



中國工程師學會
Chinese Institute of Engineers - Taichung Chapter
台中分會會訊

NO. **71**

發行人：柳文成
編輯：李中生、黃盈盈

中華民國113年9月

目錄

一. 會務動態	2
二. 專題報導	5
三. 其他相關資訊	17

一、會務動態

中國工程師學會(台中分會)第 53 屆第 3 次理監事會議記錄

時間：113 年 6 月 18 日（星期一）上午 10 時 00 分

地點：國立中興大學電機大樓 4 樓 407 會議室

壹、主席致詞(略)

貳、工作報告(略)

參、開會事由：

一、討論本分會 113 年會員大會參訪地點事宜。

說明：113 年會員大會召開日期及參訪活動相關時間、地點等，若時間及地點確定後，於下次理監事會議中提出預算金額，經理監事會通過後據以實施，提請討論。

決議：暫定綠美圖，先聯繫台北總會之前參訪綠美圖相關事宜，後續調查排定參訪時間。

二、113 年「工程終身成就獎」、「傑出工程師獎」、「傑出工程教授獎」、「優秀青年工程師獎」獎項評選。

說明：本學會 113 年各項傑出獎項，於 113 年 6 月 18 日(一)上午 10 時召開評選會議，經評選委員評選審查通過後為本分會 113 年「工程終身成就獎」、「傑出工程師獎」、「傑出工程教授獎」、「優秀青年工程師獎」得獎人。

決議：

(一) 113 年「工程終身成就獎」得獎人為：

1. 國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系徐啟銘特約講座教授

(二) 113 年「傑出工程師獎」得獎人為：

1. 中龍鋼鐵股份有限公司公共設施處陳晉章工程師
2. 財團法人金屬工業研究發展中心產業升級服務處知識應用服務組林怡明工程師

(三) 113 年「傑出工程教授獎」得獎人為：

1. 國立雲林科技大學化學工程與材料工程學系劉博滔教授
2. 國立中興大學電機工程學系暨研究所賴慶明教授
3. 國立中興大學生醫工程研究所王惠民教授
4. 國立中興大學環境工程學系林坤儀教授

(四) 113 年「優秀青年工程師獎」得獎人為：

1. 中龍鋼鐵股份有限公司電控處陳澍名課長

三、本分會各期會訊中專題邀稿：

說明：本期及後續會訊中專題是否有理監事願意投稿，或推薦專業人員投稿。

決議：下一期由理事陳永祥先生提供稿件，後續依序邀請 113 年各獎項得獎人協助提供稿件刊登。

肆、臨時動議(無)

伍、賦歸

第五十三屆第三次理監事會會議照片



二、專題報導

應用雙軸平行運動機構於 3D 人臉重建分析

陳永祥

國家中山科學研究院航空研究所/工程師

摘要

本研究應用雙軸平行運動機構於 3D 人臉重建分析，利用 ASM 演算法及立體視覺運用於紅外線光源環境。本方法使用兩部攝影機幾何關係所構成的立體視覺重建 3D 人臉形狀模型。本研究係為了克服單張影像欠缺深度資訊的問題，利用預先定義的特徵點及樣本影像經過統計後得到的人臉形狀模型與實際拍攝的 3D 人臉進行識別的方法。在某種局部點模型匹配的基礎上，利用統計模型對待識別的人臉的形狀進行約束，從而轉化為一個優化的問題，並期望最終收斂到實際的人臉形狀。為了得到正規化人臉影像，將人臉影像切割成許多區域。根據不同區域區域性二元化圖形特徵擷取進行人臉雜訊消除處理。並採用雙眼立體影像架構分別左右影像經人臉形狀模型處理得到 3D 人臉模型。所建立的三維人臉模型可以減少人臉表情所造成的影響，加上紅外光源配合攝影機所拍攝的影像，亦可解決環境光源所造成的取像不良的影響，進而得到更好的人臉偵測效果。

