

結合心率變異特徵與人臉表情之情緒辨識系統

謝沛洋
中山醫學大學
應用資訊科學學系
calvin147258@hotmail.com

秦群立
中山醫學大學
應用資訊科學學系
ernestli@csmu.edu.tw

摘要

近年來人類生活步調快不論是在家庭、職場或學校中，都有無形的壓力。近三年，罹患躁鬱症比過去 10 年多出 40 倍。值得重視的是，九成以上的自殺案例，都有「憂鬱症」或「躁鬱症」的病史。目前評估個人精神壓力狀況，是以問卷或對談方式，依照醫師個人經驗做判斷，若能發展一套可行的量化方法，則可幫助醫生評估患者心理壓力的狀況，且利於自我健康管理。因此本論文在以攝影機擷取人臉及藍芽心電圖機測量使用者生理數據，以人臉、眼睛、嘴巴及心率變異分析為基礎，藉由模糊推論來判斷使用者的情緒狀態，並將每次測量的結果儲存至資料庫，若往後需要就醫，可做為醫生參考之依據。本論文的實驗結果在人臉特徵偵測的成功率為 80.03%，而整個系統的成功率為 82.31%。

關鍵詞：憂鬱症、藍芽心電圖機、心率變異分析、模糊推論

1. 前言

現代人的生活步調快且處於忙碌繁亂的社會中，不論是在家庭、職場上或是學校中，都有著無形的壓力。情緒的震盪常讓現代的人們無所適從，加上人際間競爭的複雜化，稍有心理調適不當或外在支持無法配合時，極易落入情緒憂鬱的惡性循環中，使的工作效率下降，惡性循環後更多挫敗和失落便會接踵而來，此時除了心理的疾病外生理的疾病也伴隨而來。

本論文的目的是在於透過心率變異 (Heart Rate Variability, HRV) 的分析結合臉部表情的辨識發展出一套情緒辨識系統。

由於心理疾病較難在一般狀況下被發現，希望透過心率變異的測量及臉部表情的辨識能盡早發現是否有心理的疾病或是因為生病造成情緒上的異常也能盡早發現，避免悲劇的發生。本系統的開發除了可以測量使用者的情緒狀況外，並且也可以將測量過的記錄存入資料庫內，若往後有需要就醫，可以提供醫生之前的記錄作為參考。

近年來罹患憂鬱症及躁鬱症等心理疾病的人逐漸攀升，根據調查統計，近三年來罹患躁鬱症比過去 10 年多出 40 倍。值得重視的是，九成以上的自殺案例，都有「憂鬱症」或「躁鬱症」的病史。依據衛生署自殺防治中心資料顯示，平均每兩小時二分鐘，就有了一個人自殺，去年一年，台灣有一百四十七萬兩千個民眾曾「想過」結束生命，有四十一萬六千人「確實出現結束生命的行為」，其中有十三萬人有「兩次以上」結束生命的行為。兒童或青少年時期發作的憂鬱症通常跟成人的憂鬱症有些不同：小孩比較不會直接陳述自己的症狀，也不太會用憂鬱這些詞語來描述自己的心情，但是小孩子比較容易直接透過行為來表現。相對於老人的憂鬱症就不容易發現了，一來是因為傳統的觀念上，就認為老人的行動力減弱，比較沒有精神，所以當憂鬱症發生時，兒孫們往往以為只是老化的現象而已，卻忽略了潛在的憂鬱症狀，因此情緒辨識系統的開發是必要的。

首先談到心率變異的部分，[5] 心率變異指在竇性心律的一定時間內，心搏和心搏間 (beat-to-beat) 的時間變異數，即是分析心率的快慢差異性的大小及其規律。HRV 的分析不同於以每分鐘為單位的平均心率差，而是分析每個心動週期細微的時間變化及其規律。心率受呼吸、血壓、

內分泌、情緒等影響，故可藉此觀察自律神經及心臟竇房結間的相互影響。其能判斷心血管疾病的病情，也是預測心臟性猝死和心律失常的一個有價值指標。

[5]常用的心率變異性的分析方法有時間域分析法 (Time Domain Methods) 及頻率領域分析法 (Frequency Domain Methods)

● 時間域分析法：

可分為統計法與圖解法，整體來說時間領域分析法的各種指標都是用定量的方法對心動周期 (R-R間期) 的直方圖 (Standard Deviation of all Normal to Normal R-R intervals, SDNN) 或R-R間期差值的直方圖 (The root mean square of successive differences between adjacent normal cycles, RMSSD) 形狀的描述。HRV直方圖的外形越寬越低則表心率變異性大，反之心率變異性小。

