

室內人類吸菸行為之偵測

The Detection of Indoors Human Smoking Behavior

張厥煒

國立臺北科技大學資訊工程系

Email: cwchang@ntut.edu.tw

應念廷

國立臺北科技大學資訊工程系

Email: t6598031@ntut.edu.tw

摘要—在面對國內龐大的吸菸人口，於公共場所吸菸的限制，卻越趨嚴格的菸害防制法令下，本研究提出一個利用一般固定式攝影機，於影像視覺基礎的方法上，使用即時系統來監控室內環境，對於室內吸菸行為加以識別偵測，以期減少監控人力上的負擔。本研究判斷在前景之中是否出現可能為煙霧之像素，搭配人臉偵測模組，定義畫面空間邏輯關係，進而判斷畫面之中是否出現吸菸之行為。

在煙霧偵測方法上，採用以色彩為基礎的作法，利用煙霧半透明特性，在 HSI 色彩空間中找出具有煙霧特徵的像素並加以記錄。而在人臉偵測演算法上，則採用 HAAR Object Detection 之作法，使用 HAAR-like feature 找出五官輪廓特徵作為分類器的輸入，再利用類似 AdaBoost 方法的 Rejection Cascade 來加以分類輸入分類器之區塊是否為人臉。最後在定義吸菸行為的模組上，將畫面切割成數個邏輯區塊，用以表達煙霧像素的叢聚性，並且進一步篩選可能發生之煙霧。配合上人臉座標位置，定義人臉與煙霧之間的關係，作為最後發出吸菸警告的決策依據。

關鍵詞—吸煙行為、煙霧偵測、人臉偵測、HSI 色彩空間

一、前言

由於修正後的菸害防制法於民國九十八年一月十一日實施之後，對於公共場所室內吸菸的限制更加嚴格，甚至只要是三人以上的工作場所皆不得吸菸。面對此法令的執行，在資訊科技的領域上，一個重要的構想就是：是否有方法能夠自動化的來對室內吸菸的行為加以偵

測並且做出即時的反應，以保障其他更多非吸菸者的權益。傳統上對於室內煙霧的偵測，都是使用安裝於天花板上的煙霧探測器，其主要目的是用來偵測火災初期所產生的濃煙，並加以發出警報。而傳統煙霧探測器之敏感度，對於吸菸者吸菸時所產生的煙霧，受到安裝位置、天花板高度、靈敏度等因素之影響，再加上香菸所產生的少量煙霧，遠少於火災發生時所產生的濃煙。因此，若是使用傳統的煙霧探測器來偵測吸菸之行為，會有不夠精細準確，以及不夠即時反應之缺點。如果能利用現有的智慧型監視系統，使用即時視訊畫面，搭配即時影像處理來分析畫面中吸菸者的行為，期望將能夠更快速、準確的反應室內是否發生吸菸行為，搭配監視錄影蒐證，進而通知相關管理人員，如此將更能夠比傳統上使用煙霧探測器來的更有效率，及有效嚇阻室內吸菸之行為。

在傳統一般煙霧偵測上，除了利用前面所說提到的煙霧探測器之外，這幾年來也有少許研究是在於影像或視訊基礎上，針對火災預警所做的煙霧偵測，例如：使用統計方式去計算不規則變化區域的熵(Entropy)，來加以判斷的方法[1]，或是利用顏色特性，去分辨煙霧像素(Smoke Pixels)，並加上統計特性去決定畫面中是否有煙霧產生[2][3]。此外，也有藉由小波轉換分析畫面中背景線條的模糊程度，來加以偵測煙霧的方法[4]。

然而，絕大多數對於視覺化煙霧探測的研究

當中，都是針對火災預警的環境來加以探討，也就是著重於火災發生初期，所產生的大量濃煙來做為分析與偵測的對象。而當火災發生時燃燒所產生的濃煙量，通常會具有相當的規模，這點有利於在影像視覺上的偵測。但是，如果是吸菸者吸菸時所產生的煙霧量，一般來說會遠小於火災發生時所產生的煙霧量，這個特點將會對利用影像視覺來偵測煙霧的方式，產生莫大的挑戰。

因此，在本論文中提出一個方法，能夠即時有效的偵測吸菸者吸菸時所產生的少量煙霧，結合人臉偵測(Face Detection)來加以判斷影像中是否出現了人類吸菸之行為，並且能立即做出反應與記錄，進而達到對室內吸菸行為的有效嚇阻。

二、方法概述

對於新一代智慧型視訊監控系統而言，主要的功能，除了記錄攝影機監控之視訊畫面之外，更重要的是必須能夠盡量理解畫面中發生的事情，將監控者或使用者的設定情境之畫面，分析擷取出來，並於監控系統上可加以監看或發出提示警告。本系統同樣期望將視訊監控畫面中，找出可能為煙霧之區域，並且對於吸菸者的吸菸行為加以判別，透過一個量化的方法，來加以判斷監控畫面中是否出現人類吸菸之行為，以及於系統介面上，對監控者提出可能發生吸菸之程度警告。

