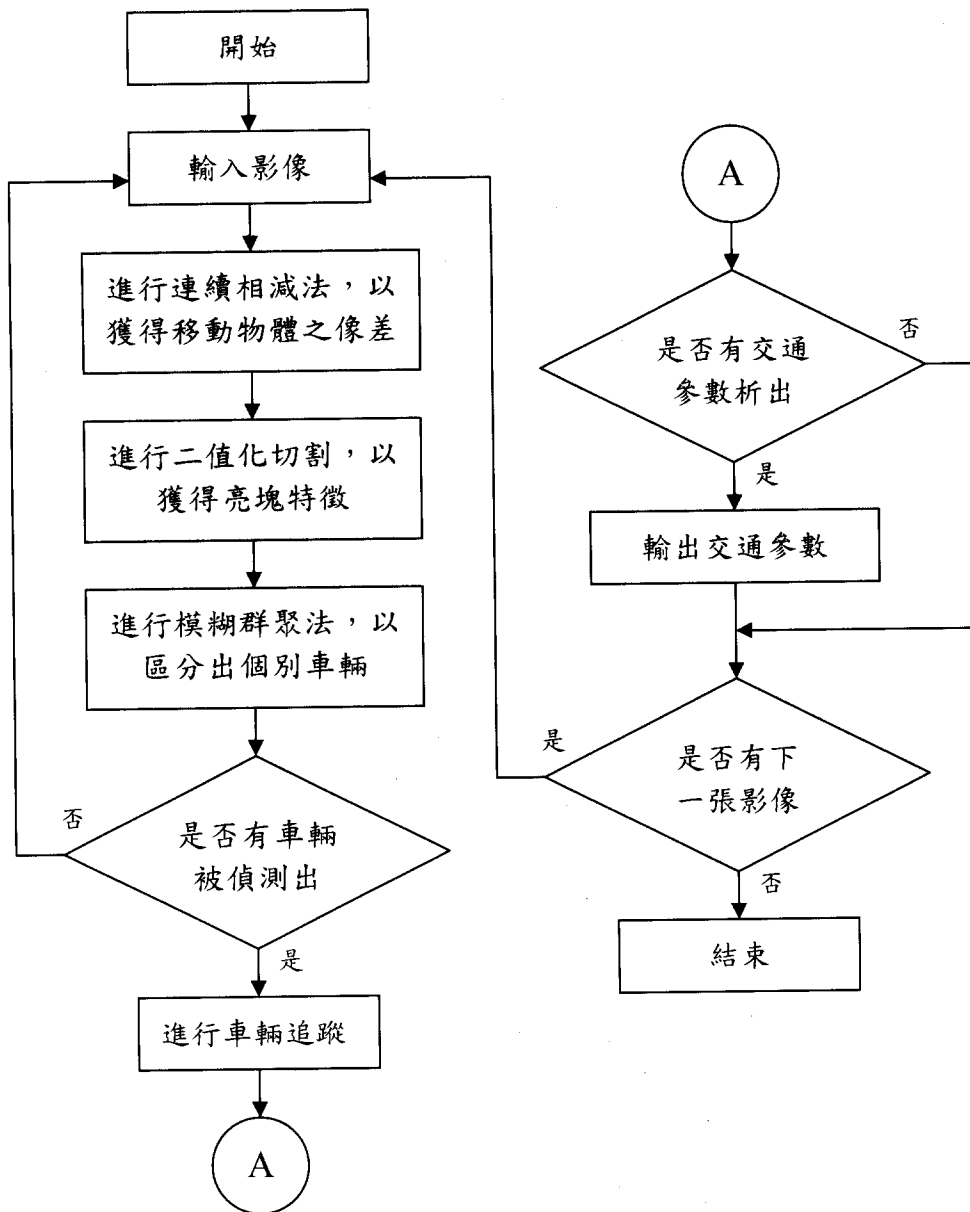


圖 7、夜間車輛偵測系統操作流程圖



#### 4.1 夜間車輛特徵切割模式

在夜間複雜的環境下，車輛最明顯的特徵為車燈、車體反光等亮塊特徵，因此如何將車輛的亮塊特徵從影像中完整切出來，便是實現夜間車輛偵測系統的第一步。由於彩色影像較黑白影像擁有更多的影像資訊，因此本研究採用彩色影像作為處理，以期能夠藉由更多的資訊切割出車輛特徵；再者，透過前述夜間特徵分析可以發現，夜間車輛特徵皆具有高亮度的特性，以彩色影像為例，其 B、G、R 值皆會趨近 255。

因此，本研究提出利用前後連續影像相減法的方式以獲得像差，並將該像差圖作一相乘的動作，強化亮塊特徵四周的資訊以獲得更完整的亮塊特徵（如圖 8 所示），在此不使用背景相減法作為獲得像差資訊的原因，是因為背景相減後無法有效將車燈照射在地面上的反光去除（如圖 9 所示），造成後續處理的不便，此外，使用連續影像相減法處理亦較背景相減法來的快速。

