

第一章、簡介

1.1 引言

根據近五年內國際道路交通事故資料（OECD-IRTAD）及世界衛生組織（W.H.O）的統計資料顯示，主要國家的機動車交通事故死亡率以新加坡的 5.2 人/十萬人口（2002 年）最低，再高一點則在英國、日本和德國，約在 5.6 至 7.9 人之間，更高一點的死亡率是在美國：15.1 人，而最高的則是在韓國：22.3 人（2000 年）。我國的交通事故死亡率則為 19.2 人/十萬人口（2002 年），僅低於韓國，居高不下，顯示交通事故的防範措施是我國嚴重的問題之一。

另外我們再調查內政部警政署的資料，發現在各種車禍事故的肇事原因中，除了駕駛者違反駕駛規則的因素外，有一因素是由於駕駛者精神疲勞而導致車禍發生的。我們究其原因及探討社會現象，發現人們的工作時間過長，很有可能在精神疲憊下開車返家。尤其是職業駕駛者，常有加班開車而不休息的情況，嚴重威脅到更多人的生命。

因此許多學者積極研究如何「預防」駕駛者疲勞中駕駛，提出的想法是在車輛中裝設偵測駕駛者精神狀態的安全輔助系統。此系統希望在偵測出駕駛者精神不佳的時候，能發出聲音警告，噴灑刺激的氣味，或是呼叫電訪人員與駕駛者聊天等，使駕駛者保持清醒狀態。

目前偵測駕駛者精神狀態的方法可分為三大類：一、偵測駕駛者開車行為的變化 [Mor96]，二、使用醫學儀器偵測駕駛者的生理狀況 [Con02, Vuc02]，三、使用影像處理技術來偵測駕駛者的臉部表情，其中較為重要的為駕駛者眼睛的眨眼頻率 [Gra98，

Hay02, Sug96, Smi00, Ito02, Sil03, Ji04, Hor04], 由眨眼的頻率間接得到駕駛者腦波的變化以判斷駕駛者的精神狀態。

在第一類方法中，主要偵測車子車速的變化、方向盤的轉變頻率、輪胎的轉動速度、煞車的使用頻率等。雖然個人駕駛習慣可以反應精神狀況，但是駕駛過程中的環境變數非常多，有時兩者之間並沒有直接的關係。舉例來說，左右鄰車的駕駛行為與紅綠燈的等待時間皆為未知數，而且駕駛者可能臨時接聽電話或是臨時停靠路邊，這些因素使得這方法在應用上的準確性不高。

第二類方法的使用，主要是由於人類精神狀態可以藉由一些生理指標來觀察，比如駕駛者的腦波 (EEG)、肌肉波 (EMG)、眼動波 (EOG)、脈搏、血壓和呼吸頻率等等，而其中腦波、肌肉波以及眼動波是醫學界最常用來作為精神狀態的生理指標。而腦波指標的應用是因為專家發現人類在閉眼時，腦波會呈現特殊的波形，稱之為 alpha 波 (8~12Hz)，而人類由清醒要進入睡眠 (REM sleep, rapid-eye-movement sleep) 期間會有一段打瞌睡的時期，alpha 波就在清醒、打瞌睡和睡眠這三階段中產生不同的變化，所以我們能根據這變化判斷人類的精神狀態[Can02]。使用醫學儀器偵測駕駛者的生理指標，優點是能快速且準確地偵測出打瞌睡的狀態，但是最大的缺點是這些儀器體積龐大，不容易安裝在有限空間的汽車內。而且車子的震動會形成干擾波，影響數據的準確性。另外一個嚴重的缺點是這些設備會造成駕駛者身體上的不舒服感，所以駕駛者對於套用儀器會有選擇性，如此安裝的頻率不高情況下就會導致安全上的疏漏。因此綜上所述，此方法的落實仍有待評估。