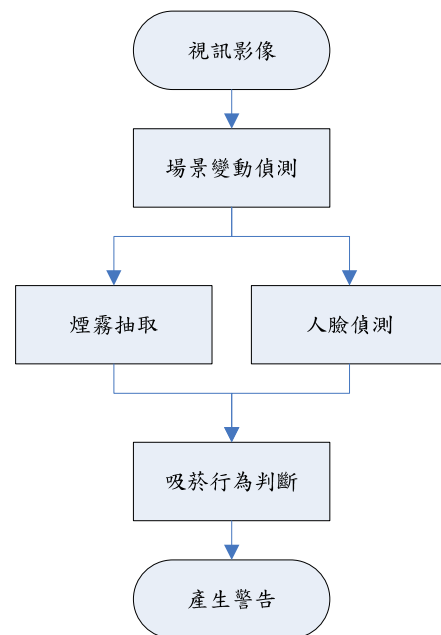
我們設計的室內吸菸行為的偵測，主要是煙霧偵測搭配人臉偵測，再透過定義兩種偵測結果之間的關係，藉此來加以判斷吸菸的行為。因此系統上主要由：(1)背景建立模組、(2)場景變動偵測模組、(3)煙霧偵測模組、(4)人臉偵測模組以及(5)吸菸行為判斷模組等所組成(如圖一所示)。

當系統啟動偵測的時候，會先建立起該空間環境的背景畫面，以做為之後在前景偵測上使用背景相減法(Background Subtraction)的依據。背景建立好之後，前景偵測模組將會目前

的畫面與背景利用色彩空間的轉換，將原本RGB彩色的影像轉換成HSI色彩空間之後，取I(Intensity)亮度值，再使用背景相減法相減，找出目前畫面中有變動的像素點，得到前景差異圖。其計算方法如下：

$$|f_t^i(x,y) - b_i(x,y)| > \delta \quad (1)$$

其中 $f_t^i(x,y)$ 表示在時間點 t 上，目前影像 f 中，位於 (x,y) 座標的像素亮度灰值； $b_i(x,y)$ 代表背景影像在 (x,y) 座標的像素亮度值。由於煙霧在畫面上表現可能不明顯，必須透過較低的門檻值(Threshold) δ ，來將可能是前景變動的像素給篩選出來，過高的門檻值則很有可能連煙霧部份也被篩選掉。



圖一、系統主要流程

得到前景之後，接著檢測前景中是否有煙霧以及人臉，利用煙霧抽取的模組判斷畫面中是否有煙霧的存在，並且找出及標定煙霧出現於畫面中的位置。另外一部份，人臉偵測模組的主要目的，是判斷畫面中是否有人出現，而人臉則是人身上最明顯也最重要的一個特徵，透過人臉的偵測，可以容易判斷出畫面中是否有人出現。

在偵測到人臉位置以及煙霧出現的座標之後，接著將這些量化後的資訊交由吸菸行為判斷的模組加以判斷，由此模組依據煙霧的濃度，及人與煙的相關位置，來計算及決定畫面中是否可能有吸菸行為的發生，並且在系統介面上發出警告。

三、煙霧偵測

煙霧偵測大致區分成以色彩基礎和能量基礎兩種主要方法。Ivan Kopilovic [1]在最早期的時候使用了全景環狀鏡頭來做煙霧偵測與監控，指出了煙霧在影像上面具有不規則形狀的特徵，並且是屬於非自我相似的(Non-Self-Similarity)。在其研究中提出利用光流法(Optical Flow)，可以藉由速度向量方向分佈的統計來找出煙霧不規則移動的一些特徵，再計算分佈函數的熵(Entropy)、變異數(Variation)及最大範數(Maximum-Norm)來加以分類畫面中變化的部份是煙霧或是其他固定實體的移動。在 Chen [2]等人的研究中，以火災發生時煙霧的灰階程度，將煙霧的種類分類成淺灰色(Light-Gray)以及深灰色(Dark-Gray)兩種，利用 HSI 色彩空間中的 I (Intensity)，定義淺灰色和深灰色的煙霧會分別落在兩個特定範圍之中。在 Chen 和 Yin [3]的研究中，Yin 以 [2]之基礎進一步再提出了動態分析的理論，以煙霧像素於影像中，所圍出的周長除以煙霧像素面積所得到的比例，會大於一個固定值，其代表了煙霧混亂特性的一種量度(Disorder Measurement)，藉此來區分真正的煙霧與類似煙霧(Smoke-Like)的物件。除此之外，該作者還提出了火災發生時煙霧會具有隨時間增加的特性，透過不同時間點上的畫面，計算煙霧增長的速率，其速率會介於某一個固定範圍內，由此來進一步篩選可能發生火災的畫面。由於此兩種方法皆是針對火災濃煙的偵測，本研究提出一種有別於其他研究在色彩基礎上偵測煙霧