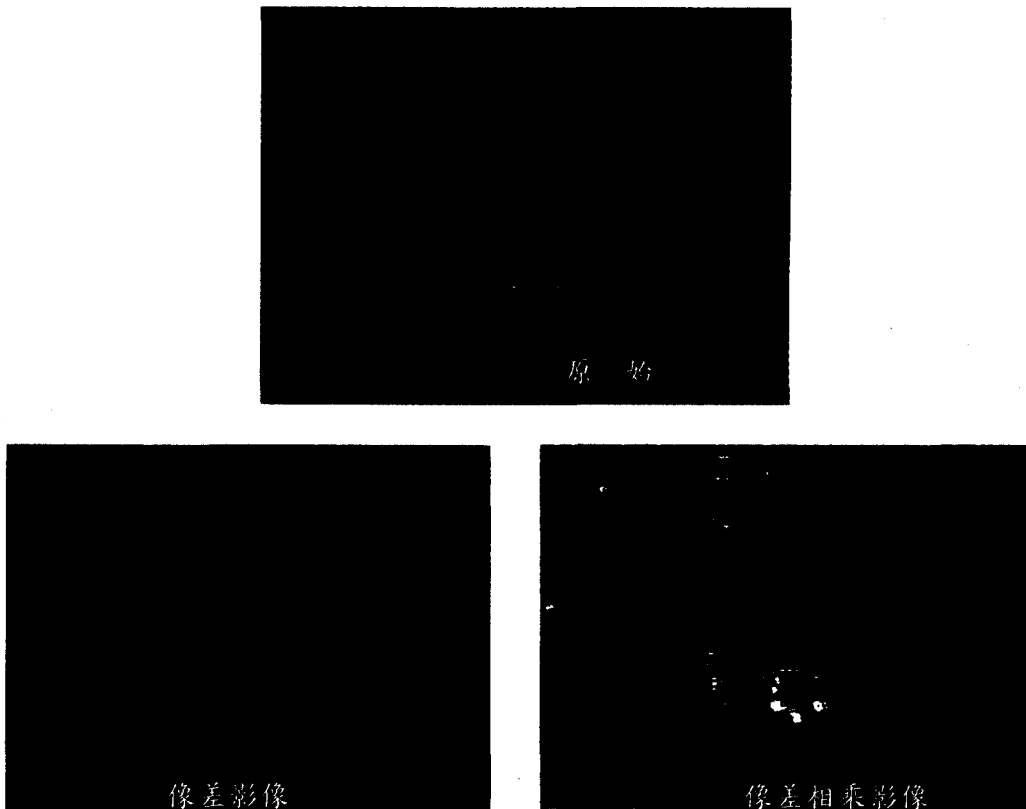


圖 8、像差相乘示意圖\_連續影像相減





圖 9、像差相乘示意圖\_背景影像相減

在獲得像差相乘影像之後，接下來便是要將亮塊特徵切割出來，藉由觀察像差相乘影像中可以發現，亮塊特徵的 B、G、R 值皆會大於等於 255，故在此設定只要某像素點的 B、G、R 值，有小於 255 的情況，則將其視為背景，反之即為亮塊特徵，圖 10 所示為特徵切割前後的示意圖。有關夜間車輛特徵切割模式的流程圖請參見圖 11 所示。

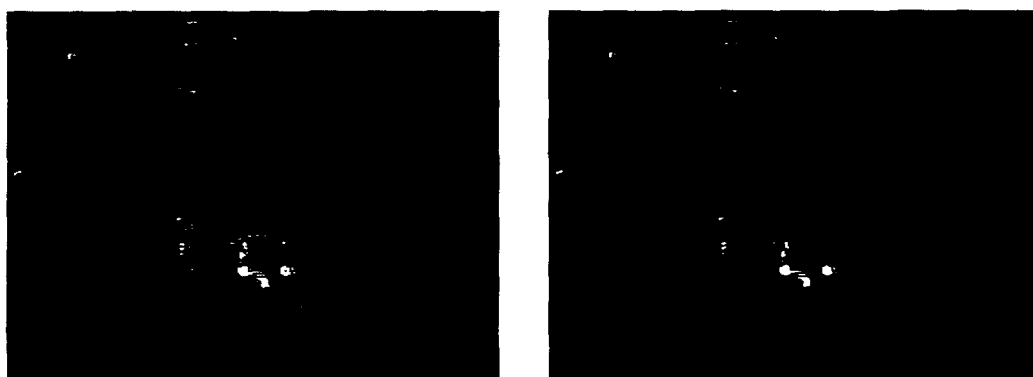


圖 10、特徵切割前後示意圖

最後，為了消除孤立雜訊，本研究採用了中間值濾波法 (Median Filter Method) 與區塊門檻值法 (Block Threshold Method) 加以處理，分別進行雜訊消除及亮塊過濾的工作。所謂的中間值濾波法是利用  $3 \times 3$  的遮罩，在影像上以迴積的方式將 9 個像素點依大小排序後，再取出對應於中間值的點以取代原始像素點，可以用來消除孤立的雜訊，並保持影像本身的銳利度；然而