● 頻率域分析法：

將心率變化曲線轉變為頻譜常用的方法為快速傅立葉轉換法。頻率域分析法對短時間及長時間的分析結果意義有所差別。短時間(5min)的分析需控制好環境條件，避免影響自主神經的活動。長時間的分析(24hr)較無法控制吸煙、飲酒、情緒起伏等因素，只能反映整體大致的情況。在1981年Akselrod等人研究發現，經由非侵入性量測所獲的心電圖訊號，再透過傅利葉轉換後，所得到的心率變異特性功率頻譜，可以反映出交感、副交感於生理機制的控制現象。將R-R interval作頻譜分析，可觀測出3個明顯的頻峰(Spectral Peak)，分別為高頻(HF)、低頻(LF)和極低頻(VLF)，而這三個頻帶會反映在心率變異上。在1996年American Heart Association(AHA)為心率變異各頻帶範圍定義出新的標準，高頻頻帶為0.15~0.4 Hz、低頻頻帶為0.04~0.15Hz和極低頻頻帶為0.003-0.04Hz。[3]其中低頻是代表交感神經活性、高頻則是代表副交感神經活性而極低頻則代表溫度調控、腎素-血管張力素-醛固酮系(Renin-Angiotensin-Aldosterone System, RAA System)與部分副交感神經

功能。[1]心率變異是由「自律神經系統(Automatic Nervous System, ANS)」控制藉以維持身體平衡，且心跳間距變化是受交感神經系統及副交感神經系統等影響，因此可以藉著研究心率變異，作為自治循環及自律神經系統的指標。

近年來，心率變異分析逐漸成為醫生矚目的一項生理指標，用來監控自主神經系統對人體的調控，並為心血管疾病致死率的參考指標。[8]常見心血管疾病病人致死性的指標為交感神經及部分副交感神經調控的低頻上升，以及副交感神經調控的高頻下降。[2]當診斷疑似冠狀動脈心臟病時，常須進一步做心導管檢查，病人常有焦慮、不安等情緒，對檢查過程中可能發生的危險性、副作用或對不確定的檢查結果等產生焦慮、恐懼，需提供適切的護理指導，以降低其焦慮，這些情緒對於心血管疾病的病人而言，是一個潛在的壓力。[7]焦慮情緒亦會增加心臟病突發的發生率，而心率變異是呈現降低的現象，研究亦發現心肌梗塞病人的焦慮恐慌情緒與心率變異下降有關、發現無論焦慮或憂鬱皆會降低心率變異，並與冠狀動脈心臟病及心率不整病人的心血管死亡危險性增加有關。[10]利用禪宗冥想介入測量特質焦慮量表及心率變異分析之改變，結果發現高程度焦慮者經由禪宗冥想訓練，集中精神後焦慮降低量表得分，特質焦慮量表得分分別與腦波慢 α 波(Slow alpha wave)呈負相關($r=-0.482, p<0.05$)，與心率變異的HF指標呈正相關($r=0.555, p<0.01$)，但與LF及LF/HF比值無顯著相關($r=0.305, p<0.17$)。[4]提出在心導管檢查前之情境焦慮及特質焦慮得分皆呈現男性低於女性，特質焦慮量表與心率變異具性別上顯著差異($t=-2.44, p<0.019$)，而情境焦慮得分並不具統計學上意義，另不同性別在心率變異的分析上，呈現女性時域分析心率變異SDNN、HF及LF的指標皆顯著大於男性($p<0.05$)。精神壓力會造成情緒上不穩定，如焦躁、憤怒、不滿等負面情緒，影響到自律神經系統，刺激交感神經與副交感神經的活性增減，並反應在心

率上。[10]對短時間R-R間期和心血管收縮壓作頻譜分析，研究心理壓力（Psychological Stress）對自律神經系統與循環系統的影響，發現受測者精神專注時，其低頻能帶的能量較平常為高。[10]研究在精神壓力與生理回饋（Biofeedback）的狀態下，以心率變異、表皮溫度變化、末梢血管舒縮神經的活動等三個指標，觀察體表溫度、血管之變化與交感神經系統活動的相關性，在此文獻中認為交感神經系統的活動強弱，可當作承受壓力大小的指標。[4]提出在精神壓力環境下，高頻能量會大幅下降，低高頻比（LF/HF）明顯上升且具有統計上之意義（ $P < 0.05$ ），精神壓力減少時，低高頻比則會明顯下降亦具有統計上之意義（ $P < 0.05$ ）。因此可知，精神壓力較強烈時交感神經的活性相對會大幅增加，可作為評估精神壓力狀態的指標，進而輔助臨床相關檢測與診斷。

接下來談論到的是人臉情緒辨識的部分，最早是 Ekman 和 Friesen[11]發展了 Facial Action Coding System(FACS)，根據人在表達不同表情時會牽動不同臉部肌肉的原理，定義出 44 種不同的 Action Unit(AU)，根據特定 Action Unit 的組合，人臉的表情即可以被描述出來。多數的研究都採用 FACS 的理論來判斷臉部表情，[13]也採用 FACS 理論，不同的是在臉部特徵擷取與辨識分類方法的選擇上。[13]將臉部的特徵分為常在與瞬間特徵，常在特徵是眼睛與嘴巴的變化，瞬間特徵是眉間、雙頰與嘴角上端的皺紋變化，先手動設置好這些特徵點的初始位置，再追蹤將這些點的變化，用類神經網路作辨識。[9]使用光流(Optical Flow)追蹤多個特徵點的移動，這些特徵點是在影像序列中的第一張影像中手動設置。在第一張與最後一張影像中，每個特徵點位移組合而成的特徵向量則用來辨識不同的 Action Unit 及臉部表情。

