

車內乘客數識別之研究

范俊海¹ 陳啟斌² 洪文斌³

1. 淡江大學運輸科學研究所副教授 2. 淡江大學運輸科學研究所研究生

3. 淡江大學資訊工程學系副教授

壹、前言

高乘載管制為最近國內興起之管制策略，在國外早已實施一段時間，故發展技術已日趨成熟；由於高承載專用道實施方式為限定車內乘客需達到法定數量，因此如何掌握乘客數為管制重點；目前之方式為使用警力在執法區進行執法任務，但會造成警力不足和人力成本大幅增加之額外負擔。

由於近年來影像處理技術日趨進步，應用範圍日漸增多，無論醫學、保全……或是交通方面，皆有令人滿意之快速發展，故本研究以影像處理技術來偵測小汽車車輛位置，輔以類神經網路進行前座乘客數量確認，欲以電腦視覺來替代人力，以充分應用影像處理之先進技術。期待未來更能進一步發展出一套完善之乘客數量辨識系統，以便能使警力之成本達到最小。本研究中，我們將應用影像處理技術搜尋車輛並以類神經網路確認前座乘客數量，本研究內容分成三部分：

1. 偵測器幾何角度之探討：車輛本身及其背景環境有著相當高之複雜度，由於幾何角度之不同而形成各種大小之影像，因此針對偵測器與背景環境之幾何問題加以分析。
2. 車輛前車窗自動搜尋：由於系統中無法預先知道車輛會出現在影像中何種位置，因此事先找出車輛正確位置之後才能進行乘客數量確認工作。
3. 前座乘客數量之確認：找出車輛前車窗之位置後，進行車內前座乘客之數量確認，以做為未來相關分析的研究。

貳、偵測器架設之幾何角度探討

由於本研究的目的是在於觀察車輛內之乘客，因此以前擋風玻璃為主要之研究範圍，故在此我們僅就車輛前擋風玻璃範圍來加以探討。

車輛在縱向所佔像元素方面：

1. 基本推導：

圖 1 表示出當車輛接近時，車輛前車窗所佔偵測器縱向角度之關係，我們將部分放大以利說明，如圖 2 所示。

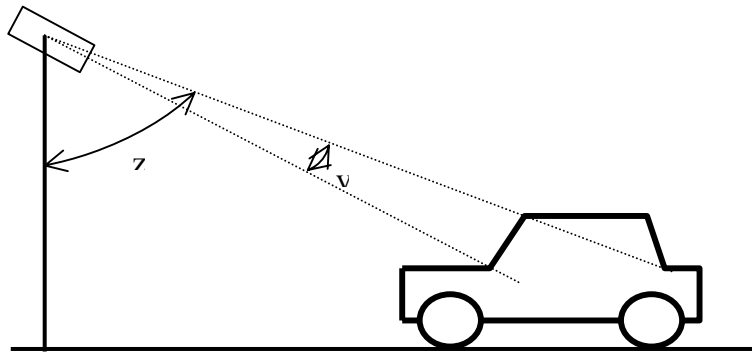


圖 1 偵測器與車輛

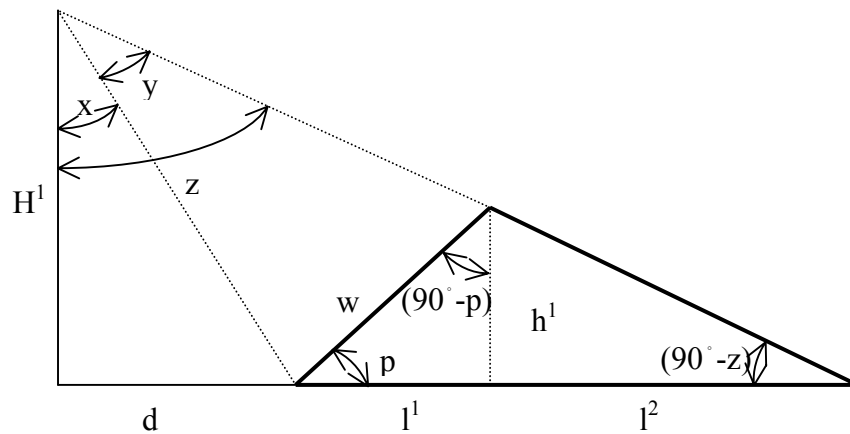


圖 2. 前車窗與偵測器之縱向角度

w	前擋風玻璃長度
p	前擋風玻璃傾斜角度
h¹	前車窗上緣至下緣之高
H¹	偵測器至前車窗下緣之高度
d	偵測器至前車窗之水平距離
l¹	前車窗上緣至下緣之水平距離
l²	前車窗上緣至偵測末端之水平距離
x	前車窗下緣與垂直線之夾角
y	前車窗上緣至下緣之夾角
z	前車窗上緣與垂直線之夾角

$$\tan z = \frac{d + l^1 + l^2}{H^1} \Rightarrow z = \tan^{-1} \left(\frac{d + l^1 + l^2}{H^1} \right) \text{。其中 } d、l^1、l^2 \text{ 未知，}$$

$$\text{而 } d = H^1 \times \tan x ; l^1 = w \times \cos p ,$$

根據實際車輛資訊整理出來 p 約為 49°，w 為 1.6 (meter)；

$$h^1 = w \times \sin p ,$$

$$\text{又 } \frac{l^2}{l^2 + l^1 + d} = \frac{h^1}{H^1} , \text{ 因此 } l^2 = \frac{h^1 \times (d + l^1)}{H^1 - h^1} ;$$