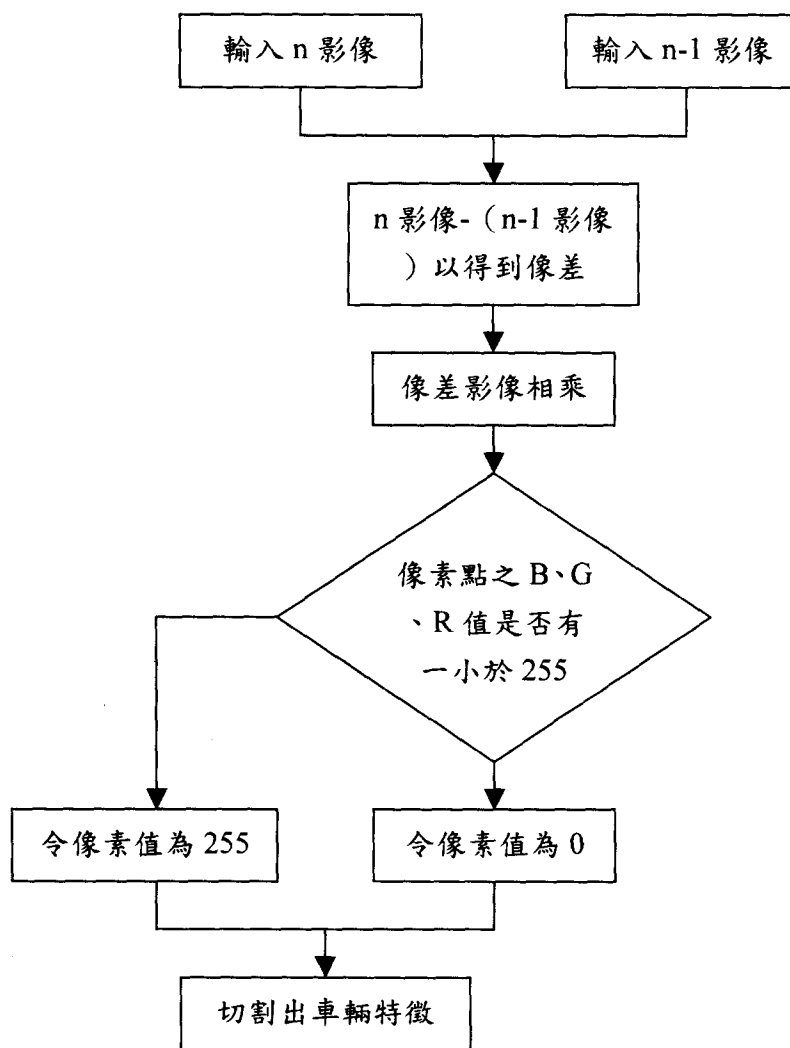


圖 11、夜間車輛特徵切割模式流程圖

，為了避免一些較大的雜訊無法消除，故而再輔以一門檻值以過濾較大的雜訊，其門檻值的設定為一亮塊面積大小，在此設為  $20(\text{pixel}^2)$  即可獲得不錯的效果。

#### 4.2 模糊亮塊群聚模式

本研究以模糊系統為基礎，發展一雙輸入單輸出之模糊亮塊群聚模式（如圖 12 所示），運用不同的模糊集合與隸屬函數（Membership Function）以增



加處理時的適應性，進而有效群聚各個亮塊特徵。由於在夜間複雜的環境下，無法有效且穩定地獲得車輛特徵，進而群聚亮塊特徵並追蹤車輛，因此，本研究藉由模糊系統處理車輛特徵間模糊不清的關係，以判斷不同大小亮塊之間的距離遠近，例如亮塊間距離 80 像素時為遠、30 像素時為近，那麼相距 50 像素時是遠？還是近呢？利用模糊的觀念可以有效改善過去以單一明確之門檻值，作為亮塊群聚依據時的不適用。

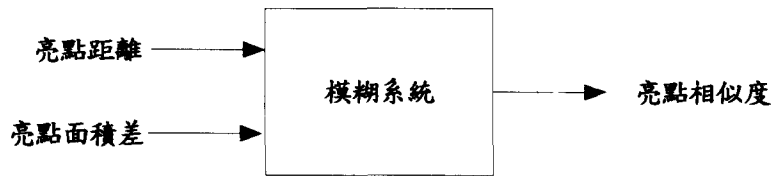


圖 12、模糊亮塊群聚模式架構圖

模式中的輸入變數為兩亮塊之間的距離及面積差，而輸出變數為兩亮塊間的相似度，經由研究中觀察發現，當亮塊之間距離愈小時愈有可能為同一輛車，反之則愈不可能為同一輛車。藉由亮塊間距離的關係雖然可以大致區分出個別之車輛，然而，若單就亮塊間距離的關係判斷其相似度，容易因為車輛遮蔽、車輛過近等情形而導致誤判的發生，因此，研究中加入另一個變數面積差，其目的主要是希望能夠反映出亮塊之間的關聯性。

一般而言，車體反光與地面反光的亮塊特徵面積，皆較車燈之亮塊特徵面積來的大或小，當兩亮塊間面積差愈大時愈有可能為同一輛車，反之亮塊面積差不多時，則就有可能為不同車輛。本研究即利用亮塊間相對距離與面積差的特性作為群聚工作的依據，並以模糊系統為基礎進行亮塊群聚模式的發展，有關模糊亮塊群聚模式中模糊系統設計的部份，主要可以歸納為 6 大步驟，分述如下：