在特徵擷取部份，主要分兩部分，第一為整體分析（Holistic approach），第二為部份分析（Local approach）。[6]整體分析主要是先取得特徵區域或是特徵點，進

而可對其做形變或移動的偵測，如光流與特徵追蹤；[8]部份分析主要是將人臉分為幾個比較重要的區塊，然後從中取出特徵資訊，來判斷動作。

由上述可知大部分在情緒辨識的研究上是將 HRV 訊號和影像訊號分開來的，因此本論文提出了一個結合這兩部分訊號的方法來完成這項研究。

本論文共含有四個章節，第一節為前言，簡單介紹了文獻探討和研究動機的部分，第二節是硬體架構和系統流程，將介紹本系統的軟硬體，第三節是實驗結果，最後為我們的結論與未來展望。

2. 研究方法

2.1. 硬體系統架構

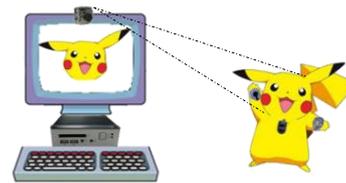


圖2 系統架構圖

此系統將分成軟體與硬體兩部分，硬體部分以嵌入式系統為核心，搭配Webcam擷取人臉影像與藍芽心電圖機(BtECG)測量生理訊號；軟體部分導入Webcam驅動程式、模糊推論(Fuzzy Inference)方法、心率變異分析、人臉偵測及眼睛和嘴巴狀態辨識技術。

在系統中，Webcam是負責擷取人臉影像，模糊推論方法的特徵參考值採用以下十三個特徵做為判斷：眼球的距離、眼球高度變化的次數、嘴巴張開的大小、SDNN、SDANN、RMSSD、NN50 count、pNN50、RRI-Mean、SDSD、SDNN index、極低頻、低頻、高頻和低高頻功率比的分析，嵌入式系統則是負責處理測量到的心率變異特徵和由Webcam傳入之影像，利用人臉偵測、眼睛和嘴巴狀態辨識，偵測使用者的臉部位置和辨識眼睛及嘴巴的狀態。本研究希望能夠結合模糊推論之方法來根據眼睛、嘴

巴及心率變異之特徵來區分情緒程度的不同，系統會將判斷的結果輸出至螢幕或發送簡訊告知相關人員，接下來將針對軟體部分做更詳細的解說。

2.2. 軟體系統流程介紹

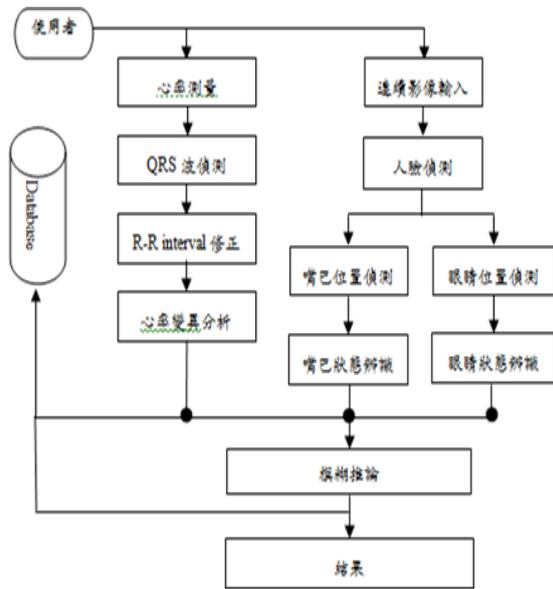


圖3 情緒辨識系統流程圖

本論文的流程圖如圖3所示。首先，Webcam擷取影像至嵌入式系統裡，再針對使用者的影像進行前處理，前處理主要目的在去除室內光線的影響以及雜訊的干擾，以便提高特徵擷取時的正確性，利用圖形識別的技術偵測出眼睛和嘴巴的狀態，接著透過藍芽心電圖機將測量到的生理訊號利用藍芽傳送至嵌入系統，使用QRS波的偵測接著對R-R interval做修正之後利用特徵進行時間域和頻率域的心率變異分析。經過特徵辨識之後，使用模糊推論方法結合心率變異的特徵與影像上的特徵，並給予程度上的分別，最後依據程度的不同，系統將會分析出使用者的情緒狀態。