的方法。

本研究的對象是針對室內環境吸菸時所產生的少量煙霧，而吸菸煙霧由於量少的關係，在影像上會呈現具有半透明(Transparency)的特性，當煙霧呈現半透明的時候，煙霧的灰白色會對背景原本的色彩產生影響，而使得背景的像素顏色改變。而煙霧本身的顏色也會受到背景顏色的影響，而反映出部份背景的顏色。換句話說，半透明即是背景原本的顏色被煙霧給淡化，而在影像上產生出類似背景顏色的一種特性。而背景顏色穿透煙霧後被影響的程度，完全取決於該區域上煙霧的濃度，煙霧濃度代表了位於由背景到攝影機鏡頭的空間上，煙霧微粒的數量。

在 HSI 色彩空間色調 H (Hue)方面，煙霧半透明的特性會讓前景色調相似於背景色調，例如背景原本是紅色，經過煙霧半透明的遮蔽之後，在影像色彩表現上可能會呈現淡紅色或是粉紅色的色調。HSI 色彩模型中，深紅色、淡紅色或粉紅色在圓錐形的色調模型中，理論上都具有相近的色調(Hue)角度，而其中差別只是在飽和度向量的長度和亮度垂直軸的距離。因此，半透明特性在色調數值的表現上會相當接近。

綜合上述在 HSI 色彩空間上煙霧的特性之後，本研究實驗定義以下的判斷方式，來做為煙霧像素的偵測：

$$\begin{aligned} &|f_H^t(x, y) - b_H(x, y)| < \alpha \quad \text{and} \\ &|f_S^t(x, y) - b_S(x, y)| < \beta \quad \text{and} \\ &f_I^t(x, y) - b_I(x, y) > \gamma \end{aligned} \quad (2)$$

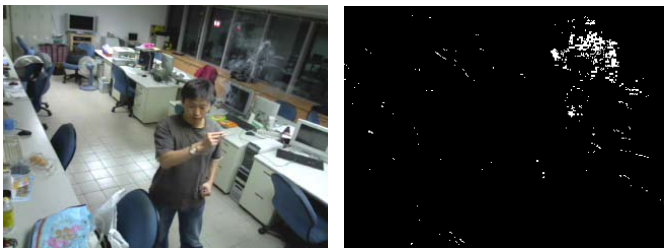
其中， $f_H^t(x, y)$ 表示在時間點 t 上前景影像 f 中位於 (x, y) 座標的像素色調值， $b_H(x, y)$ 代表背景影像位於 (x, y) 座標的像素色調值。同樣 $f_S^t(x, y)$ 和 $b_S(x, y)$ 所代表的是前景及背景在飽和度 S 上的像素值。而 $f_I^t(x, y)$ 和 $b_I(x, y)$ 則各自代表前景與背

景在亮度上的像素值。而 α 、 β 和 γ 則分別是實驗後，定義出來的合理顏色偏移量，所對應的特定門檻值。

透過以上的條件式，去對畫面中每個像素點來加以比對及判斷，找出符合煙霧條件的像素並加以標記，建立一張煙霧遮罩的二元影像 (Binary Image) S ，用來代表畫面中煙霧出現的位置，其定義如下：

$$S'(x,y) = \begin{cases} 0 & ,if Eq.(2) = false \\ 1 & ,if Eq.(2) = true \end{cases} \quad (3)$$

其中 $S'(x,y)$ 表示在 t 時間點上，位於 (x,y) 座標的二元影像像素內容值，對 $S'(x,y)$ 中像素內容為 1 代表該像素點為煙霧像素，像素內容為 0 則表示非煙霧像素。藉由建立二元影像 S' 來表達畫面中出現煙霧的像素位置，以提供後面吸菸行為判斷的一個主要遮罩影像。此遮罩影像 S' 的例子可見於圖二(b)中，透過二元影像 S' 可以很容易的檢視煙霧於畫面中產生的位置。在其他周圍地方發現有些許雜訊點被擷取出來，其主要可能原因，在於室內光線反射，或吸菸者自身受燈光照射所產生的陰影所影響，進而導致有少量零星非煙霧之像素被偵測及擷取出來。



(a) 原始影像 (b) 二元影像
圖二、煙霧像素偵測影像

四、吸菸行為判斷

由煙霧偵測模組將煙霧像素擷取之後，雖然可以猜測瞭解畫面中有出現煙霧之情況，然而光有煙霧偵測並不夠，並不能根據「有煙霧」而直接定義出畫面中有「吸菸」之行為。對此，本章將根據偵測到的煙霧部份做進一步的判斷，其中最主要的方法就是藉由即時人臉偵測，定義人臉