步驟 1：決定輸入、輸出變數

- 輸入變數：亮塊距離、亮塊面積差。
- 輸出變數：亮塊相似度。

步驟 2：決定輸入、輸出變數的論域

有關輸入變數論域的設定，是經由觀察影像序列而決定的，亮塊間距離與面積差皆不會超出此論域範圍；而輸出變數論域的設定，則是定義為界於 0





到 1 之間的相似度指標。

● 輸入變數：

- (1)亮塊距離的論域為 0~180(*pixels*)。
- (2)亮塊面積差的論域為 0~1800(*pixels*<sup>2</sup>)。

● 輸出變數：

亮塊相似度的論域為 0~1。

步驟 3：決定輸入、輸出變數的模糊集合

● 輸入變數：

- (1)亮塊距離的模糊集合為 (VC、C、M1、F、VF)，其中 VC：很近、C：近、M1：中、F：遠、VF：很遠。
- (2)亮塊面積差的模糊集合為 (VS、S、M2、B、VB)，VS：很小、S：小、M2：中、B：大、VB：很大。

● 輸出變數：

亮塊相似度的模糊集合為 (VL、L、M、H、VH)，VL：很低、L：低、M：中、H：高、VH：很高。

步驟 4：決定隸屬函數

隸屬函數設定的合適與否，直接關係到系統群聚亮塊的效果，故在隸屬函數的決定上，採用試誤法 (try-and error) 以獲得最佳的經驗法則。圖 13、14 所示為亮塊距離與亮塊面積差的隸屬函數，其中  $\mu_{dist}$  表示亮塊距離的隸屬度、 $\mu_{area}$  表示亮塊面積差的隸屬度，而圖 15 所示為亮塊相似度的隸屬函數， $\mu_{like}$  為亮塊相似度的隸屬度。

● 輸入變數：

使用三角模糊數 (Triangular Fuzzy Number)。

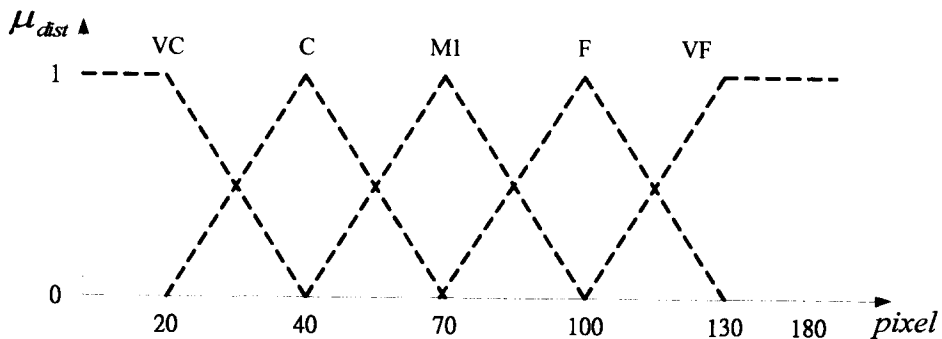


圖 13、亮塊距離之隸屬函數



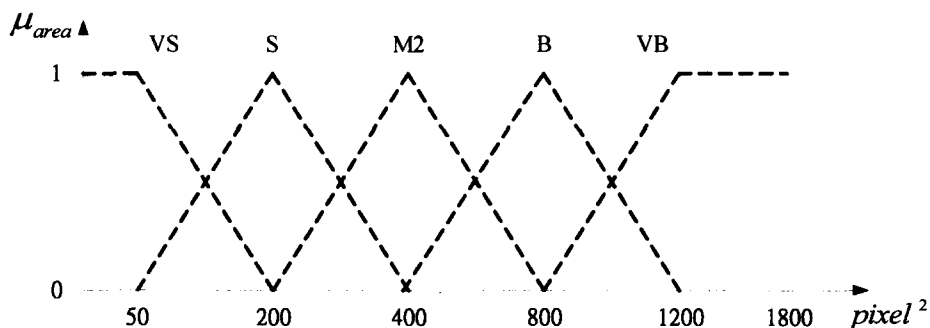


圖 14、亮塊面積差之隸屬函數

● 輸出變數：

使用單點模糊數 (Fuzzy-Singleton Number)。

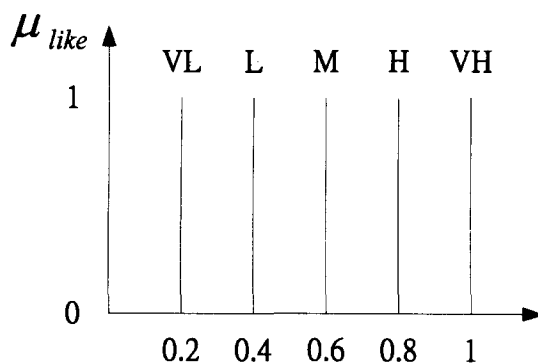


圖 15、亮塊相似度之隸屬函數

步驟 5：決定規則庫

模糊亮塊群聚模式為一雙輸入單輸出之模糊系統，每一個輸入變數有 5 個模糊集合，在確保命題完整性的前提下，規則庫採用最多的 25 條規則（如表 5.5 所示），並以 If-Then 的形式表示。如：