就上述的流程，研究方法的步驟分為：

一、臉部的偵測：

1. 影像的前處理：本系統之影像前處理步驟主要目的在消除影像中雜訊的干擾與亮度的調整，以及去除雜訊。
2. 人臉偵測：

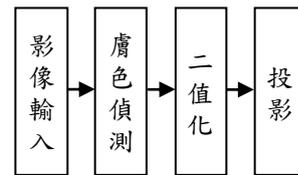


圖4 人臉偵測流程圖

臉部與眼睛位置的偵測是眼睛狀態辨識的首要步驟。關於臉部位置的偵測方法有很多，而本論文利用臉部的膚色來偵測，並利用二值化處理後的影像，經過水平與垂直投影方式找出人臉。膚色偵測之方法，是在一張影像中，利用膚色的資訊把人臉抓取出來，區分背景和人脸。將一張圖片從RGB空間，轉換到 $YCbCr$ 空間。由於膚色在 $YCbCr$ 空間理有一個固定區域分布，本研究把分布在這一個區域的像素定為1，在此區域的值定為0，而我們取的Y範圍為60至255、 C_b 範圍為25至0及 C_r 範圍為10至45。因為在影像中取出膚色的區塊會很多，人臉在圖中的膚色佔最大區塊，所以使用投影的方式找出面積最大的膚色區塊，藉由型態演算法將區域逐漸合閉起來，透過膨脹，將分離的像素連接起來，再利用侵蝕，將連接較弱的區域分離開來，便可得二值化影像。

二、特徵點位置偵測：

1. 眼睛偵測：

由於人臉的長約為人臉寬的1.2倍，而根據人臉的五官比例，若以人臉上方為起點，瞳孔的位置會落在4/12至7/12人臉長的區域內，由人臉左方開始則落在2/16至15/16人臉寬的區域內，我們針對此區域來找出瞳孔；瞳孔跟附近區域相比有較黑的顏色，所以我們採用動態取臨界值的方式，首先統計此區域的灰階直方統計圖，因為瞳孔的像素佔此區域最黑的1%內，因此由直方圖灰階值為0開始算起，累加到個數為此區域總像數的第1%個，則將此像素的像素值設為臨界值，若區域內的像素值小於臨界值則設為1，否則設為0，如圖5。

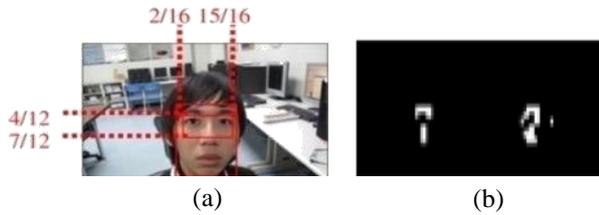


圖5 (a)眼睛大概區域
(b)瞳孔區域動態臨界值二值化結果

接著將眼睛區域分成左右兩個部份來處理，以左邊瞳孔為例，在將瞳孔二值化的過程中，有可能將瞳孔附近的眉毛及頭髮也做二值化的動作，如此會對我們找尋瞳孔的位置產生影響，但是由於眉毛及頭髮在瞳孔的上方，因此我們的演算法便可由下往上搜尋第一個像素值為1的像素，接著以此像素當作起點，往右及往左兩個像素，接著往上5個像素，產生一個5*5的區域，接下來計算這個區域內像素值為1的所有像素的重心，我們發現此重心即為瞳孔的位置，同理，右邊瞳孔亦使用此方法找出瞳孔位置。然後以這兩個瞳孔的距離(d)，如圖6，根據人臉五官比例的關係來產生眼睛的區域，眼睛的區域約在以瞳孔為中心，往上及往下各1/6的瞳孔距離，往左及往右1/3的瞳孔距離的區域內。

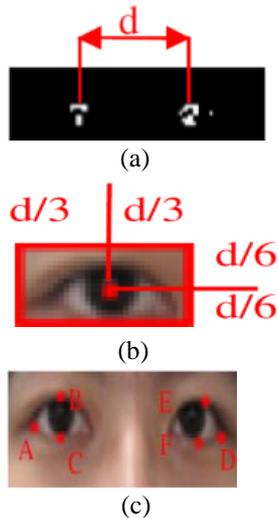


圖6 (a)瞳孔距離d (b)眼睛區域偵測的結果
(c)眼睛外眼角特徵點

找出了眼睛區域後，利用上面5*5區域所找到的像素重心，由於此像素重心一定在瞳孔的區域內，且灰階值跟瞳孔內其他像素的灰階值相近，所以我們使用Region Growing的方法，把像素重心當作種子，

長出完整的瞳孔區域，如此一來便可以知道瞳孔的最上面像素點的座標位置及最下面像素點的座標位置。

當找出瞳孔上下二個極點後，我們將找出外眼角來當作另一個辨識用的特徵點，以上面的特徵點及下面的特徵點當作y方向的上界及下界，然後以像素重心當作x方向的起點及種子，相同地使用Region Growing的方法依序的往外眼角的方向做處理，掃到瞳孔跟眼白交接處的時候，因為眼白為非瞳孔區域，所以會有灰階變化較大的部分，此時將這個像素點記錄為第1點，接著使用下一個像素點，也就是眼白裡面的像素點當作種子，繼續做處理，一樣掃到眼白及皮膚的交接處時應該也會有灰階變化大的部分，將此像素點記錄為第2點，如此重覆地處理到眼睛區域的邊界為止，最後找出這些記錄的點中最外圍的點，即是我們所需要的外眼角特徵點，如圖6(c)所示。