與煙霧之間的關係，最後判斷畫面之中是否具有吸菸之行為。

(一) 人臉偵測方法

使用人臉偵測的一個主要原因，吸菸除了是較屬於人類之行為外，吸菸者在吸菸時，是以嘴部作為煙霧之吸入處，透過呼吸，再利用鼻或是嘴部將煙霧吐出，由此完成一輪吸菸之動作。由於這樣的吸菸動作，煙霧將會從人臉的鼻腔或是嘴巴吐出，導致吸菸產生的煙霧將會有很大的機率會十分接近人臉，因此根據這樣的特性，透過影像上的人臉偵測所尋找出的人臉，來定義其與煙霧之間的關係，將會是一個合理的吸菸行為判斷方法。

人臉偵測常會受到人臉本身表情、角度、方向、臉上裝飾品，以及外在環境的亮度、複雜背景、人臉距離等等的影響，而無法正確將人臉找出，近年來的研究都是希望能夠克服這些情況的影響，以提高偵測準確率。在人臉偵測的研究中，方法上大致可以分成四類[8]。其中，Rule-Based 所利用的是臉部特徵之間的關係。Feature Invariant Method 則是企圖找出臉部不變性的特徵，像是線條、組織、膚色等等，例如使用了 Canny 邊緣偵測來找出臉部輪廓。而在 Template Matching 的方法中，使用了某些標準的樣板來描述人臉中的眼睛、鼻子、嘴巴以及輪廓。Appearance-Based 所針對的是利用大量的訓練影像建立一個學習模型的方法，Neural Network、Hidden Markov Model (HMM)、Support Vector Machines (SVM)、Principal Components Analysis (PCA) 或 AdaBoost 都是經常被採用作為建立學習模型的方法。

此外，膚色偵測是另一個常見被用來協助人臉偵測的方法。M. J. Seow [9] 提出了在 RGB 色彩空間上建立膚色模型，利用類神經網路 (Neural Network) 訓練皮膚樣本，以及為了補足皮膚樣本顏色的不足，採用倒傳遞學習演算法 (Back Propagation Learning Algorithm) 來插補樣

本顏色，最後用倒傳遞網路決定部份切割區域是否為人臉。C. N. Ravi Kumar [10]則是利用了膚色的亮度，將圖片中 RGB 色彩空間轉換到 YCbCr 色彩空間，其中 Y 是亮度、Cb 是藍色色度、Cr 是紅色色度，利用皮膚裡血液會在膚色上反應出較多紅色顏色的特性，保留了 Cr 這個色度以找出影像中屬於膚色的範圍，最後用 Signature Method 篩選出屬於人臉的區域。而 Hyobin Lee [11]等人利用 Haar-Like 找出的特徵加以訓練後，再使用 Adaboost 方法加以訓練，作為首先選取人臉候選的方法，之後利用 HSI 色彩空間中彩度 H 以及飽和度 S 的分佈情形來進一步做膚色上的篩選來找出人臉。

在 Template Matching 的方法中，像是 Jizeng Wang [12] 等人的研究中就使用了 Two-Eye Template 和 Face Template 兩種樣板去比較影像中的區塊，計算和影像區塊的關聯性係數，來加以初步判斷可能的人臉區塊，接著在 2DPCA (2D Principal Components Analysis) 的方法中找出特徵臉(Eigen Face)來加以分類。

最後在 Appearance-Based 的類別中，可以看到像是 Tsai [13] 等人，混合使用了特徵臉以及類神經網路兩種方法，來尋找人臉；或是像是 [14] 使用 Dual-Tree Complex Wavelet Transform 作為分類的方法；也有如同[15]中，合併使用了 YCbCr 空間中膚色特徵、Haar-like 的樣板比對以及 AdaBoost Learning 演算法等方法來加以偵測人臉。

本研究針對吸菸時的人臉偵測，由於並不是作為人臉追蹤或是人臉識別的前處理，因此在判斷的正確率要求不大，反而是在即時判斷的效率上需要被加以考量，以符合本系統的需求。因此，本研究是採用了由 Paul Viola 和 Michael Jones [16] 所提出的 Haar Classifier，作為人臉偵測之主要方法，其方法歸類大致上是屬於 Feature Invariant Method 並且配合 Appearance-Based 之方法，來作為 Haar Classifier 的基礎，其中包含了使用 Integral

Image、使用 AdaBoost 作為學習演算法以及提出使用所謂 Cascade 方法來加速篩選是否為人臉影像。

(二) 吸菸行為判斷

經由人臉偵測之後，可以找出畫面中人臉出現的中心點位置座標以及人臉大小半徑。以及在前述的煙霧偵測上，則提供了畫面中煙霧出現位置之二元影像 S^t 。透過這兩個功能模組所回傳的人臉座標及大小，和煙霧出現位置之影像，接著交由吸菸行為判斷之模組來結合這兩種數據並且加以量化，其目的在協助最終判斷畫面中是否發生吸菸之行為。