Rule1. If  $dist = VC$  and  $area = VS$  , Then  $like = M$  。

Rule2. If  $dist = VC$  and  $area = S$  , Then  $like = H$  。

⋮

Rule17. If  $dist = F$  and  $area = VS$  , Then  $like = VL$  。

⋮

Rule25. If  $dist = VF$  and  $area = VB$  , Then  $like = M$  。



表 2、模糊亮塊群聚模式規則表

	VC	C	M1	F	VF
VS	M	L	L	VL	VL
S	H	M	L	L	VL
M2	H	H	M	L	L
B	VH	H	H	M	L
VB	VH	VH	H	H	M

步驟 6：決定模糊推論機構與解模糊化方法

本研究中模糊推論機構的部份是採用 Mamdani 的取小法【9】，有關推論過程可參見圖 16 所示。

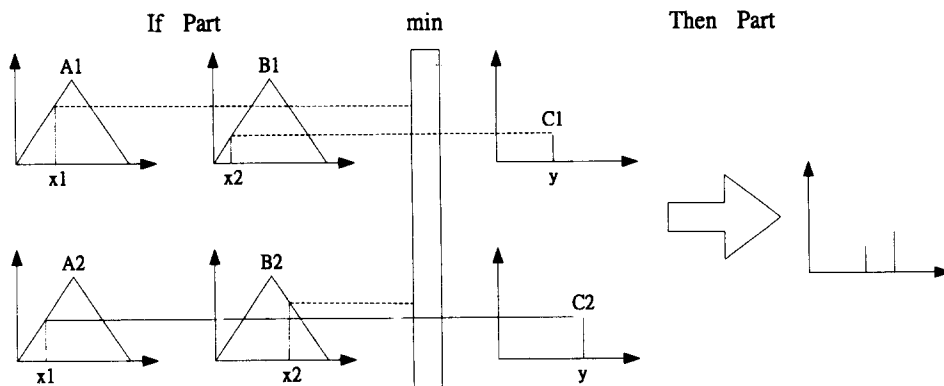


圖 16、模糊推論示意圖

至於解模糊化的方法，則是使用權重平均法（Weighted Average Method），經過解模糊化的計算後，可以得到亮塊相似度的輸出，此時為一精確值。有關權重平均法的操作請參見公式 4。

$$C^* = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i * m_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \dots\dots\dots (4)$$

公式 4 中  $n$  所示為被啟動之模糊規則數、 $\alpha_i$  表示第  $i$  條模糊規則的啟動強度、 $m_i$  表示第  $i$  條模糊規則推論的結果，而  $C^*$  則代表最後輸出的亮塊相似度值。



圖 17 所示為模糊亮塊群聚模式的流程圖。

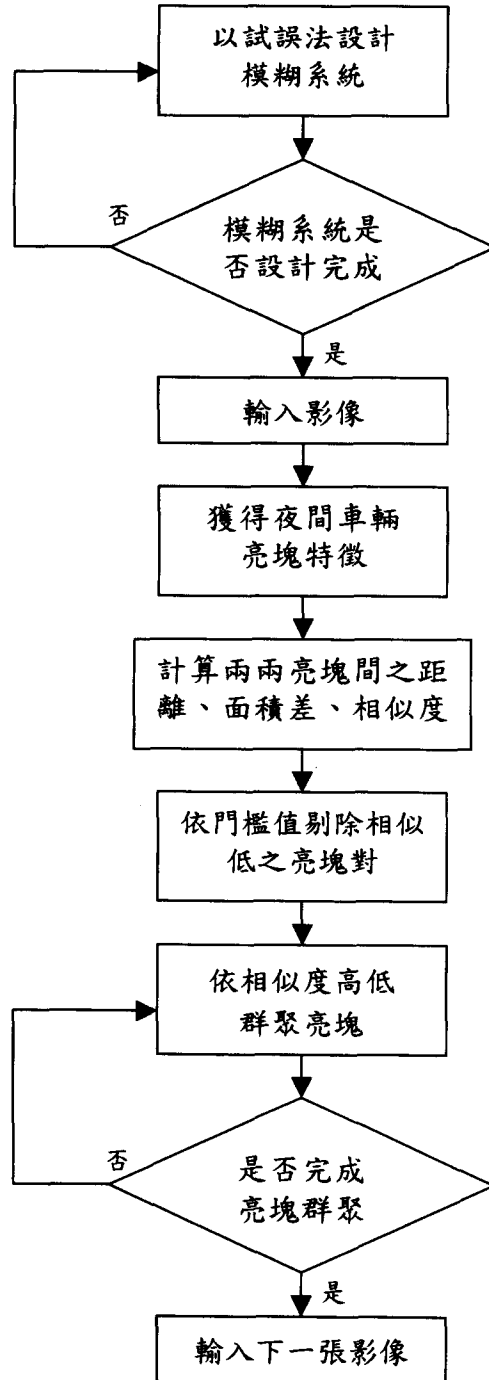


圖 17，模糊亮塊群聚模式流程圖



### 4.3 夜間車輛追蹤模式

在利用亮塊模糊群聚演算法，將每一張影像上的個別車輛區分之後，接下來所要處理的工作是辨識出前後影像相同的車輛，即處理『誰是誰』的問題。由於本研究中所處理的是每秒 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幅度的移動，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。

當模糊亮塊群聚演算法區分出完整的車輛 ( $A$ ) 後，記錄其重心座標  $G_i(x, y)$ ，並以該座標為中心，且上、下、左、右各  $k$  像素的正方形區域為範圍進行搜尋，若在此範圍內搜尋到上一張影像中車輛 ( $B$ ) 的重心座標  $G_{i-1}(x, y)$ ，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，有關夜間車輛追蹤演算法的示意圖請參見圖 18 所示。