在第三類方法中，是利用人類的眨眼頻率，來判斷駕駛者的精神狀態。1994年 Ueno 學者等人發表 alpha 波與眨眼頻率有相當高的同步性[Uen94]，取其示意圖如圖 1.1，圖中虛線表示人類腦波指標，實線表示利用影像處理偵測到的眨眼頻率，兩個指標呈現高度同步的情況，表示眨眼頻率這項指標可以間接得到腦波指標。研究[Din98，Can02，Ito02]顯示，當駕駛疲勞時，其腦部的 alpha 波會增大，同時閉眼的頻率及時間（PERCLOS）會越長，表示腦波與眨眼頻率的確有相當高的相關性。所以學者們使用攝影機拍攝得到駕駛者臉部的連續影像，再使用影像處理技術得到眨眼頻率及時間間隔。此方法的優點是偵測的設備不需要接觸駕駛者身體，並且容易架設。Ueno 等人[Uen94]亦評估整理上述三大類方法的準確性、實用性以及可延展性，製作表格如表 1.1 所示。表格中 1.a 項表示測量腦波或肌電波來偵測駕駛者精神狀態的方法，其準確性非常高，不過延展性尚可而已，而且實用性相當差。表格的 1.b 項為測量駕駛者的頭的轉動變化或是測量眨眼的頻率，其準確性、實用性和可延展性綜合看來是最好的，表示利用攝影器材來輔助記錄駕駛精神狀態的可行性遠高於其他方式。本論文及朝此方向作研究。不過此方法最大的困難點是戶外的光線變化劇烈，影響影像的品質及物體的辨識率。

在本研究中，我們使用攝影器材拍攝駕駛者的臉部分，然後利用影像處理技術偵測駕駛者的眼睛及其眨眼頻率，由此判斷駕駛者的精神狀態。為了避免光線影響臉部分及眼睛的截取，我們先使用膚色資訊擷取影像中的臉部分區域，接著由臉部分與眼睛的相對位置找出駕駛者的眼睛，最後判斷眨眼狀況。

1.2 文獻探討

因為人類的眼睛位在臉部內，而且臉部範圍比眼睛大，較容易在複雜影像中偵測出來，所以學者們先偵測出影像中的臉部，然後在這臉部內偵測眼睛。因此本節中先從相關的文獻中探討偵測臉部和偵測眼睛的方法。

1.2.1 臉部的偵測

偵測臉部的方法在[Yan02, Hsu02]有綜合的討論，其中主要的方法大概可分為四種：

一、藉由學習機制 (learning)，如：neural networks[Lin97, Mit03]、principal component analysis (PCA)、Support Vector Machines [Sun03, Xia04, Fan03]、Kullback-Leibler Boosting [Liu03, Lu03, Hua04]、Gaussian mixtures [Zhu03]等，來取得臉部的特徵，再根據學習來的特徵偵測人臉。此方法的優點是可以偵測包含兩人以上的影像；但缺點是除了必須事先擁有大量的影像資料庫外，執行時輸入的影像還必須符合資料庫中的影像，否則偵測錯誤的機率很高。

二、樣板比對(template matching[Ngu04])，事先建立人臉樣板，藉此偵測人臉。此方法的優點是執行速度快，但缺點是輸入影像中的臉部範圍的大小以及頭部轉動的角度對偵測影響很大，所以對於臉部表情誇張或是表情變化多的臉部影像會偵測錯誤。

三、數學模組，如：geometrical modeling[Kuo03]、ellipse-fitting [Bir97, Bir98, Per01]、Hough transform 等，用數學式子表示臉部的特徵，由此偵測人臉。此方法的優點是能解決第二種方法的缺點，但是執行速度慢，不能即時的運作完成，無法

針對駕駛者的精神狀態進行即時的偵測與提醒。

四、顏色分析 (color analysis)，如：*HSV* (或 *HSI*) [Hor04, Mar03, Ike03]，*Lab*，*LUV* [Ada00]，*HMMD*[Fan03]，*TSL*[Che03]，*XYZ*，*YIQ*，*YES* [Sab96]，*YCrCb* [Cha99, Niu03]等。方法是使用膚色值的資訊，在影像中偵測人臉。其優點是不用建造資料庫，也不用複雜的數學，可在複雜背景的影像中，快速地偵測出皮膚部位。