另外 $y = z - x$ ，由推導可得 $x = \theta - \frac{FOV_v}{2} + \frac{FOV_v}{r_v}(n-1)$ ；

$$m \text{ 為像元素, } m = \frac{y}{\frac{FOV_v}{r_v}}$$

2.分析

假設在 $FOV_v=30$ 度、掃描線 $r_v=480$ 條，偵測器主軸之傾斜角度 θ 分別為 30 度、45 度、60 度、75 度、90 度。偵測器高度 H 分別為 2 公尺、3 公尺，及 4 公尺。從圖 3 中發現，當 θ 等於 90 度時（相當於偵測器平行於車輛），前車窗像元大小小於 150，且當前車窗下緣出現位置較遠時，偵測器甚至無法偵測到車輛前車窗，圖 4 則顯示出因車輛實際距離過遠因而無法偵測，像元位置在 239 時實際距離最遠達 916 公尺（此時車窗所佔像元素為 0），此時雖車窗所佔像元總數大，但卻因實際距離過短會減少電腦運算時間，因而不鼓勵採用。而當 $\theta=60$ 度與 75 度時因大部分位置皆可得到一定數量之像元數，因此有較佳之偵測結果（ $\theta=60$ 度最佳）； θ 再遞減則有類似 $\theta=90$ 度時之問題。

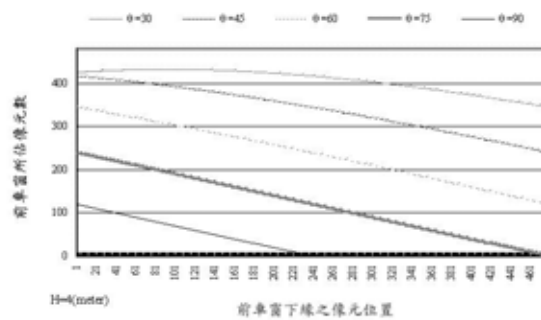


圖 3. 前車窗像元位置與像元素

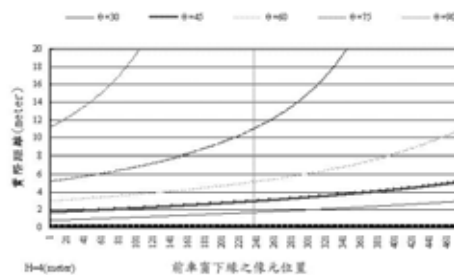


圖 4. 前車窗像元位置與實際距離

車輛在橫向所佔像元素方面：

1.基本推導

$$\text{因為 } L = \frac{H^1}{\cos Y} \text{ , 所以 } \tan X = \frac{W_1}{L} \text{ , } \Rightarrow \tan X = \frac{W_1}{L}$$

$$\Rightarrow X = \tan^{-1}\left(\frac{W_1}{L}\right) \quad ; \quad m = \frac{X}{\frac{FOV_h}{r_h}} \quad , \quad m \text{ 為像元素。}$$

2.分析

前車窗橫向像元數量多寡對於辨識工作有相當之影響能力，在圖 6 中，當偵測器高度為 2 公尺時，我們發現像元數相當多，甚至超過了影像寬度（640 條），這會造成畫面只能顯示出部分車窗影像（但車內影像卻是巨大的），直到將 Y 遞