2. 嘴巴偵測：

在嘴巴特徵點擷取的部份，首先利用人臉五官比例來產生嘴巴大概的區域，嘴巴的位置會落在以人臉上方為起點的7/10至9/10人臉長及2/6至5/6人臉寬的區域內，如圖7，嘴唇的顏色因為比其他皮膚紅，因此我們利用此資訊來抓取嘴巴的特徵點，先將一張人臉影像由RGB色彩空間轉換到HSV的色彩空間，這樣能夠將顏色及亮度分開，讓影像不受到外在光源的影響，接著利用公式將HSV色彩空間中的H(Hue)值做轉換，公式如下：

$$f(h) = \begin{cases} 1 - \frac{(h - h_0)^2}{w^2}, & |h - h_0| \leq w \\ 0 & |h - h_0| \geq w \end{cases} \quad (1)$$

其中h為嘴巴區域的h值， h_0 為根據色度所定義出來的偏移值，在此訂為1/3，而w則訂為0.60，此方程式的意義可看為以 h_0 為中心，並以w來過濾可接受的範圍，若嘴巴區域的h值距離 h_0 越遠，則值越小， $f(h)$ 的值介於0到1之間。接著對嘴巴區域 $f(h)$ 的值做放大的動作，四捨五入將 $f(h) * 100$ 的值化為整數值，放大100倍，並產生直方統計圖，如圖8，由觀察發現在

$f(h)*100$ 的值為50及100之間會有一個最高峰為皮膚，在左邊會有一個地方斜率很大，而在坡度變緩的地方很適合用來當作臨界值，將嘴巴及皮膚分開，因此若 $f(h)*100$ 的值小於此臨界值為嘴巴區域，將像素值設為1，否則設為0，將影像二值化，如圖9所示。



圖 7 嘴巴大概區域

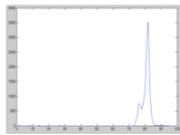


圖 8 $f(h)*100$ 直方統計圖



圖 9 嘴巴區域二值化結果

因為嘴巴有水平邊緣方向的趨向，所以使用水平的Sobel濾波器產生嘴巴區域的水平方向邊緣並做二值化，接著由左至右找到第一個嘴巴二值化及Sobel二值化像素值皆為1的點，即為特徵點G；由右至左找到第一個嘴巴二值化及Sobel二值化像素值皆為1的點，即為特徵點I；而上下兩個特徵點則由左右兩個特徵點的水平方向中心點，往左及往右各兩個像素，共5個水平像素，由上往下找到第一個在此水平5個像素中，嘴巴二值化及Sobel二值化像素值皆為1的點，即為特徵點H，由下往上找到第一個在此水平5個像素中，嘴巴二值化及Sobel二值化像素值皆為1的點，即為特徵點J，如圖11所示。



圖 10 嘴巴 Sobel 二值化結果

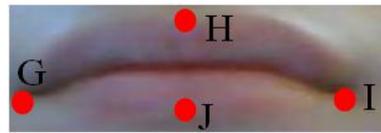


圖 11 嘴巴特徵點

三、心率變異分析：

有關心跳週期性的研究，大都以連續的R-R區間當作心跳的連續週期，心率變異分析最常用以計算的為心電圖中的R波，藉由計算RR之間的時間間隔，成為一序列的數列。心率變異分析通常排除心律不整等節律明顯異常的病例，而是針對在正常節律下的些微心率差異進行研究。

首先，我們先將貼線貼於使用者的左、右手腕，接著使用藍芽心電圖機測量使用者的生理訊號，測量時間為五分鐘，透過藍芽將生理訊號傳送至嵌入式系統。為了降低影響心率變異之結果，我們將保持環境安靜。本論文將利用 Willis J. Tompkins[14]所提出的方法來偵測QRS波，此方法是依據訊號的頻率範圍，將雜訊的部分過濾掉則可以得到QRS波，利用得到的QRS波，我們可以找到R波的位置。此方法的操作步驟如下：

S1:帶通濾波器(Band-pass integer filter):因為QRS波的中心頻率大約在17Hz左右，所以我們使用一低通濾波器(25Hz)和一高通濾波器(15Hz)組成一帶通濾波器將15~25Hz之間留下，如此便能得到較清楚之QRS複合波，並且把T波大幅減小。

S2:微分:將信號經帶通濾波器之後，接著我們使用微分可以使QRS波的特徵更加突顯出來，經微分後R波可以被明確的分辨。

S3:平方:為了將信號轉成正值，且讓QRS波高頻的部分更加明顯，所以我們使用平方的方式將它突顯出來。

S4:R波位置之取得:為了搜尋R波之峰值，所以使用動態調整threshold來抓取，但有些人的T波比R波還要來得高，或僅略小於R波，故以上述方法抓取R波前先用濾波器把T波先行濾掉，然後再尋找R波之峰值，透過此方式找到下一個R波，便可取得R波與R波間的間隔(R-R interval)。

但由於R波與R波間的間距，會因為年齡或使用者有某些疾病而影響，所以本論文將使用上述方法所找到的R-R interval，利用[14][6]所提出的方法對R-R interval進行修正，其步驟如下：