由煙霧偵測模組所找出的煙霧像素部份，本研究將煙霧遮罩 S^t 影像畫面邏輯上區分成 $U \times V$ 大小的矩形區塊 $\lambda_{m,n}$ ，其中 m 與 n 分別代表影像被切割區塊後，在影像寬和高上的區塊座標。而在每個區塊 $\lambda_{m,n}$ 中的非零元素總和定義為：

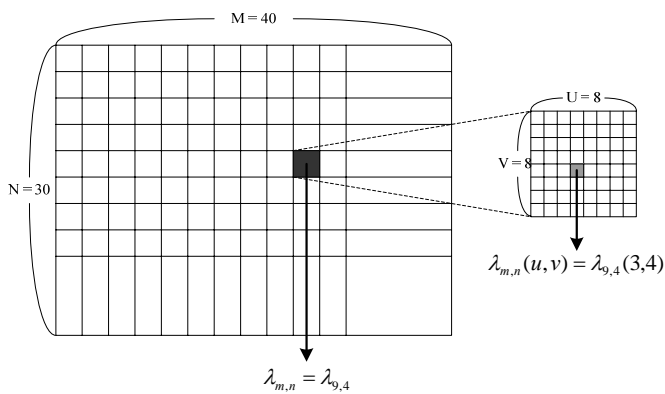
$$D(m,n) = \sum_{u=0}^U \sum_{v=0}^V \lambda_{m,n}(u,v) \quad (4)$$

其中 $D(m,n)$ 表示在座標 (m,n) 的切割區塊 $\lambda_{m,n}$ 上的非零像素之總和值，而 (u,v) 則代表在該區塊上某一像素之座標位置。以大小為 320×240 像素的影像為例，假設切割的區塊大小為 8×8 ，則 $U=V=8$ ，而畫面將會被區分為 $M \times N=40 \times 30$ 共 1200 個區塊。其邏輯切割的概念，可以由圖三之方式來加以表達。在圖三中， $\lambda_{m,n} = \lambda_{9,4}$ 表示位於整張影像中，相對於左上角原點的 $(m,n)=(9,4)$ 座標位置之區塊，而 $\lambda_{m,n}(u,v) = \lambda_{9,4}(3,4)$ 則代表在該區塊中，位於 $(u,v)=(3,4)$ 之像素。

之後統計在每個區塊中煙霧像素之數量，即 $D(m,n)$ 之值，透過畫面邏輯區塊的劃分，可以瞭解並區分煙霧像素在畫面中叢聚的特性。例如考慮兩種情形，在兩張影像畫面 A 和 B 中，其各自皆具有相同的煙霧像素數量，意即

$$\sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N D_A(m,n) = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N D_B(m,n) \quad (5)$$

其中在影像 A 中煙霧像素平均散落在每個區塊中，而影像 B 中的煙霧像素則是大量集中在某些少量的區塊上，而根據這兩種情況，影像 B 的很有可能是真正煙霧叢聚並同時出現在畫面某些區域之情形，而反觀影像 A 的煙霧像素則也許有很大的機會是由於畫面中光線或是雜訊所造成，以至於平均散佈在畫面各處。



圖三、煙霧遮罩 S^d 之邏輯區分示意圖

因此將煙霧遮罩 S^d 邏輯區分成數個區塊，主要是為了兩個目的，其一是希望透過區塊的概念，將畫面中煙霧叢聚於某一區域的特性給表達出來。其次，由於煙霧不像一般常見的視訊監控目標（如：人、車輛），可能具有明確的顏色、大小、輪廓等特徵，可以透過明確的特徵來將其切割及抽離出來；而吸菸煙霧則不僅無固定大小、無固定顏色，也會隨著不同風向而隨之四處飄散並消失，由於煙霧不確定之特性，因此沒有辦法利用一般影像處理之方法與流程來對偵測畫面加以套用去雜訊等處理，如：二值化、中值濾波器或形態學上的膨脹與侵蝕等方法。若是套用一般影像處理之方法，則會有很大的可能性會把真正的煙霧像素也一併去除掉，進而導致煙霧偵測失敗。而將畫面切割成數個邏輯區塊，則可以有機會進一步排除那些零星出現或平均散落於某些區塊之像素，來替代煙霧像素無法用傳統影像處理去雜