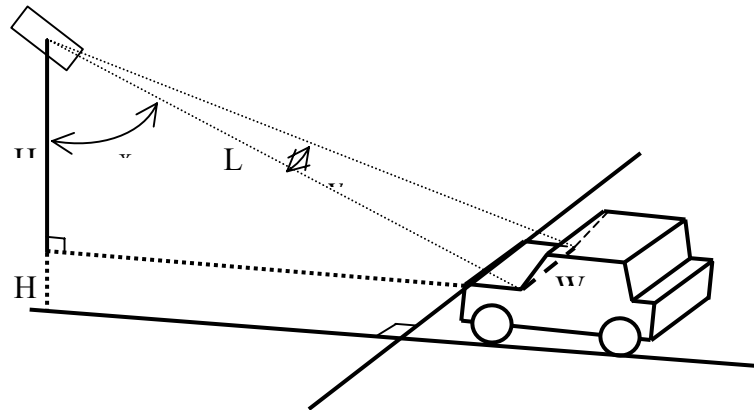


圖 5. 前車窗與偵測器之縱向角度

H1	前車窗下緣至偵測器之高
H2	前車窗下緣至地面之高
X	前車窗寬度
Y	前車窗下緣至垂直線之角度
W1	前車窗寬
L	前車窗下緣至偵測器之直線距離

增至 72 度左右才使畫面涵蓋整個車窗影像；而偵測器高度為 3 公尺時則 Y 需要有 50 度以上才能使畫面涵蓋整個車窗影像；另外偵測器高度為 4 公尺時，則無論 Y 為何角度皆能完整涵蓋車窗影像。

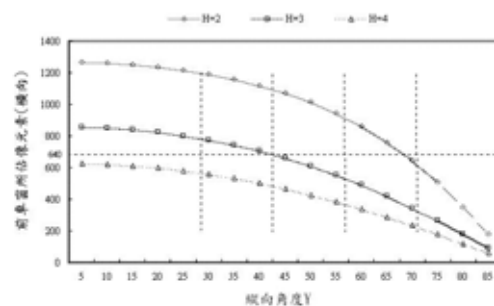


圖 6. 偵測器縱向角度與前車窗所佔像元素

如表 1 所示，本研究得到以下之結論。當偵測器與前車窗之夾角 (θ) 較小時，前車窗之像元數較多但每一像元較小，隨著 θ 遞增時，前車窗之像元數變少但每一像元卻變大；另外隨著偵測器高度之增加，前車窗所佔像元數亦見減少，而實際距離卻增加，因此以偵測器之高度而言，H=4 優於 H=2。

表 1. 前車窗所佔像元素之綜合比較

高度	θ	30 度	45 度	60 度	75 度	90 度
H=2	W _v	429.3~ 694.71	278.15~ 572.65	130.87~ 428.68	0.48~ 277.52	0~ 130.28
	W _h	1190.7	1071.56	861.11	506.64	1.273
	d	0.26~ 0.99	58~ 1.73	1~ 3.72	73~ 916.73	73~ 916.732
	評等	D	C	A	B	E
H=3	W _v	369.78~ 511.86	250.36~ 465.25	123.05~ 369.34	0.48~ 249.84	0~ 122.5
	W _h	775.63	661.49	491.21	264.69	6.36
	d	54~ 1.99	15~ 3.45	2~ 7.43	46~ 1833.46	7.46~ 1833.46
	評等	D	B	A	C	E
H=4	W _v	344.5~ 425.24	239.37~ 416.57	120.19~ 344.11	48~ 238.89	0~ 119.69
	W _h	557.64	465.83	337.48	178	4.24
	d	8~ 2.99	73~ 5.18	3~ 11.15	5.2~ 2750.2	11.2~ 2750.2
	評等	C	B	A	D	E
綜合評等		D	B	A	C	E
註 1.W _v 為前車窗在縱向所佔之像元數，單位為 pixel。 註 2.W _h 為前車窗在橫向所佔之像元數，單位為 pixel。 註 3.d 為前車窗下緣至偵測器之水平距離，單位為 meter。 註 4. $\theta=90$ 度，W _v 在 $rv=241$ 時降為 0，像元數以 0~n 表示，因此 d 以 $rv=0\sim rv=241$ 表示。 註 5.評等優劣為：A>B>C>D>E						