1. 將上述找到的R-R interval依R點向左取RR-interval*0.6距離，向右取R-R interval*0.3距離，重複此步驟隨機取20個心跳。
2. 接下來再利用訊號平均的方法將此20個心跳心電圖對準R點作累加平均後，再運算出相關特徵值以便辨識。

目前心率變異分析的方式可分為時間域和頻率域的分析。時間域的分析是記錄兩相鄰心跳速率R-R間隔的統計分析結果；頻率域則是利用快速傅利葉轉換將R波與R波間隔由時間域轉成頻率域進行功率頻譜密度分析。本論文將對時間域及頻率域進行分析，透過下列的特徵進行時間域的分析[10]：

1. SDNN：正常竇性心搏間期之標準差，臨床意義為估計整體心率變異數。
2. SDANN:所有5分鐘正常心跳間距平均值之標準差。
3. RMSSD：相鄰R-R間距差的平方和平均的平方根。
4. NN50 count:所有每對相鄰正常心跳時間間距，差距超過50毫秒的數目。
5. pNN50(NN50 count divided by the total number of all NN intervals)：NN50數目除以量測之心電圖中所有的正常心跳間距總數。
6. RRI-Mean(Mean R-R intervals)：每5分鐘R-R間距的平均值。
7. SDSD(Standard deviation of differences between adjacent RR intervals)：相鄰R-R間距差值的標準差。
8. SDNN index(Standard deviation of all normal to normal intervals index)：計算每5分鐘正常心跳間距的標準差後再求平均值。

本論文在時間域採用上述的八項特徵進行分析，利用陽茵公司所生產的藍芽心電圖機對使用者進行五分鐘的測量。頻率域分析：

為了將所測得的R波與R波間隔由時間域轉成頻率域，因此我們使用快速傅利葉做轉換，接著以功率頻譜密度(Power Spectral Density, PSD)的方式呈現。依照頻率大小不同，功率頻譜分為總功率、超低頻、低頻、高頻和低頻高頻功率比。本論文將針對極低頻、低頻、高頻和低高頻功率比進行分析。

四、特徵辨識：

經由上述方式求得各種特徵位置和心率變異之特徵後，接著將進行特徵抽取的計算，本論文考慮了十三種特徵值，分別為：眼球的距離、嘴巴張開大小、眼球高度變化的次數、SDNN、SDANN、RMSSD、NN50 count、pNN50、RRI-Mean、SDSD、SDNN index、極低頻、低頻、高頻和低高頻功率比。由於在每種情緒狀態中上述的各種特徵值都會有不同的情形，不同的情緒眼球之距離以及眼球高度變化的次數會有所差異，眼球之距離我們透過公式(2)來做分析：

$$eyed = \frac{|B - C|}{d} \quad (2)$$

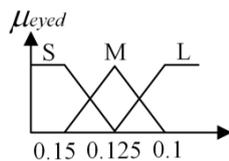
$|B - C|$ 為圖7(c)中右眼特徵點B到C的垂直距離， d 則為圖7(a)中兩個瞳孔的距離，而在不同的情緒狀態，因為兩隻眼睛會做一樣的動作，因此我們以右眼來當作判斷，在嘴巴張開的大小我們使用尤拉距離來做分析，為圖11中H到J為垂直的距離。同樣的在速率變異上也會有不同的情況，像是在情緒低落時SDNN的數值會比平常狀態還要來的低，在精神壓力大時，高頻能量會大幅下降，低高頻比則明顯上升，精神壓力減少時，低高頻比則會明顯下降。利用前述的十三項特徵，本論文使用模糊推論的方式，針對一般、開心、難過和生氣四種情緒狀態進行分析。使用上述的十三項特徵建立輸入與輸出變數的歸屬度，首先設立模糊推論各輸入與輸出變數的語意式：

- (1) 眼球距離—若 $eyed$ 小於0.125公分，則為輕度張眼(S)、0.1至0.15個公分之間

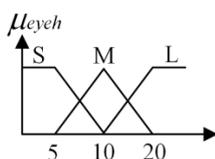
則為中度張眼(M)，若是大於0.125個公分則為高度張眼(L)，其歸屬函數為 μ_{eyed}

- (2) 眼球高度變化的次數—若次數小於10次則為少量變化(S)、5至20次則為中度變化(M)，若是大於10次則為高度變化(L)，其歸屬函數為 μ_{eyeh}
- (3) 高頻—若頻率高於0.15，低頻—若頻率介於0.05至0.15之間和極低頻—若頻率低於0.05，其歸屬函數為 $\mu_{frequency}$
- (4) SDNN其歸屬函數為 μ_{SDNN}
- (5) SDANN其歸屬函數為 μ_{SDANN}
- (6) RMSSD其歸屬函數為 μ_{RMSSD}
- (7) NN50 count其歸屬函數為 $\mu_{NN50count}$
- (8) pNN50其歸屬函數為 μ_{pNN50}
- (9) RRI-Mean其歸屬函數為 $\mu_{RRI-Mean}$
- (10) SDDSD其歸屬函數為 μ_{SDDSD}
- (11) SDNN index其歸屬函數為 $\mu_{SDNNindex}$
- (12) 低高頻比，其歸屬函數為 $\mu_{\frac{LF}{HF}}$
- (13) 嘴巴張開大小—若 H 到 J 距離小於1.48公分，則為輕度張嘴(S)、在1至2.21公分之間則為中度張嘴(M)，若是大於1.48公分則為高度張嘴(L)，其歸屬函數為 μ_{mouth}