綜上所述四種方法的優缺點，本研究採取第四種顏色分析的方法來偵測影像中的人臉。許多學者分析影像中的皮膚值，定義出膚色的範圍值，除了使用傳統的 *RGB*，還有 *HSV*(或 *HSI*)、*Lab*、*LUV*、*HMMD*、*TSL*、*XYZ*、*YIQ*、*YES* 和 *YCrCb* 等 color spaces。這些 color spaces，都有一共通的目的，就是希望將色度(chrominance)與亮度(luminance)分開來。由於人種膚色的差異主要取決於膚質的明亮度，其影響多過於色度[Yan02]，此外戶外光線隨時會改變，若能是先分離出亮度值將能更準確地定義膚色值。

上述中最廣為使用的 color space 屬 *YCrCb* color space，因為數位格式標準之一：*CCIR 601*，即是使用亮度信號 *Y* 和色差信號 *Cr* 與 *Cb*，而且膚色值在 *YCrCb* color space 中較容易界定範圍，其分布形狀在 *YCrCb* color space 中呈現集中且直立的帶狀，如圖 1.2 所示[Hsu02]。故 Chai 等學者在 1999 年定義出的 *Cr* model 和 *Cb* model 的膚色範圍可以將不同人種的膚色偵測出來，其 *Cr* 值範圍為[133 173]而 *Cb* 值範圍為[77 127]。

雖然上述提到的 color spaces 能將色度(chrominance)與亮度(luminance)分開

來，但是實際上在強烈的陽光照射下，臉部的反光幾乎接近白色，並不在膚色範圍內，所以從影像中擷取皮膚部位會是嚴重破碎的。於是學者紛紛想出一些解決的方法，如：一、使用 *PCA* 判斷影像中的膚色是否屬於強光反射的值[Che03]，優點為可以判斷影像中的強光點，不過缺點為此方法需要大量的臉部影像資料庫。二、重新定義強光下 *YCrCb* 中膚色的範圍值[Hsu02, Lv03, Won03]。優點為可以偵測出一些強光下的膚色，缺點為更強烈光線下的膚色還是偵測不出。三、同時利用 *YCrCb* 以及 *RGB* 定義膚色值[Zha03, Chi03]，使用其他 color space 輔助，雖然可以更完整地偵測膚色，但是跟第二方法的缺點一樣，部分強光下的膚色仍是無法偵測。四、從 *YCrCb* color space 中重新設計出新的 color space，如 *YCgCr* [Dio03]（從 *YCrCb* 線性轉換而得）和 *LUX* [Lie04]（由 *YCrCb* 非線性轉換而得），優點是對膚色的敏感度更高，尤其是 *LUX* 是目前偵測膚色最成功的 color space，但是缺點猶如前面所述，強光下的膚色仍無法偵測出來。

綜合上述改進的方法皆不能將強光下的膚色完整擷取出來，於是本研究擬採用膚色偵測皮膚部位外，再配合臉部的輪廓，使用輪廓清晰的邊線彌補破碎的部分。此方法最大的優點是不論在強光下還是一般環境下，臉部的輪廓皆很明顯，故能除去光線劇烈變化的影響。

1.2.2 眼睛的偵測

在影像中得到臉部後，接著偵測眼睛部位，作法主要可以分五種類型，有學習機制、模組、邊線、位置和顏色。以下分別介紹。

一、學習機制：如 Markov models [Bag04]、PPCA model [Hua03] 和 Neural visual model [Phi03]，事先使用多張眼睛的影像評估出眼睛的參數，之後可經由參數比對判斷輸入的影像中眼睛的位置。其優點為可從內含多人的影像中分別偵測出眼睛，但缺點為事前需要大量的影像資料庫來學習調整參數，而且進行偵測時花費時間不少。