關鍵字：人臉偵測、主動形狀模型、統計主元分析法、特徵人臉、3D 人臉。

壹、前言

基於生物特徵的身份認證技術近年來發展迅速，其中，利用人臉特徵進行身份驗證，是非接觸最自然且直接的方式，使用者易於接受。因此，人臉識別技術在生物特徵辨識中受到重視，是具有挑戰性的領域之一。它結合了影像處理、電腦圖學、機械視覺和樣板比對等多個研究領域。人臉識別技術應用場所廣泛，例如：門禁系統、銀行與海關的監控系統等。

人臉識別技術比既有的虹膜、指紋等檢測方法更佳。在眾多研究人員的不懈努力下，迄今為止利用電腦進行人臉識別方面已經取得許多研究成果。

一般的作法是使用單一攝影機擷取使用者臉部影像，透過影像擷取卡將影像傳至監控中心，分析一張人臉影像內的特徵值與資料庫之人臉樣板影像進行人臉辨識。但是，實際應用會受環境的影響，尤其在非理想環境光源條件下時，大多數人臉識別系統必然遇到識別性能下降的問題。這也是現有的人臉識別系統，在實際使用時，遭遇到限制的最重要原因。為了克服環境光源的影響，學術界和產業都做了大量的研究和開發新的技術。大部分的研究是對現有可見光人臉識別系統進行改進，以減少辨識方法受環境光源的影響。雖然有改善，但是仍有所限制。

目前有些辨識方法是利用 3D 資料的人臉識別與利用熱紅外線影像的人臉辨識。常用的 3D 影像人臉識別方法是透過雷射掃描器擷取 3D 人臉資料，此設備系統受環境光源影響較小，但是設備昂貴、存儲和運算複雜度很高，不能滿足實際系統精簡的需求。利用熱紅外線或遠紅外線影像的方法，易受環境溫度、人的情緒和健康狀態的影響，使得獲取到的人臉影像發生較大的變化，在實際的應用系統中性能並不好。因此，以 IR LED 所組成之紅外線光源能克服一般光源變化對人臉辨識的影響，是值得研究的方法。

人臉識別主要是依據人臉上的特徵，由於人臉變化複雜，在特徵描述和擷取上十分困難。這些因素使得人臉識別成為一項極富挑戰性的課題。通常的人臉識別系統多是針對 2D 照片或動態視訊影像序列進行處理，以影像處理技術為基礎，但是，2D 照片進行識別存在嚴重的障礙，無法解決上述的問題對識別的影

響。產生這些問題的主要原因是人臉是 3D 的曲面，而照片是 3D 曲面進行平面投影的結果，在此過程中會失去部分重要的資訊。採用 3D 識別與傳統的方法最大的區別就在於，人臉的資訊可以更好的描述，例如人臉的特徵點的深度資訊及點之間的結構等。透過更多 3D 的資訊，可以獲得較好的臉部特徵解決識別過程中的誤判問題，同時由於 3D 人臉模型具備光源無關性和姿態無關性的特點，能夠正確反映出人臉的基本特性，同時人臉主要的 3D 結構不受表情的影響，從而形成相對穩定的人臉特徵表述。基於 3D 人臉模型的識別方法可以解決傳統 2D 臉部特徵辨識的研究瓶頸，許多研究者已經開始研究 3D 面貌的識別系統，但相關的文獻研究尚不充分，針對實際應用系統的研究則更少。基於上述的原因，3D 人臉辨識系統是值得加以研究。

基於上述人臉辨識存在的問題，本研究提出以紅外線光源搭配 3D 人臉識別的方式，能解決環境光源變化及 2D 影像資料不足的情形。並利用攝影機與訊號處理技術，透過攝影機取像與乙太網路遠距傳輸整合在一起，可提高辨識率及達到遠距辨識的目的。因此，在非理想光源的環境下，亦可以有效的完成人臉辨識的任務。