因此在經過取捨後，偵測器之高度為 H=4 時較優，而偵測縱向角度則以 θ 介於 45 度之 75 度間較佳，以 $\theta=60$ 度為優。

參、乘客確認演算法

乘客確認演算法可分成二個主要部分；分別為車輛之前車窗搜尋以及前車窗內之前座乘客數量偵測二步驟。流程圖如圖 7 所示

(1). 前車窗搜尋

尋找車輛前車窗在乘客確認演算法中是一項重要步驟，由於我們無法預先知道車輛會出現在影像中何種位置，因此必須事先找出車輛正確位置之後，才能進

行前座乘客數量之確認工作。

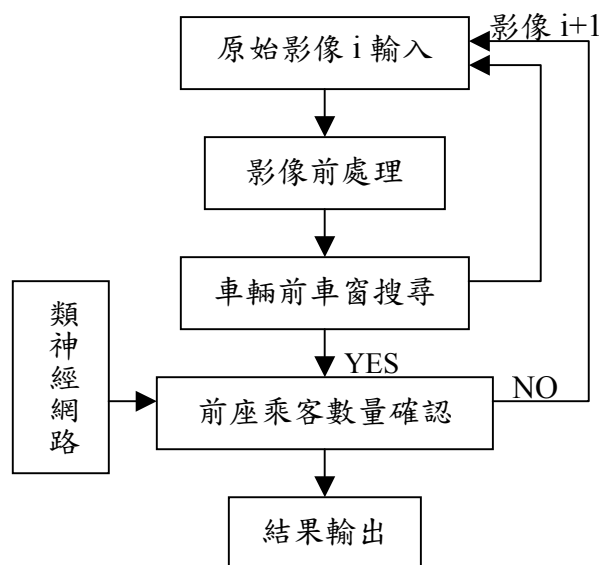


圖 7. 乘客確認流程圖

步驟一：原始影像 i 輸入

首先擷取單張影像 i 當成輸入，處理過後再進行影像 i+1 處理，影像 i 如圖 9 所示。

步驟二：二值化處理

在輸入原始影像後，我們將影像二值化處理，所謂二值化就是將影像中每一像元 p_{ij} 之灰階值 p_{ija} 與我們事先所預設之門檻值 T 作一比對，當像元灰階值大於門檻值 T ，則令其灰階值為 0（黑點）；反之則令灰階值為 255（白點）。原始影像 i 經過二值化後之影像如圖 10 所示。

步驟三：區域特徵單元形成

由於車輛之外型均為直線幾何，我們利用車輛的外貌特徵，先進行區域特徵單元之形成，以藉此步驟先平滑影像之邊界，利於之後的辨識。隨後將處理所得之二值化影像，利用一 $k \times k$ 之遮罩，將影像切割成 $m \times n$ 個單元，並將每一個單元分成邊點（ $p_{ija}=0$ ）及非邊點（ $p_{ija}=255$ ）， p_{ija} 為遮罩內之像元灰度值，影像 i 處理後如圖 11 所示。