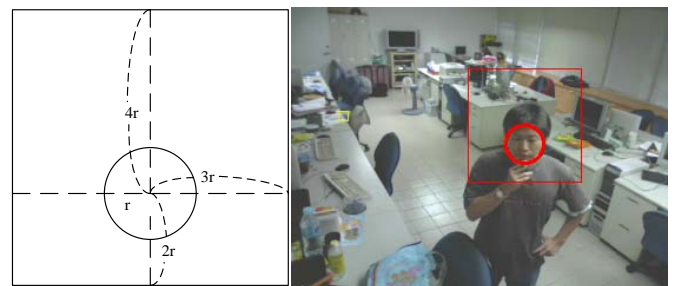
訊的缺點。

有了煙霧像素在邏輯上區塊之定義後，人臉偵測的部份也同樣具有畫面上邏輯區域之定義，用來描述人臉與煙霧之間的關係。吸菸是一種靠嘴部吸入及吐出煙霧的動作，在室內無風的情況下，煙霧有很大的機率會出現在人臉的周圍，並且由於煙霧具有上飄之特性，煙霧由人臉上的嘴巴吐出之後，出現在人臉上方區域的機率將比人臉下方區域來的大。

由於煙霧有上述之情形，因此本研究提出利用人臉偵測模組所找出來的人臉，根據其人臉中心點位置以及相對半徑 r ，在畫面上定義一個邏輯上的矩形邊界 R ，其四個邊界分別於實驗中定義為：

1. 上邊界：距離人臉中心四倍半徑 ($4r$)。
2. 下邊界：距離人臉中心兩倍半徑 ($2r$)。
3. 左右邊界：距離人臉中心三倍半徑 ($3r$)。

其示意圖如圖四所示，左圖表示人臉的矩形邊界區域，中心的圓代表偵測出來的人臉範圍，虛線表示由人臉中心距離到四個邊界的距離。而右圖則是實際在監控畫面中，人臉被偵測出來並且標上矩形區域之情形。



圖四、人臉邊界區域示意圖

定義煙霧區塊與人臉區域之後，接著是定義煙霧與人臉兩者之間的關係，將畫面中可能發生吸菸的情形加以量化。如前文所述，吸菸者吸菸時，若於室內無風之情況，煙霧理論上會飄散在人臉的周圍，假如影像中煙霧發生在距離人臉很遠的距離，相對於煙霧相距人臉很近的距離，前者發生吸菸行為的機率將會比後

者來的小。根據這樣理論，因此在人臉邊界 R 內的煙霧區塊賦予較高的權重值，而在人臉邊界 R 以外的煙霧區塊則賦予較低的權重值。計算方法如下：

$$WD(m,n) = \begin{cases} D(m,n) \times w_1 & ,if (m,n) \in R \text{ and } D(m,n) > k \\ D(m,n) \times w_2 & ,if (m,n) \notin R \text{ and } D(m,n) > k \end{cases} \quad (6)$$

$$w_1 + w_2 = 1, w_1 > w_2 \quad (7)$$

其中 w_1 及 w_2 為實驗所定義的權重值，而 k 則是實驗定義的門檻值，運用統計量上的方法來來大致把 S^l 中煙霧與可能為雜訊之像素加以區隔，在計算 $WD(m,n)$ 值時，只採用 $D(m,n) > k$ 之煙霧像素，其餘 $D(m,n) \leq k$ 之像素捨棄不計。

透過權重的分配，計算出新的 $WD(m,n)$ 值之後，接著對於畫面中可能吸菸之情形加以量化，作為系統最後對監控者提出吸菸警告的最後依據，其量化方式如式(8)。在該式中，將 WD 之總和值縮放至 $[0, 1]$ 之間，以求得最後的機率 P 值。

$$P = \frac{\sum_m^M \sum_n^N WD(m,n)}{M \cdot N \cdot U \cdot V} \quad (8)$$

其中 M 、 N 表示區塊影像長和高上的切割數量， U 、 V 代表每個煙霧區塊的大小。當 P 值超過系統所設定的臨界值時，將會在系統界面上提示系統監控者畫面中可能出現吸菸之行為。



圖五、煙霧區塊與人臉區域之偵測

圖五代表實際系統監控畫面所得到之結果，左邊部份是煙霧遮罩 S^l 所表示煙霧出現的位置與其切割的煙霧區塊。而右邊部份則是

實際畫面中煙霧與人臉區域被偵測之情形，煙霧區塊位於人臉區域內的將會被標示成紅色，而在人臉區域外的則是被標示成黃色。

五、實驗結果與分析

(一) 系統介面與功能

此系統使用者介面如圖六所展示，在左上方區域的「視訊畫面」是顯示從攝影機或是影片檔案中所擷取到的每一個原始影像畫面。而左下方區域的「煙霧偵測」則是經過煙霧抽取模組之後，即時顯示的煙霧二元遮罩影像 S ，並且標上大於門檻值的邏輯煙霧區塊。在系統介面右下方的「人臉偵測」則是結合了人臉偵測模組以及煙霧偵測模組所展示出的畫面，其中包含了人臉矩形區域以及煙霧區塊，並且將位於矩形區域內的煙霧區塊標示成紅色，而位於人臉區域外的煙霧區塊將其標示成黃色。