二、模組 (Template matching [Wu04])：事先設計出眼睛的影像樣本，用來掃描比對輸入的影像，若是比對出近似度高的區塊則判定為眼睛。此方法的優點為將輸入影像進行像點對像點的比對，執行速度可以很快，但是缺點則是因為人類眼珠會轉動，而且頭部也會轉動，因此要設計許多不同情況的眼睛模組，這樣不僅設計不易外，模組數量龐大也會降低比對時的執行時間。

三、邊緣 ([Hor04])：在平滑的臉部中，眼睛部分的邊界最稠密，所以只要在臉部範圍內判斷密集且成對的邊緣區域即可偵測出眼睛。優點為偵測邊緣的執行速度快，不過缺點則是受光線變化的影響大，而且臉部的輪廓和頭髮形成的的邊界也會影響判斷。

四、位置 ([Uen94])：做法是利用眼睛在臉部的相對位置，在輸入影像中直接由座標關係找出眼睛部位。其優點為速度很快，而其缺點則是頭部傾斜轉動時，就不能從相對位置找出眼睛，可能須同時偵測出眉毛或嘴唇部分來輔助偵測，如此所花時間就會增長。

五、顏色 ([Smi00])：利用眼睛為非膚色的特性，在影像的臉部膚色區塊中

找尋空洞區塊，篩選出眼睛部位。此方法最大的優點為不論光線如何變化，眼睛部分仍會與膚色區塊的顏色不同，執行速度快。但是在強光下空洞數目不但增多且空洞面積會過大。

本論文結合第四和五的作法來偵測影像中的眼睛，並且根據實驗的觀察，發現眼睛中眼白與眼珠的顏色在水平線上呈現雙峰的曲線，所以我們可以再利用此特性進一步篩選眼睛部位，並且使用連續影像的資訊來提高準確性。此方法優點為速度快，而且在光線變化下，偵測連續影像中的眼睛會更精準。

1.3 論文架構

在第二章中，我們將對整個偵測駕駛者眨眼狀態的系統做一描述，在這個系統中包含有三個子系統，分別為：臉部偵測、眼睛偵測與眨眼判斷，這些系統分別在第三章至第五章介紹；第六章展示實驗結果；第七章則為總結，並討論未來研究方向。