步驟四：影像垂直投影直方圖及切割

由圖 12 中可觀察出車輛在影像中有明顯的黑色區域，因此我們利用此一區域的垂直投影特性來進行車輛之位置偵測。處理的結果如圖 13 所示。

步驟五：影像水平投影直方圖及切割

切割出車輛之垂直區域後，接著我們進行水平方向之投影量加總。從圖 14 中，我們可發現物體橫向之幾何直線會在橫向直方圖中形成數個區域。

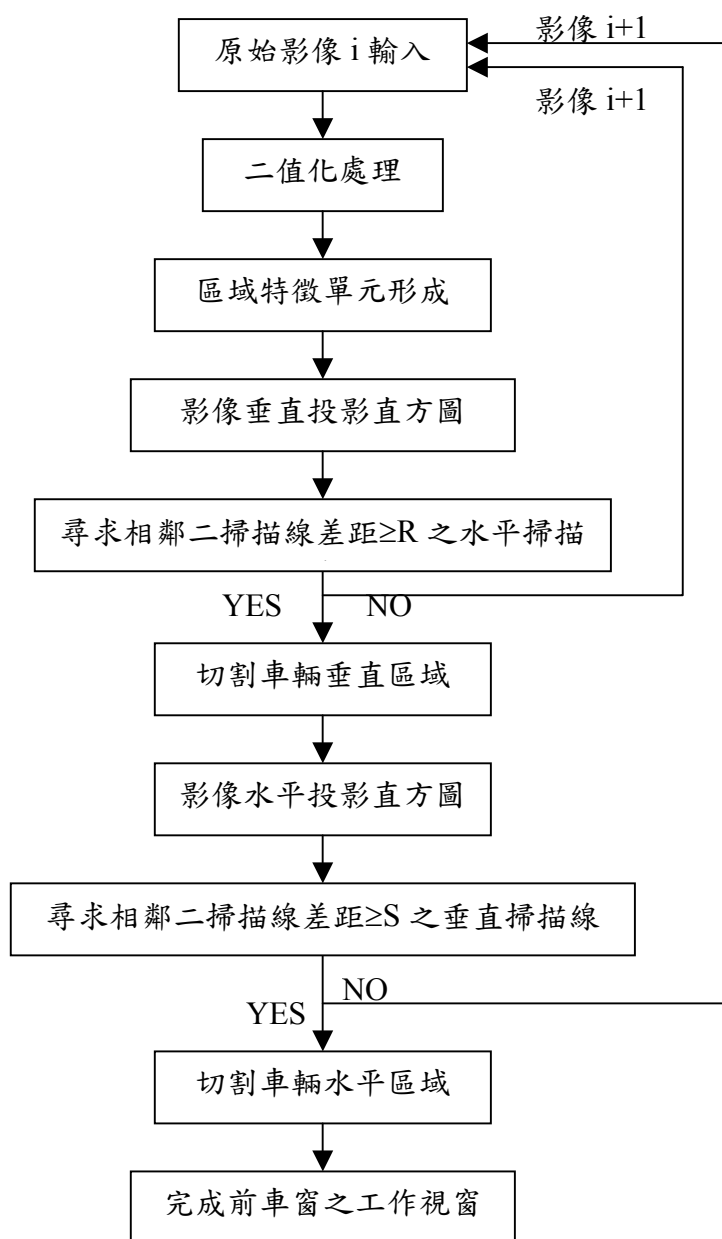


圖 8.前車窗搜尋流程圖

本研究採用三項橫向搜尋法則求取水平方向的切割界限：

1. 由上而下搜尋，先行跳過 80 條掃描線後，一一比對相鄰二橫向投影線之差值，當差值大於門檻值 S（經驗值）時，則令其為直線；反之則令其為 0。
2. 找到第一條符合之掃描線後，再往下略過 50 條掃描線（跳過約 2/3 前車窗），繼續搜尋符合之掃描線，如有則停止。
3. 將所搜尋到二條掃描線（A 和 B）中間之影像擷取下來，如圖 15。



圖 9 原始影像 I



圖 10 二值化後之影像



圖 11 經過特徵區域處理之影像 I



圖 12 垂直投影直方圖



圖 13 車輛縱向切割圖



圖 14 水平投影直方圖



圖 15 車輛橫向切割圖圖



16 前車窗自動搜尋結果

(2). 影像正規化及特徵向量輸出

由於前車窗自動搜尋所定位之影像大小皆不一，因此必須給予正規化，使每一個工作視窗皆擁有相同之影像解析度。

步驟一：工作視窗之選取

首先輸入前車窗自動搜尋所定位之影像（如圖 16），使之成為工作視窗，由於我們僅需利用左半部（前座乘客所在位置）之區域，因此先行對切一半，去除右半部，保留左側影像成為新工作視窗。

步驟二：區域特徵單元處理

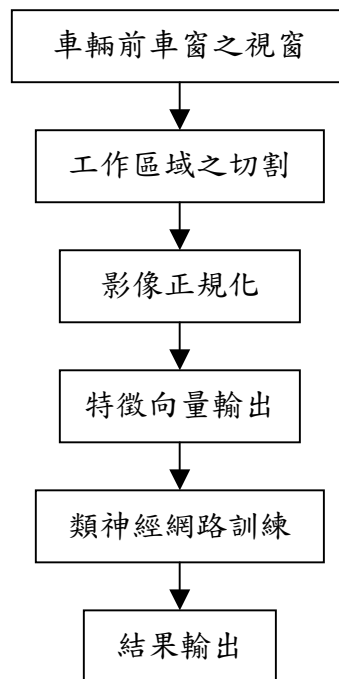


圖 17. 乘客確認流程圖

本文以 $k \times k$ 之遮罩來形成區域特徵單元；在此我們則以 $k_1 \times k_2$ 之遮罩來處理（註： k_1 、 k_2 不一定會相等，可能相等也可能不相等），使得工作視窗之輸出特徵向量皆相等，經過區域特徵單元處理並正規化後，就可以得到標準解析度之工作視窗 $m_1 \times m_2$ 。

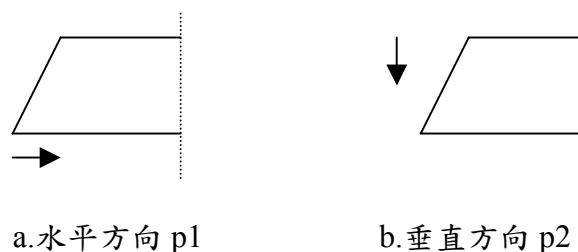


圖 18 捨去多餘像元之決策

步驟三：特徵向量輸出

由前一步驟我們可得到區域特徵單元之決定值， $k1$ 及 $k2$ ，以及標準解析度之工作視窗影像。為進一步得到特徵向量，首先我們先將影像二值化，再以 $k1 \times k2$ 之遮罩，依照從上而下、由左而右之順序處理。

$$\frac{\left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k p_{ij}^a \right)}{k \times k} \times 100\% \geq d\%$$

($i=1$ 至 $k2$ ， $j=1$ 至 $k1$ ； d 為 0 至 100)

至此我們得到一張以二值化及區域特徵處理過之正規化影像，接著再進行影像垂直像元之累加，而一張正規化之影像具有 50 組資料 ($m1$ 為 50)，因而得到一組向量輸出 (水平方向)，我們以此向量為輸入類神經網路之特徵向量 $A(a1、a2、a3.....a48、a49、a50)$ 。

(3). 類神經網路訓練

由前一小節取得前車窗之特徵向量 A 後，將其輸入類神經網路中，以類神經網路來辨識前座乘客是否存在。步驟為先擷取以 N 張不同車輛之影像，以其特徵向量作為類神經網路之訓練基底，再以新車輛影像之特徵向量作為測試。