圖六、系統介面圖

右上方區域的「顯示區」則是將最後行為判斷模組所量化出的結果以及警告燈號顯示於此，其中「煙霧區塊發生率」則是代表畫面中煙霧區塊之數量。而「吸菸可能發生率」則是人臉與煙霧之關係經過量化之後所顯示之結果。在「警戒門檻值」的調整控制條上，則是

可以調整發出警戒的門檻值，來控制系統的靈敏度。最後「警示燈號」會在吸菸可能發生率接近門檻值時顯示黃燈，而超過門檻值時則會顯示紅燈。

(二) 實驗結果

由於吸菸煙霧具有半透明以及不規則移動並飄散消失的特性，在影像上偵測煙霧具有相當的難度，容易受到背景顏色、背景複雜度、光線明暗、攝影距離等等因素而對實驗結果產生某些程度上的影響。因此在本實驗環境上，將盡量減少由燈光光線（太暗或太亮）、背景光影閃爍（電腦及電視螢幕畫面、窗外燈光）等因素之影響，使實驗能夠將重心放在煙霧的偵測上，盡量減少受到其他變因之影響。

本系統雖然在部份情況會有錯誤判斷之情形，但是如果能夠穩定控制環境光源、減少背景光線與反射干擾以及採用適當攝影距離，依舊有很大的機會可以在室內環境正確的偵測出吸菸之行為。實驗上拍攝了許多測試用之影片（如圖七至圖十所示），其中分別測試包含了有吸菸與無吸菸之情況，並且統計了所有實驗結果，並於下方表一中所表示。在表一中數字表是拍攝的影片數量，在黃色區域裡表示系統正確判斷畫面中有吸菸與無吸菸之情形。而粉紅色區域則是代表系統誤判畫面中有無吸菸情形之影片數量。

表一、實驗結果統計

實驗偵測結果 影片實際狀況	偵測到吸菸	未偵測到吸菸
影片中有吸菸情形	TP : 15	FN : 4
影片中無吸菸情形	FP : 1	TN : 7

由於吸菸煙霧沒有固定形狀與輪廓，也因為半透明特性而沒有固定的顏色，行進方向更是十分容易受到氣流之影響而飄散及消失，因此可以想見要透過視覺影像之方式來做吸菸行

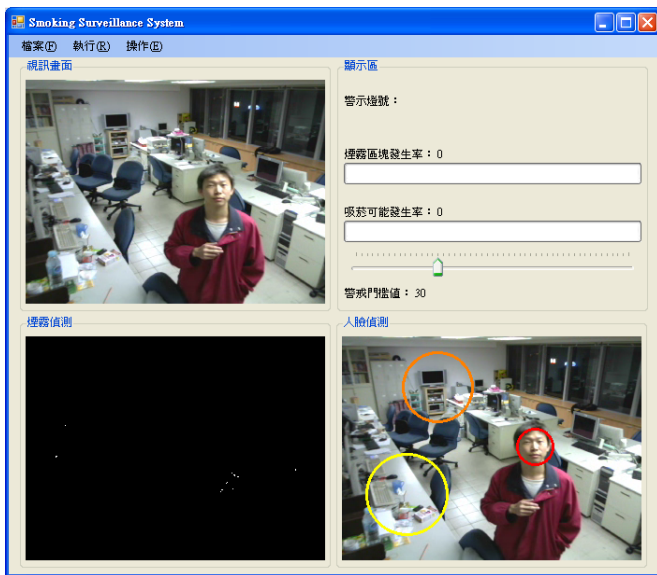
為之識別與偵測，可以說是十分不容易的事情，本實驗透過控制環境條件與減少可能變因，來降低非煙霧因子之可能影響，並拍攝數十部的測試影片作為測試，其中包含了有吸菸與非吸菸之情況，經過統計，本系統在吸菸行為偵測之成功率大約為 80% 左右。成功率雖然不是很高，但是在目前該領域尚無相關研究之情況下，本論文期望能夠開啟對於影像基礎上吸菸防制自動化之研究，為將來可能之相關研究提出一個可供參考之方法。