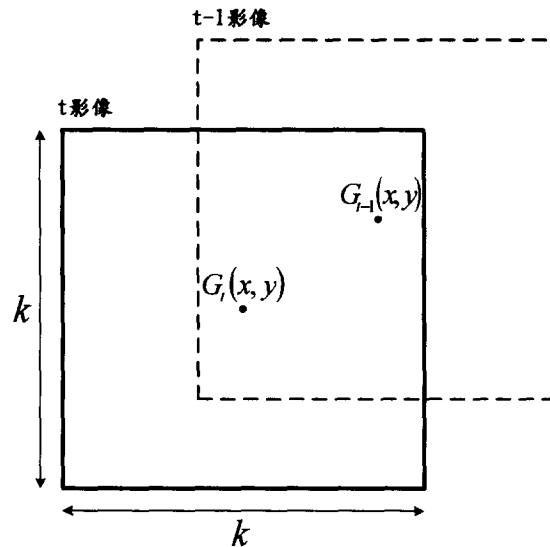


圖 18、夜間車輛追蹤演算法示意圖

利用區域基礎追蹤法可以處理『誰是誰』的問題，即若前後兩張影像中某車輛的重心座標沒有改變，則可視該車輛為靜止的狀態，反之，若當車輛重心座標有改變時，則判斷該車輛有移動的現象。

## 4.4 交通參數析出模式

### 4.4.1 交通流量

當車輛進入偵測區時，根據上述演算法將該車輛從影像中切割出來，並給予一個編碼作為該車輛之代號，利用車輛追蹤模式判斷不同影像中相同的車輛，後續進入系統之車輛將其編號累加，並重複上述演算法直到該車輛離開偵測區後，才進行流量累加的動作。

### 4.4.2 車輛種類

根據文獻指出面積法在處理車輛分類的工作時，是具有較佳的效果，然而其使用前提是必須將車輛完整切割出來，以便精確計算面積進而分辨車種，但以夜間複雜的環境而言，想要精確、完整切割出車輛是不太可能的，因此，本研究是以在亮塊群聚後所獲得之車輛範圍中，取出車尾燈的寬度（即車輛寬度）作為判斷車輛種類的依據。其判斷準則請參見表3。

表3、車種分類判斷準則

	範圍
機車	5 pixel ≤ 機車 < 45 pixel
小型車	45 pixel ≤ 小型車 < 85 pixel
大型車	85 pixel ≤ 大型車 < 120 pixel

此外，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。

### 4.4.3 車輛行駛軌跡

車輛行駛軌跡的獲得有助於了解路段上的車流行為，其作法是紀錄從車輛進入偵測區到離開偵測區之間，車輛在每一張畫格（Frame）上的座標，依序連接每一張畫格上車輛的座標，便可得到車輛從進入到離開偵測區的行駛軌跡。在本研究中是利用車輛的重心位置作為紀錄的座標，如公式6所示：

$$(X, Y) = \left( \frac{X_{\min} + X_{\max}}{2}, \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

### 4.4.4 車輛平均速度



假設偵測區的長度為  $X$ ，則車輛行駛  $X$  的平均速度，即為  $X$  除上車輛通過偵測區所需的時間，其計算方式如公式 6 所示，其中  $\bar{u}$  代表車輛平均速度（單位：公里/小時），而  $t$  為車輛行駛偵測區所需的時間，也就是將車輛從進入到離開偵測區的畫格數乘上 1/30 秒。

$$\bar{u} = \frac{X}{t} \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots (6)$$

## 伍、實証分析

### 5.1 實驗環境

拍攝地點為台北大直橋下的明水路，取像時間介於晚上 8：00~8：30 的非尖峰時段，有關實驗地點的相關量測數據請參見表。

表 4、實驗地點量測數據

量測項目	量測數據
車道寬	350 公分
路肩寬	188 公分
攝影機架設高度 (橋樑高度+角架高度)	1110 公分 (930 公分 + 180 公分)
攝影機拍攝角度	水平朝下 15 度

### 5.2 系統設備

#### 1. 軟體部分

- 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。
- 作業平台為 Windows 2000 Professional 的環境。

#### 2. 硬體部分

- 中央處理器 (CPU) 為 Pentium IV 1600 MHz。
- 快取記憶體 256 MB。
- 40 GB 的硬碟。



- 本研究用於實驗取像的攝影設備為 SONY TRV-320 數位攝影機。

### 5.3 實驗結果

本研究首先將 D8 所拍攝到的影像，利用影像擷取卡擷取至電腦中，並儲存 \*.avi 的格式，再利用影像處理軟體將 \*.avi 檔擷取成一張一張的連續影像序列，以便進行後端處理，是故本系統係屬於離線分析法。有關本系統的偵測正確率如表 5 所示。