肆、實驗與分析

在辨識影像時，需對演算法每一步驟之門檻值設定作一深入之分析；本節將介紹此二部分並對辨識率作一分析。

(1). 影像擷取

在取得原始影像後，必須將其利用影像擷取卡擷取出來以利辨識分析，由於每一秒之影像含有 30 張靜態影像，經過觀察原始影像結果後，發現車輛本體 (指整輛車) 出現在偵測器畫面中的時間約為 $4-5$ 秒鐘，本研究將其出現位置分為上、中、下 (指畫面位置)，由於中、下間位置為辨識最佳區域 (上端在演算法中已捨去)，可用時間約為 3 秒鐘。因此我們採取每隔 0.5 秒擷取一張影像 (也就是 30 格影像取 2 張)，以避免車輛出現之最佳位置被篩選掉。

(2). 門檻值設定

本演算法中會影響辨識結果之因素為門檻值設定，由於門檻值之設定過高或過低都會而導致搜尋結果不良，因此有必要討論其設定值。

1. 二值化之門檻值

影像在前處理時，需透過二值化之步驟將影像切割為 0 與 255 二種灰階度組

成之影像，以利下一步驟之辨識，因此二值化之結果對於辨識結果有著關鍵性之影響，過高或過低皆會造成辨識錯誤。以圖 19 表示一張影像中，由每一灰階度之像元數量所組成之分布情況；圖中灰階度由 0 至 255，其像元總數則為 $640 \times 480 = 307200$ 個，由圖中可發現形成好幾個峰值，峰頂之間往往可視為門檻值之所在，由於不同的目的（指辨識物體之種類）有不同的門檻值條件，在這裡我們是以清楚辨識車內物體為主，故根據實驗所得，本文發現影像最佳門檻值大多落於眾數所形成的峰頂之前方峰谷，也就是 A 至 B 所形成之區域。

2. 區域特徵單元之門檻值

在形成區域特徵單元時有二個變數要注意：k 值與 d 值（k 值為遮罩大小、d 值為像元比例）。由於 k 值會影響區域特徵單元的大小，也就是會影響解析度，k 值過大則影像解析度變小，k 值過小則影像解析度變大，因此必須取一適當值。至於 d 值，由於其為區域特徵單元內像元素之百分比，因此其重要性和二值化門檻值類似，d 值過大則像元灰階度=0 佔大部分，d 值過小則像元灰階度=255 佔大部分。由於以前車窗內之乘客臉部為辨識區域，因此 k 值與 d 值之取捨必須要能夠完整顯示出乘客臉部的外圍輪廓（五官不重要），以及使後座背景部

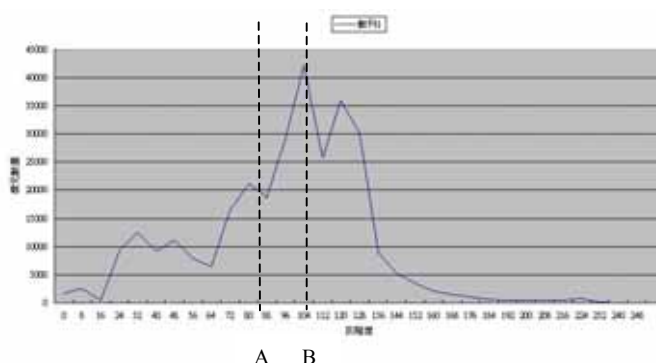


圖 19 灰階度之像元數量分布圖

分有相當程度之雜訊去除。所以分別以 $k=3、5、7、9、11、13、15$ ； $d=10、30、50、70、90$ 實驗，經過 100 張不同車輛之影像測試後，並以經驗值判斷，決定以 $k=5$ 和 $d=50$ 為最佳值。

3. 投影直方圖切割之門檻值

接著在切割垂直及水平方向之投影直方圖以求工作視窗時，必須設最佳之門檻值，才可切割出完整之工作視窗。在這裡有四個門檻值要設置，分別為水平投影直方圖之上、下邊，以及垂直投影直方圖之左、右二邊。在垂直投影直方圖之左、右二邊門檻值部分，由於車體本身在投影圖中有相當密集且大之情況，且其投影量與背景部分有著明顯之落差；因此在觀察 100 張影像後，分別檢查其垂直投影直方圖中由左至右和由右至左之相鄰掃描線之差距量，找出其最大值。以圖 20 為例，a、b、c、d.....等表示左右投影量之差距，我們找出其中可能出現之最大值（一般在左側及右側），如 b 及 c 二差值。



圖 20 垂直投影直方圖差距量示意圖

找出每一張影像之最大差距量後並計算其平均數和眾數，再分別以平均數和眾數執行演算法後，發現平均數之搜尋結果比眾數優，因此我們採取平均數為門檻值。不過有二點要注意的是：