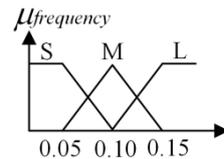
接下來在建構模糊規則部分我們可利用語意式模糊規則，經由醫生或學習而得模糊規則，最後因為所得之結果為模糊集合，我們採用重心法進行解模糊化。在推論出來的四種情緒中我們也將其分為三個程度分別是輕微(S)、普通(M)和非常(L)三種程度。圖13列舉了一些特徵及各種情緒之歸屬函數。



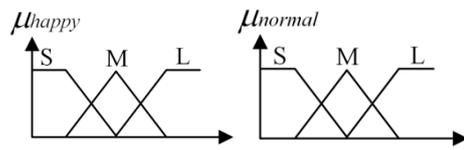
(a) 眼球距離之成員函數圖



(b) 眼球高度變化次數之成員函數圖

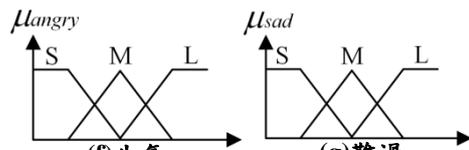


(c) HRV 心率特徵之成員函數圖



(d) 開心

(e) 一般



(f) 生氣

(g) 難過

圖 13 情緒狀態推論流程圖

五、輸出結果:

根據輸入的影像和心率變異之特徵後，藉由使用模糊推論之推論結果，顯示目前使用者的情緒狀態，本論文將情緒的狀態分為一般、開心、難過和生氣四種情緒，且把影像及心率變異之特徵和情緒狀態存入資料庫內，若往後有需要就醫，可以提供醫生做為參考之依據。

3. 實驗結果

對於本論文的實驗結果，我們利用上述所提到的方法，所建構出來的情緒辨識系統作測試討論其辨識率。本實驗中所使用的 CCD 攝影機為羅技的 QuickCam™ Pro 4000，影像解析度採用 320×240，此攝影機每秒擷取的張數為 30 張，由於我們所測量的時間為五分鐘，所以可以擷取到 9000 張影像。本論文使用嵌入式系統進行測試，其系統平台為 Windows Embedded CE 6.0 R2，RAM 為 1024MB。人臉距離 CCD 鏡頭為 40cm~60cm，程式辨識的速度為 0.4~0.6 秒。在測量心率的部分本實驗使用陽茵股份有限公司所生產的藍芽心電圖機做為測量的工具。測試的環境為實驗室，並且保持安靜進行五分鐘的測量，我們對 20 人進

行心率及人臉的測試。

圖 14 和 15 為人臉偵測的結果，但是人臉偵測因受光線及雜訊影響，仍會有錯誤的發生，圖 14 顯示成功偵測人臉的結果，而圖 15 顯示了偵測失敗的結果，失敗的原因可能為膚色範圍和光的影響。



圖 14 成功偵測人臉的結果



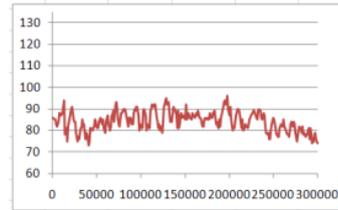
圖 15 人臉偵測失敗的結果

人臉偵測結束後，接著我們將進行人臉五官特徵點的擷取，圖 16 為特徵點擷取的結果。

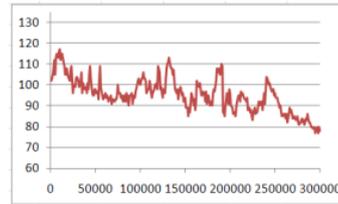


圖 16 人臉特徵點的擷取

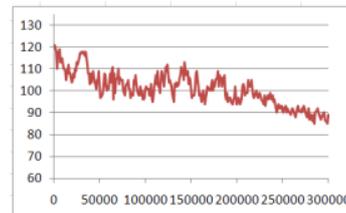
接下來為心率特徵的擷取，我們分別對四種情緒擷取各二十個人的心電圖，並將其作平均，圖 17(a)為一般、(b)開心、(c)難過和(d)生氣的心電圖。



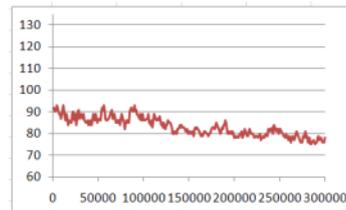
(a)一般



(b)開心



(c)生氣



(d)難過

圖 17 四種情緒的 HRV 圖

得到上述的特徵後，本論文使用模糊推論，來進行情緒狀態的判斷。在模糊推論中，總共有十三項特徵將其分成三種程度分別為輕微(S)、普通(M)和非常(L)三種程度，且本系統為多輸入單輸出系統，經過推論後將情緒分為難過、生氣、快樂和一般，我們並將這四種情緒也分成上述的三個程度。因為本系統有十三個特徵及推論出一種情緒所以總共有 3^{14} 條規則，經過我們的篩選後剩下 3^{10} 條規則。