貳、系統架構

本研究提出紅外線光源 3D 人臉辨識裝置系統如圖 1 所示，此一系統是使用預先定義的特徵點及樣本影像，經過統計後得到的人臉形狀模型與實際拍攝的 3D 人臉進行識別的方法。在某種局部點模型匹配的基礎上，利用統計模型對待識別的人臉的形狀進行約束，從而轉化為一個優化的問題，並期望最終收斂到實際的人臉形狀。可以概分為兩大部分：註冊及識別階段。註冊階段提供人臉彩色數位照片和 3D 人臉形狀模型，若把兩者結合起來可以形成 3D 人臉面具。當使用者走到紅外線光源之 3D 人臉識別裝置，由立體視覺取像平台取像，並透過乙太網路傳送到監控中心，人臉特

徵即可加入到 3D 人臉形狀模型上。識別階段工作在紅外線光源照射下，不需要特殊照明條件，即可進行 3D 人臉形狀模型識別。3D 人臉識別系統可分為四個部份：(1)輸入欲識別的人臉後，以適合的 3D 人臉形狀模型尋找臉部區域。(2)代入事先以統計建立的 3D 人臉形狀模型中。(3)在新的角度合成出所估測的人臉。(4)與建立註冊資料庫中的 3D 人臉形狀模型進行識別。

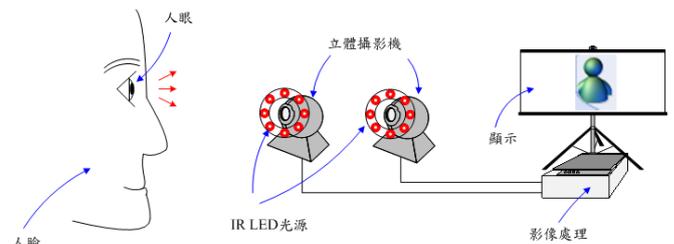


圖 1. 系統架構圖

一、硬體架構

如圖 2 的實驗設備為乘載於雙軸平行運動機構之立體攝影機[1]，該裝置由兩部有紅外線光源的攝影機所構成。當人臉面向立體攝影機，利用安裝在立體攝影機周圍的紅外光源提供正面方向照明，將人臉影像經立體攝影機擷取並輸入到監控電腦中。利用紅外線光源取像的影像在任意環境下都是清晰的，可建構不受環境光影響且高度準確的 3D 人臉識別系統，提供了良好的影像資料。3D 人臉識別演算法則進一步對影像進行處理，以消除距離遠近和頭部姿態所帶來的雜訊影響。

雙軸平行運動機構具有垂直運動與水平運動二個自由度。以伺服馬達作為定位控制，乘載攝影機裝置，可以精密的控制攝影機的取像角度。此一機構的特點為 X、Y 軸之每一個伺服馬達分別獨立運作，不會成為另一個伺服馬達之負載。

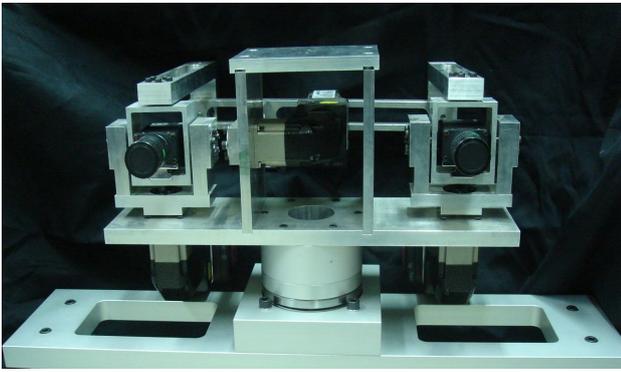


圖 2. 雙軸平行運動機構之立體攝影機[1]

二、硬體架構

圖 3 為紅外光源 3D 識別裝置之人臉形狀模型重建與人臉識別方法。此系統與傳統的人臉辨識系統最大的區別是，此系統的資料庫中記錄的是 3D 人臉模型，而不是儲存多姿態的 2D 人臉照片。3D 人臉深度資訊能解決人臉辨識中多姿態的問題，利用物體幾何原理，排除大部分人臉表情對識別的影響，而且用紅外線光源的影像與環境的明暗程度無關，可以解決人臉辨識過程中受拍攝環境光照強度的影響，達到較理想的人臉辨識效果。