1. 偵測器之架設位置與門檻值息息相關，當匝道行進方向為順時針時，且偵測器架設於匝道左方，後方車輛與目標車輛之距離如果過近（2 公尺內），則會因為二輛車車體連成一體而導致車輛左方工作視窗誤判，切割過大之工作區域（如圖 21），此時門檻值必須縮小以減少誤判；而當偵測器架設於匝道右方時，則上述誤判之發生情形會增加，且後方車輛與目標車輛之距離必須保持更遠（門檻值較難取捨），因此當匝道行進方向為順時針時，建議偵測器架設於匝道左方。
2. 當匝道行進方向為逆時針時則和順時針相反，當偵測器架設於匝道右方右側門檻值需縮小以減少誤判，偵測器架設於匝道左方則誤判之發生情形會增加；因此當匝道行進方向為順時針時，建議偵測器架設於匝道右方。

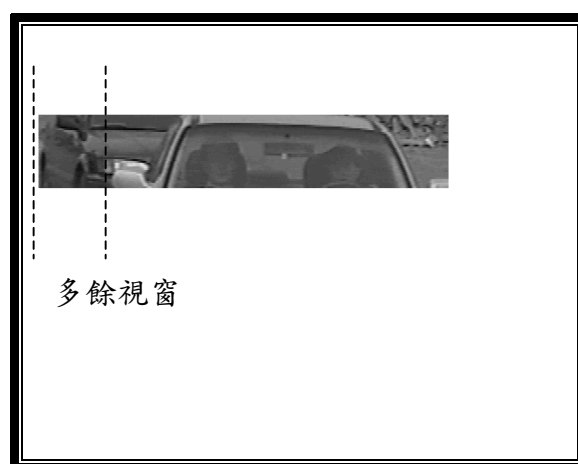


圖 21 工作視窗之誤判

在水平投影直方圖之上、下二邊門檻值部分，由於已經刪除上方 1/6 掃描線，且在實驗資料中可知車窗高度約佔 70 條掃描線（我們採跳過 50 條掃描線），因此門檻值利用實驗所得之平均值（和垂直投影直方圖之切割相同）決定即可，並不會產生誤判之狀況。

(3). 前車窗辨識率

在前車窗搜尋之辨識率方面，我們以 200 張不同車輛影像作為試驗，門檻值則如前述所設定，以演算法執行後，發現有 31 張影像無法正確切割出工作視窗，也就是辨識率約為 85%；其切割失敗之原因可分為二點：

1. 車種問題：由於本研究係針對小型車為研究對象，未包含中、大型車輛，因此偵測器架設之幾何角度為小型車之最佳值。當車輛為中、大型車時則影像無法完全涵蓋車輛，因而造成前車窗搜尋失敗。

小型車前車窗搜尋失敗則可歸咎於國人之駕駛習慣不佳，由於車輛間未保持安全距離，導致目標車輛與其後方車輛距離過短，進而造成影像中二車輛連成一體，因而使得我們在切割左右工作視窗時會造成切割區域過大而形成誤判。

(4). 類神經網路之辨識結果

1. 網路建構與訓練

在前座乘客數量辨識方面，我們以倒傳遞類神經網路作為訓練網路，並以 100 張含不同車輛及人數之特徵向量作為基底資料庫，將其當成訓練範例訓練後，再以另外 100 張影像之特徵向量作為測試範例進行測試。

訓練測試之收斂過程圖 22。

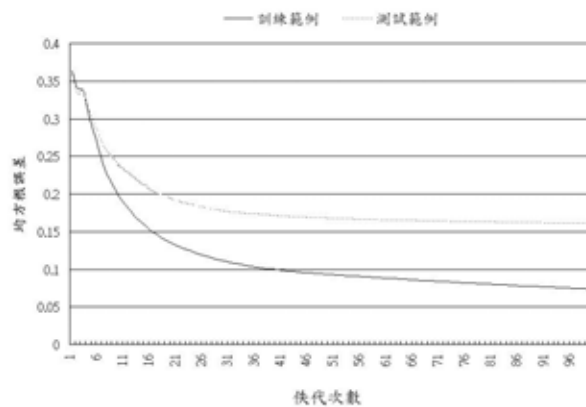


圖 22 訓練測試之收斂過程

由圖 22 可知網路之收斂相當良好，當訓練至 74 次左右時，測試範例之誤判率已低達 0.06，即表示 100 張影像中有 94 張可成功辨識出來；再增加之訓練次數只是使均方根誤差更加收斂而已。由於測試範例之誤判率僅為 0.06，顯示出網路已建構完整且前座乘客之辨識效果相當良好。

(5). 網路應用

網路建構完成後，我們將其引入影像演算法中。由於已有一完整之類神經網路，因此每一單張影像只須代入網路即可辨識，不需重新訓練測試，可節省相當之時間，充分展現類神經網路之優點。在此我們以 100 張影像作為測試樣本。