表 1 臉部特徵點偵測成功率

	偵測眼睛 錯誤張數	偵測嘴巴 錯誤張數	成功率
影片 1	818	886	81.06%
影片 2	952	1159	76.54%
影片 3	1102	897	77.79%
影片 4	1452	1220	70.31%
影片 5	891	925	79.82%
影片 6	751	862	82.07%
影片 7	991	1123	76.51%
影片 8	729	982	80.98%
影片 9	902	1163	77.05%
影片 10	685	746	84.10%
影片 11	859	957	79.82%
影片 12	745	712	83.81%
影片 13	812	892	81.07%
影片 14	688	657	85.06%
影片 15	901	972	79.19%
影片 16	742	803	82.83%
影片 17	992	902	78.95%
影片 18	817	933	80.56%
影片 19	700	721	84.21%
影片 20	1102	801	79%
平均成功率 80.03%			

表 1 為二十個影片中偵測嘴巴及眼睛的成功率，成功率為 80.03%，而整個系統的成功率是 82.31%。

4. 結論與未來展望

我們提出了一個利用眼睛、嘴巴狀態、生理訊號和模糊推論方法的情緒辨識系統，並將此系統使用在嵌入式系統上，此系統體積輕巧，較不受空間大小之限制。此項情緒辨識系統研究，還有許多仍有需要改進的地方。比如說外在的光線的部分，希望能夠以自然光線來取代，如此所取得之眼球影像就比較不會受到反光點的影響，

能正確的截取到影像。另一個辦法也是要解析度高的 Webcam，並且要過濾一些外在的影像雜訊，如何做的動態分布範圍縮小且瞳孔截取明顯，想要萃取出瞳孔特徵就必須設計其他適當的影像處理法則。另一部分則為心率的測量，能夠在 QRS 波偵測上進行改善。

而在未來我們期望針對人臉偵測和特徵擷取的部份，可採取較佳的演算法完成(例如：光線之影像之色彩空間和多擷取特徵區)，建立資料庫蒐集更多的參考資料。

5. 參考文獻

- [1] 方馨譽，『利用智慧型 ECG 信號處理來顯示人類情緒指數』，元智大學老人福祉科技研發中心，民國 90 年 4 月
- [2] 李以文、徐亞瑛、曾春典、藍忠孚，『心導管檢查之冠心病病人衛生教育的成效』，台灣醫學，7 (2)，185—193，2002。
- [3] 林羣晨，『以心電圖為基礎之心血管疾病專家防治系統』，慈濟大學醫學資訊研究所，碩士論文，民國九十六年八月
- [4] 唐善美，『探討接受心導管檢查病人心率變異與焦慮之關係』，成功大學護理學系，碩士論文，2004。
- [5] 陳俊昱，『心率變異分析』，<http://www.energymedicine.org.tw/>
- [6] 謝怡竹，『以光流為基礎之自動化表情辨識系統』，國立中央大學資訊工程研究所，碩士論文，2005。
- [7] Fleet, R., Lavoie, K., &Beitman, B. D., “Is panic disorder associated with coronary artery disease? A critical review of the literature,” *Journal of Psychosomatic Research*, Vol. 48, pp.347—356, 2000.
- [8] G. Zhou, Y. Zhan and J. Zhang, “Facial Expression Recognition Based on Selective Feature Extraction,” *International Conf. on Intelligent*

Systems Design and Applications, Vol. 2, pp. 412–417, 2006.

- [9] J. F. Cohn, A. J. Zlochower, J. J. Lien and T. Kanade, “Feature-Point Tracking by Optical Flow Discriminates Subtle Differences in Facial Expression,” *Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, Nara, Japan, pp. 396-401, 1998.
- [10] Murata, T., Takahashi, T., Hamada, T., Omori, M., Kosaka, H., Yoshida, H. et al., “Individual trait anxiety levels characterizing the properties of zen meditation,” *Neuropsychobiology*, Vol.50, pp.189 – 194, 2005.
- [11] P. Ekman and W.V. Friesen, “The Facial Action Coding System: A Technique for The Measurement of Facial Movement,” *San Francisco, Consulting Psychologists Press*, 1978.
- [12] T. Salonidis, P. Bhagwat, L. Tassiulas, R. LaMaire, “Distributed topology construction of Bluetooth personal area networks,” *INFOCOM. Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, Vol. 3, pp.1577 -1586, April 2001.
- [13] Ying-li Tian, T. Kanade and J.F. Cohn, “Recognizing Action Units for Facial Expression Analysis,” *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 23, no. 2, pp. 97-115, 2001.
- [14] Jiapu Pan, and W. J. Tompkins, “A Real-time QRS Detection Algorithm,” *Trans. On Biomed. IEEE*, Vol. 32, No.3, pp.230-236, 1985.