傳統的人臉辨識研究大多以 2D 影像之間的相似度為基礎，而且相似度主要是建立在灰階強度值的比較上。本研究可突破這個限制，因為以 2D 人臉影像為主的人臉辨識很難解決人臉不同角度的影像辨識，為了解決這個問題，需要將 3D 人臉模型的資訊引入人臉影像辨識中。本研究的方法包含有一個人臉偵測演算法、一個統計的人臉形狀模型、一個建立 3D 人臉統計模型方法及一個可靠的人臉影像比對法。最後，發展以下幾個人臉辨識技術：

1. 系統管理人員使用的管理平台：主要的功能是進行 3D 人臉資料特徵點的擷取和儲存，來開發人臉 3D 模型的管理系統。由立體視覺攝影機擷取原始的 3D 人臉模型，得到的 3D 資料座標可能不統一，首先要進行座標的正規化，對原始 3D 人臉模型的平滑化及座標轉換，產生 3D 曲面資料。人臉的 3D 特徵點的選取亦可以採取手工選取的方式，由系統管理員透過平台對人臉影像特徵點進行標示。全部標示結束後，記錄於電腦資料庫中。管理平

台也具備其他的功能，例如增加新的使用者、刪除、修改等常用資料庫管理功能。

2. 開發人臉自動化辨識系統：首先，透過紅外線光源配合立體攝影機對人臉影像進行分析，自動偵測出人臉在影像中的位置，並從影像中將其分割出來。找到人臉後，使用人臉形狀模型的特徵點進行自動的標示。由左右攝影機分別可得到立體影像特徵點後，根據主要的特徵點位置，計算出人臉拍攝角度。對 3D 資料的進行讀取，讀取後建構出人臉的 3D 模型，同時按照拍攝角度的變化 3D 人臉模型。當測試人臉與 3D 人臉資料庫的旋轉角度相同時，透過多組特徵向量、分類器判別及臨界值設定的方法實現 3D 人臉辨識。

3. 使用資料庫之資料儲存性和大量資料的處理能力：實現系統需要使用到的 3D 空間資訊和屬性資訊的儲存及對大量資料的查詢檢索。

4. 不論是管理平台還是自動識別系統：對人臉資料庫的讀取都透過資料庫完成進行資訊讀取、維護及操作。

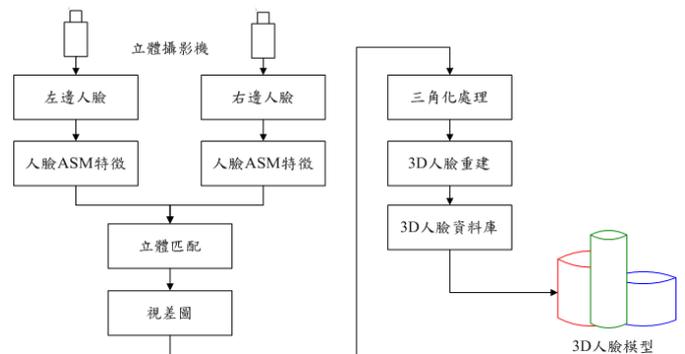


圖 3. 紅外光源之 3D 人臉形狀識別裝置[2]

參、實驗方法分析

光源是影響人臉識別的一項重要因素。隨著光線的變化，同一張臉的資訊可能產生很大的變化，往往造成特徵的差別。未加紅外線光源在不同光照拍攝得到的人臉照片，未帶眼鏡情況及帶眼鏡情況分別如圖 4 及圖 5 所示。圖 4(a)為環境有光源加上輔助光源拍攝條件理想的人臉影像，圖 4(b)為環境無光源加上輔助光源拍攝的人臉影像，圖 4(c)為非正對攝影機拍

攝得到的人臉影像，圖 4(d)為環境有光源未加輔助光源拍攝的人臉影像，圖 4(e)為環境無光源未加輔助光源拍的人臉影像。由圖 4 可知，除了圖 4(a)(b)有正確光源拍攝的影像，較易進行人臉影像處理，其餘影像會因為光源分佈不均造成人臉影像辨識錯誤。如圖 5 所示，雖有正確光源但會因有戴眼鏡而產生不同的辨識結果。若使用有紅外線光源的立體攝影機取景，可以得到在任意環境光源下，人臉部的影像都是清晰的，如圖 6(a)(b)所示。