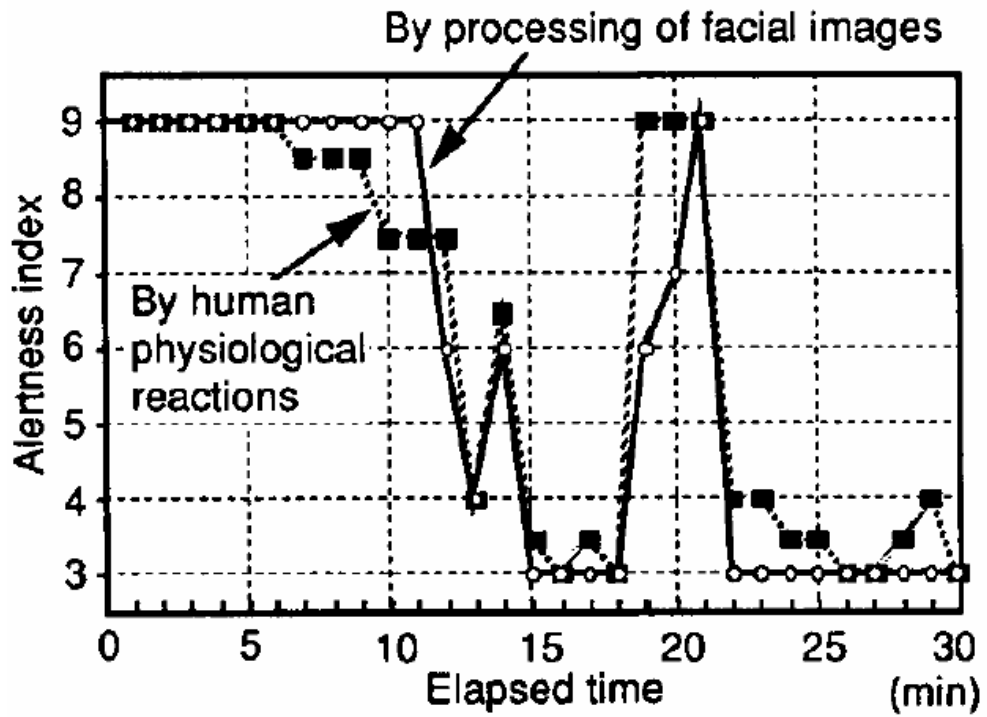
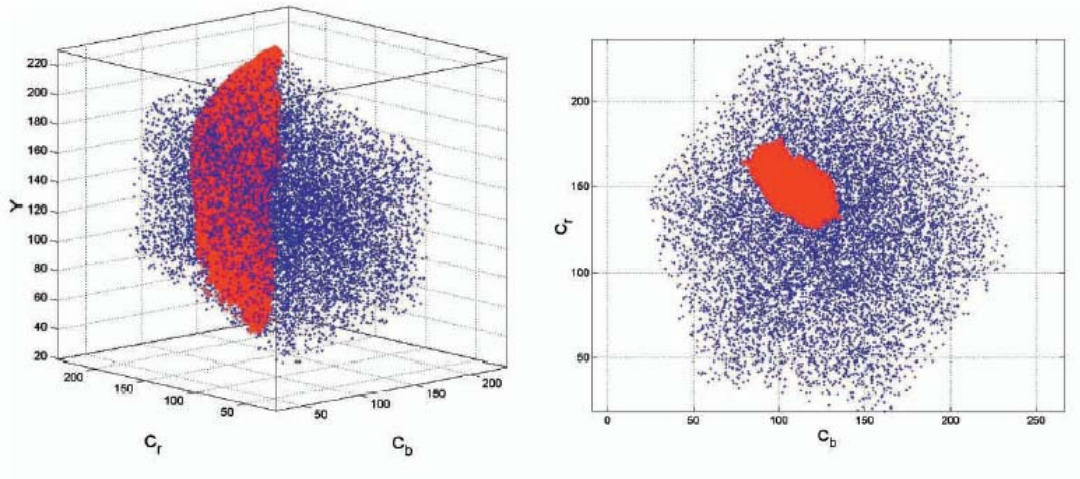


圖 1.1 (取自[Uen94])：腦波與眨眼頻率的同步相關性，虛線為人類生理指標，實線為使用影像處理偵測眼睛狀態的指標。

Detection Techniques		Description	Detection Accuracy	Practicality	Extendibility
1. Sensing of Human Physiological Phenomena	a. Physiological Signals	Detection by Changes in Brain Waves, Blinking, Heart Rate, Pulse Rate, Skin Electric Potential, etc.	◎	×	△
	b. physical Reactions	Detection by Changes in Inclination Driver's Head, Sagging posture, Frequency at Which Eyes Close, Gripping force on Steering Wheel, etc.	◎	○	◎
2. Sensing of Driving Operation		Detection by Changes in Driving Operations (Steering, Accelerator, Braking, Shift Lever, etc.)	○	◎	×
3. Sensing of Vehicle Behavior		Detection by Changes in Vehicle Behavior (Speed, Lateral G, Yaw Rate, Lateral Position, etc.)	○	◎	×
4. Response of Driver		Detection by Periodic Request for Response	△	×	◎
5. Traveling Conditions		Detection by Measurement of Traveling Time and Conditions (Daytime or Nighttime, Speed, etc.)	×	○	◎

◎ : Very good ○ : Good △ : Average × : Poor

表 1.1 (取自[Uen94])：針對不同偵測駕駛者精神狀態的方法作優缺點比較。



(a)

(b)

圖 1.2 (取自[Hsu02]) 膚色值在 $YCrCb$ 的分佈圖。(a) Y , Cr 和 Cb 的 3D 立體圖；(b) Cr 和 Cb 的平面是意圖。圖中的紅色區塊代表膚色的點，藍色的點表示非膚色的點，(b) 顯示出膚色值在 Cr model 和 Cb model 中分佈的範圍非常集中且面積小，表示膚色值全都落在小區塊範圍內。