實驗後可知共有 6 張影像辨識失敗，換句話說，就是辨識率為 94% ，和網路收斂結果之誤差率相當吻合，顯示出網路訓練成果對實際辨識相當有成效。

綜合前述實驗結果，前車窗自動定位系統由於受限於國人駕駛習慣不佳及大小車種之因素，使得切割時之門檻值取捨不易，誤判機率提高，因而造成辨識率約為 84% ；而工作視窗內之前座乘客部分，我們採用倒傳遞類神經網路為辨識方法，採取以 N 張影像為訓練範例之基底，每擷取一張新影像即進行測試及辨識，辨識率約為 94% ，也就是每 100 張影像有 94 張辨識成功，結果相當理想；綜合上述二步驟，則整體辨識率約為 80% ，由於誤判大都發生在前車窗定位上，相信只要國人駕駛習慣改善，保持一定之跟車距離，則辨識率將可大大提昇。

伍 、 結 論

1. 本研究之目的在於發展一套可用於匝道之車輛乘客偵測系統，以替代實行高乘載時所需要之警方人力。本偵測系統結合傳統影像處理技術（如二值化處理）與類神經網路，自動定位並追蹤車輛前擋風玻璃之影像區域，以確認前座乘客是否存在。
2. 本研究在進行偵測實驗前，先分析偵測器與影像環境二者之關係。透過偵測角度與偵測高度之變數來探討影像幾何環境；先以單一像元（點）於縱向與橫向之解析度與其實際距離的關係探討影像之解析度，再進一步以像元組成之車輛偵測（面）來探討車輛在縱向線與橫向線所佔之總像元素，因而獲得最佳偵測角度與高度之偵測器架設條件。
3. 本研究以類神經網路來辨識，類神經網路具有快速計算與學習能力，可於連續影像中達到加速辨識之目的。另外由於影像中含有相當之雜訊，而類神經網路之容錯與自我調整之特性，可將雜訊作一相當程度之去除，因而類神經網路對於本研究有相當之幫助。
4. 本研究以 100 張連續影像作為基底樣本，於整個乘客偵測系統之辨識率可達 80% （第一階段前車窗自動定位為 84% ，第二階段類神經網路訓練為 94% ），整體辨識率尚未達到 100% ，但仍尚稱滿意。
5. 本研究於前車窗自動定位時，由於受到國人駕駛習慣不佳，使得跟車距離過短，導致產生誤判之情況，如能提昇國人駕駛水準，則辨識率可再提高；另外國內一些車輛於前擋風玻璃貼上深色隔熱紙，使得無法清楚辨識車內情況，導致以類神經網路辨識時會導致誤判之情況，由於法令明文規定前車窗隔熱紙不可阻隔

車內情況，因此實驗時不考慮這些情況。

柒、參考文獻

1. 黃鍾木、徐世湧，「行動式車牌辨識系統」，中華民國專利公報，公告編號：191905。
2. 黃鍾木、徐世湧、吳文明，「車牌自動辨認辦法」，中華民國專利公報，公告編號：226454。
3. 黃鍾木、徐世湧，「停車場車牌辨識輔助系統」，中華民國專利公報，公告編號：221193。
4. 吳孟聰，「車輛牌照自動辨識系統」，淡江 87 年碩士論文
5. 馬西聰，「利用灰色關聯度辨識車牌字母之研究」，台科大 86 年碩士論文
6. 楊文宗，「車輛牌照號碼自動辨識系統」，中原 85 年碩士論文
7. 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」，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 84 年 6 月。
8. 沈玉升，「類神經網路在影像外形自動辨認之應用」，靜宜大學管理科學研究所碩士論文，民國 83 年 6 月。
9. Minerva Yeung and Boon-Lock Yeo, Segmentation of Video by Clustering and Graph Analysis (1997) , C. V. I. U. Vol. 71. No. 1, July. pp. 94-109, 1998.
10. Luiz Velho, Demetri Terzopoulos, Jonas Gomes, Constructing Implicit Shape Models from Boundary Data (1995) , C. V. I. U. Vol. 49. No. 1, May. pp. 220-234, 1995.
11. R. Vaillant, C. Monrocq, Y. Le Cun, Original Approach for the Localization of Objects in Images, IEE Proc. Vis. Image Signal Prcess., Vol. 141, No, Aug. 1994.
12. L Khoudour, J P Depairs, L Duvieubourg, Linear Image Sequence Analysis for Passengers Counting in public Transport, Public Tranxport Electric systems, 21-22 May 1996.
13. L Khoudour, J P Depairs, L Duvieubourg, A Device for counting Passengers Making Use of Two Active Linear Cameras: Comparison of Algorithms. IEEE 1996.
14. Paclidis, P. Symosek, B. Fritz, A Near-Infraed Fusion Scheme for Automatic Detection of Vehicle Passengers, IEEE 1999.
15. Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, 「Image Processing, Analysis, and Machine Vision」, PWS Publishing Company, 1999.
16. Carl G. Looney, 「Pattern Recognition Using Neural Networks」, Oxford company. 1997.