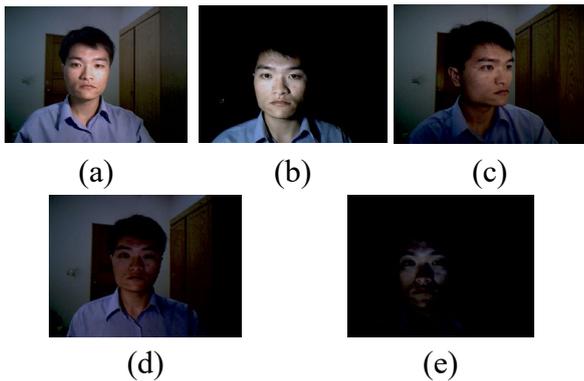


圖 4. 未加紅外光源在不同光照拍攝得到的人臉照片(未帶眼鏡情況)

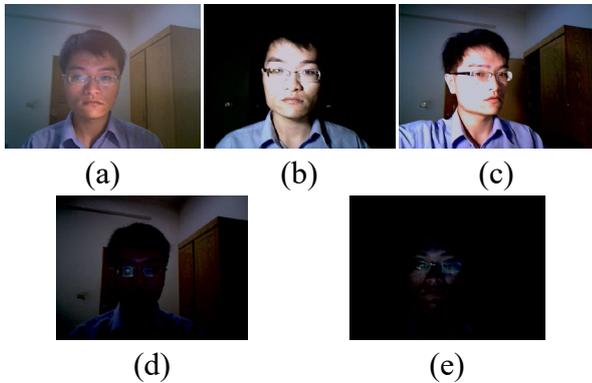


圖 5. 未加紅外光源在不同光照拍攝得到的人臉照片(帶眼鏡情況)



圖 6. 加紅外光源在不同光照拍攝得到的人臉照片

大部分的人臉辨識在人臉取景的角度有著嚴格的限制，一般人臉辨識的方法是利用單張

影像的資訊，如邊緣等影像特徵來建立 3D 人臉模型，提供了虛擬的人臉模型以供多角度的辨識。圖 7 和圖 8 是以單張正面影像去計算模擬不同角度的人臉的型態。圖 7(a)及圖 8(a)為影像處理後的人臉輪廓特徵點座標，圖 7(b)(c)及圖 8(b)(c)為模擬不同角度處理後的 3D 人臉模型。由於只依靠一張正面影像去做模擬，欠缺深度的資訊，所以當角度改變越大時，人臉影像長寬比例失真的情形越嚴重，導致誤判的機率就越高，準確率自然就會下滑，如圖 7(b)(c)及圖 8(b)(c)所示，人臉鼻子部份已歪斜，易造成人臉辨識上的錯誤。

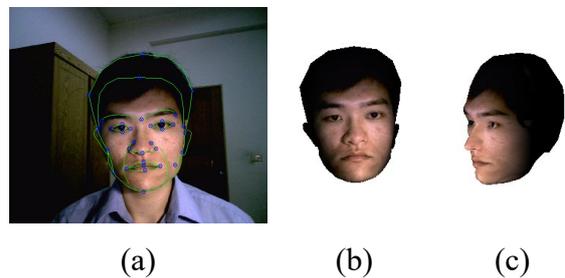


圖 7. 從單張人臉影像建立 3D 人臉模型(未帶眼鏡情況)

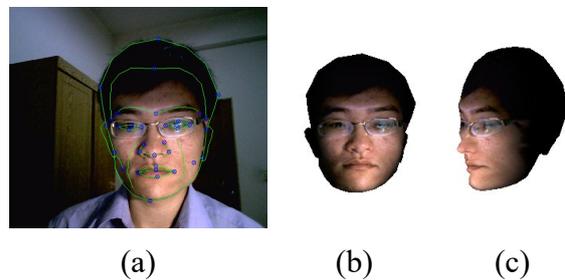


圖 8. 從單張人臉影像建立 3D 人臉模型(帶眼鏡情況)