表 5、交通流量驗證結果表

	機車	小型車	大型車	總計
實際車輛數	23	31	3	57
偵測成功車輛數	19	28	2	49
偵測成功率	87%	90.3%	67.7%	86%

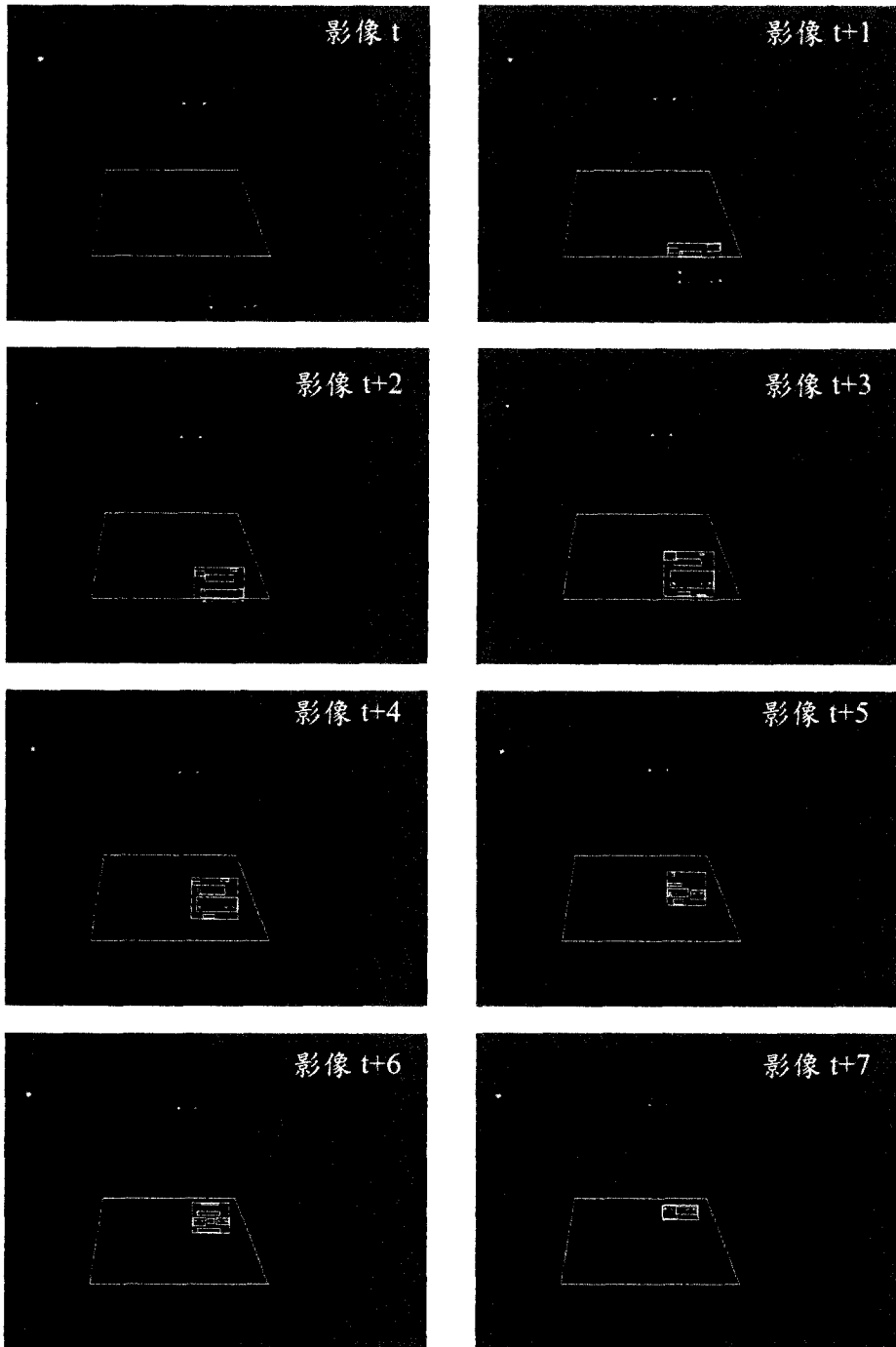
由表 5 可以發現，大致上正確率皆可以達到 90%，經過對偵測失敗車輛的觀察與分析後，可以將失敗的原因歸納如下：

1. 偵測機車的失敗原因，主要是機車車尾燈過暗的情況，以至於在切割的過程中無法被切割出來；再者，在夜間光源不穩定的情況下，亦會造成明亮度不足的機車車尾燈，於某幾張畫格中切割失敗，導致無法追蹤。
2. 在偵測工作中，大致上以小型車的偵測最為成功，其偵測失敗的情形都是發生在小型車車體偏暗，導致車輛特徵切割的資訊不足，且與其他機車、小型車距離過近時，系統發生亮塊錯誤群聚的情況。
3. 由於大型車車身較長，因此，若當車輛特徵切割的資訊不足時，其零散的亮塊特徵會造成亮塊群聚的失敗，導致當一輛大型車誤判為小型車，或是小型車與機車等。