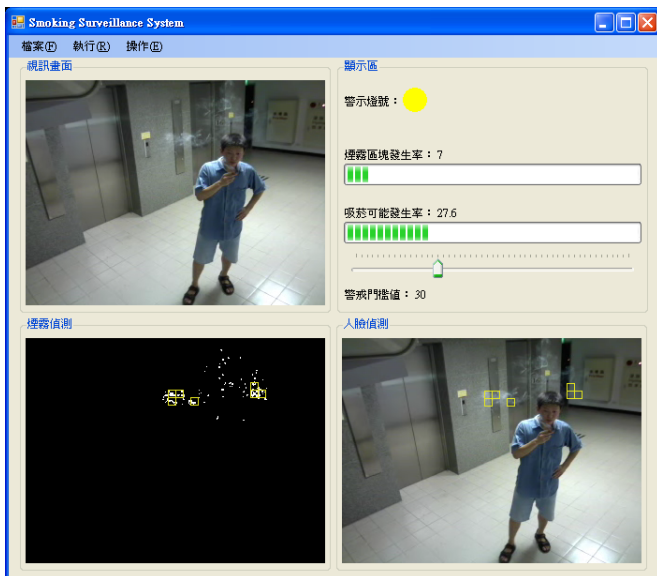
圖七、有人吸菸且偵測到人臉



圖八、單人吸菸且偵測到人臉



圖九、人臉偵測錯誤



圖十、無偵測到人臉，但判定可能有吸菸

六、結論

目前國內施行菸害防制法以來，對於室內公共場所吸菸之規定越加趨於嚴格。本論文提出一個運用室內智慧型監控系統，對室內吸菸之行為加以識別偵測之方法，並於監控控制介面上對於監控者顯示發現吸菸之警告，有效減少監控人力之負擔，以達到嚇阻室內吸菸之行為。為了滿足即時偵測之目的，本研究方法上採用了以 HSI 色彩空間為基礎之煙霧偵測，具

有快速判斷並且直觀之優點。而在人臉偵測的部份，也是採用了串接式分類器架構，對於偵測區域可以快速並有效的分辨是否出現人臉之特徵。同時，利用了畫面邏輯區域的方式，定義了人臉與吸菸煙霧之間的關係，描述畫面中發生吸菸行為之可能性，並於系統介面上提供即時之反應與警告，使監控者可以容易瞭解畫面中是否發生吸菸之行為。

七、參考文獻

- [1] I. Kopilovic, B. Vagvolgyi and T. Sziranyi, "Application of Panoramic Annular Lens for Motion Analysis Tasks: Surveillance and Smoke Detection," *Proceedings of 15th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 4, 3-7, 2000, pp. 714 – 717.
- [2] T. Chen, P. Wu and Y. Chiou, "An Early Fire-Detection Method Based on Image Processing," in *Proc. of IEEE ICIP '04*, Vol. 3, 2004, pp. 1707–1710.
- [3] T. Chen, Y. Yin, S. Huang and Y. Ye, "The Smoke Detection for Early Fire-Alerting System Base on Video Processing," *Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 2006, pp. 427-430.
- [4] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Cetin, "Wavelet based real-time smoke detection in video," *EUSIPCO '05*, 2005.
- [5] Zhengguang Xu and Jialin Xu, "Automatic Fire Smoke Detection Based on Image Visual Features," *Computational Intelligence and Security Workshops*, 2007, pp. 316-319.
- [6] P. Piccinini, S. Calderara and R. Cucchiara, "Reliable smoke detection in the domains of image energy and color," *International*

- Conference on Image Processing*, 2008, pp. 1376-1379.
- [7] Jing Yang, Feng Chen and Weidong Zhang, "Visual-based Smoke Detection using Support Vector Machine," *International Conference on Natural Computation*, Vol. 4, 2008, pp. 301-305.
- [8] Ming-Hsuan Yang, David J. Kriegman and Narendra Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, Issue 1, 2002, pp. 34-58.
- [9] Ming-Jung Seow, Deepthi Valaparla and Vijayan K. Asari, "Neural Network Based Skin Color Model for Face Detection," *Proceedings of the 32nd Workshop on Applied Imagery Pattern Recognition*, 2003, pp. 141-145.
- [10] C. N. Ravi Kumar and Bindu A., "An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection," *32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics*, 2006, pp. 3444-3449.
- [11] Hyobin Lee, Seongwan Kim, Sooyeon Kim and Sangyoun Lee, "Face Detection using Multi-modal Features," *International Conference on Control Automation and Systems*, 2008, pp. 2152-2155.
- [12] Jizeng Wang and Hongmei Yang, "Face Detection Based on Template Matching and 2DPCA Algorithm," *Congress on Image and Signal Processing*, Vol. 4, 2008, pp. 575-579.
- [13] C.C. Tsai, W.C. Cheng, J.S. Taur and C.W. Tao, "Face Detection Using Eigenface and Neural Network," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 5, 2006, pp. 4343-4347.
- [14] Yue-Hui Sun and Ming-Hui Du, "Face Detection Using DT-CWT on Spectral Histogram," *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 2006, pp. 3637-3642.
- [15] Cheol Hum Han and Kwee-Bo Sim, "Real-Time Face Detection Using AdaBoost Algorithm," *International Conference on Control, Automation and Systems*, 2008, pp. 1892-1895.
- [16] Paul Viola and Michael Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *IEEE CVPR*, Vol. 1, 2001, pp. I-511 – I-518.
- [17] Rainer Lienhart and Jochen Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection," *IEEE ICIP*, Vol. 1, 2002, pp. I-900 – I-903.
- [18] Yoav Freund and Robert E. Schapire, "A Decision-Theoretic Generalization of On-line Learning and an Application to Boosting," *Journal of Computer and System Science*, 1997.