圖 19、20 所示分別為單一車輛，及雙車輛情況時之追蹤示意圖。







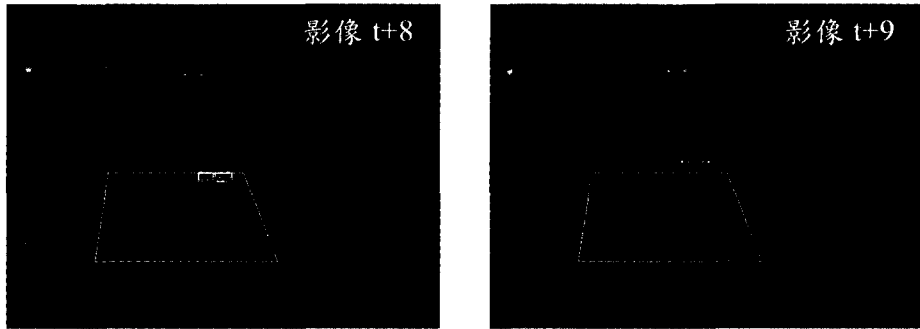


圖 19、單一車輛追蹤示意圖

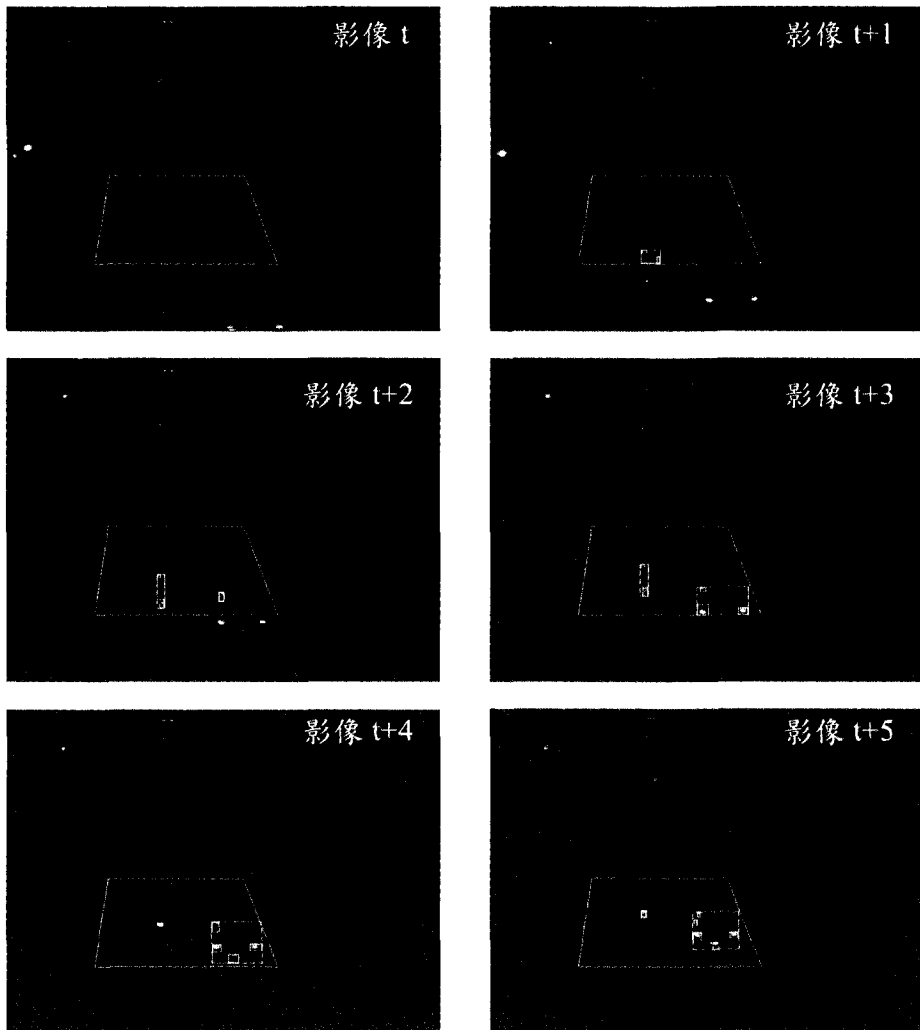




圖 20、雙車輛追蹤示意圖

## 陸、結論與建議

本研究成功利用彩色影像充足的資訊，發展出夜間車輛特徵切割的模式，並在處理亮塊之間關係的部分，引用了模糊理論的概念，加以處理其之間模糊不清的關係，改善了多車偵測工作的情況，經由實証結果顯示，本系統的偵測正確率可達到 86%，歸納影響其偵測失敗的原因，主要包括亮塊特徵追蹤失敗、亮塊特徵群聚失敗，及車輛間的遮蔽情形。夜間環境隨著光源與天候的不同會產生各種不同的情境，如照明度較佳時雖可視度較高，但是受到車體、地面反光的影響亦相對嚴重，故未來的研究應就各種不同的環境進行實驗，以究竟演算法的完整性，及偵測系統的實用性。

影像式偵測器在蒐集交通參數的實際應用上，能夠蒐集到其他偵測器所無法獲得之交通參數，且其裝修容易、成本低廉的特性，可作為交通參數的蒐集工作；就夜間偵測領域而言，夜間路口具有較夜間路段更為複雜的環境，除了一維的移動行為外，亦包括了二維的轉動行為，是故其偵測工作的困難度上可想而知，然而，路口交通參數的獲得有益於交通號誌控制、運輸規



劃工作等的作業，因此，是另一個值得探討的課題。

## 參考文獻

1. 范俊海，影像處理技術建構交通資料收集系統之研究，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文，民國 79 年 6 月。
2. 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。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 山平拓也，6-2 道路狀況監視，Terebijon Gakkaishi, Vpl.41, No.10, pp.945-949, 1987。
8. 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。
9. 莊鈞閔，模糊控制系統設計與實現，淡江大學電機工程學系碩士班（控制系統組）碩士論文，民國 91 年 6 月。

(93/04/20 收稿，93/05/28 第一次修改，93/06/07 定稿)