一、主動形狀模型法

1995 年 Cootes 等人[3]提出了主動形狀模型(Active Shape Model, ASM)演算法，其利用人臉特徵點座標位置之間具有強烈相關性的特性，以統計的方式，對特徵點的座標位置建立參數化可變形狀模型，由一組參數控制模型的控制點位置變化，進而使其更接近目標物的形狀。

為了克服單張影像欠缺深度資訊的問題，利用預先定義的特徵點及樣本影像經過統計後

得到的人臉形狀模型與實際拍攝的 3D 人臉進行識別的方法。在某種局部點模型匹配的基礎上，利用統計模型對待識別的人臉的形狀進行約束，從而轉化為一個優化的問題，並期望最終收斂到實際的人臉形狀。並採用雙眼立體影像架構分別拍攝左右影像，經人臉形狀模型處理可以得到 3D 人臉模型。

將人臉形狀模型為定義一個能量函數，透過調整模型參數使能量函數最小化。與人臉形狀模型相比，在於能根據訓練資料對於參數的調節加以限制，從而將形狀的改變限制在一個合理的範圍內。首先，對一組標有人臉特徵點影像(訓練集)的形狀和局部進行灰度建模，然後在搜索過程中不斷調節形狀和姿態參數，從而使形狀達到最優化。

為了研究訓練人臉影像的形狀變化，比較不同的形狀相對應的點，應先對這些人臉影像進行校正，對其他形狀進行旋轉、縮放和平移使其盡可能的與基準形狀接近。然後，對校正後的形狀資料進行主分量分析(Principal Component Analysis, PCA)，過程如下：

(1)計算校正後的形狀向量的共變異矩陣：

$$\sum_s \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - \bar{s})(s_i - \bar{s})^T \quad (1)$$

式中 \bar{s} 為形狀向量的平均值。

(2)透過下式計算共變異的特徵值

$$A_s(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m), \sum_s \phi_s = \phi_s A_s \quad (2)$$

(3)取相應的特徵向量並正規化，記 $P = (p_1, p_1, \dots, p_t)$ 。

與較大的特徵值 λ_i 對應的特徵向量 λ_i 代表較重要的形狀模型的變化，這樣任何形狀向量 x 皆可以用前 t 個特徵向量表示為：

$$x = \bar{x} + Pb \quad (3)$$

其中， P 是已訓練好的模型， b 是一個向量。一個新臉部影像 x 等於用平均人臉 \bar{x} 加上「 b 人臉外形模型產生的變異量」。當 b 為零時，人臉影像 x 等於平均人臉 \bar{x} 。當 b 不為零時，人臉影像可能正在做某種表情或姿態。

$b = (b_1, b_2, \dots, b_t)^T$ ，是控制前 t 個模式的係數。不同的 b 對應了不同的形狀，從左到右相應的 b 為 $b = 0$ ， $b = (3\sqrt{\lambda_1}, 0, 0, \dots, 0)^T$ ， $b = (-3\sqrt{\lambda_1}, 0, 0, \dots, 0)^T$ ， $b = (0, 3\sqrt{\lambda_1}, 0, \dots, 0)^T$ ， $b = (0, -3\sqrt{\lambda_1}, 0, \dots, 0)^T$ ，由於 P 是正定的，所以有 $b = P^T(x - \bar{x})$ 。

在人臉擬合過程中經由反復迭代迴圈的過程，不斷改變外部參數中的平移量、旋轉角度及縮放比例，直至形狀不變，可認為此時的形狀即所要搜索的影像形狀。 b 透過人臉形狀模型產生人臉「擬合」輸入的人臉。最佳化擬合有幾項控制參數可供調整：

b ：如式(3)，影響人臉影像本體 x ，屬於內部參數。

p ：人臉影像中心點放置在輸入影像的座標位置，屬於外部參數。

s ：主動影像放置在輸入影像之尺寸比例，屬於外部參數。

θ ：主動影像中心線相對於輸入影像座標軸之偏差角度，屬於外部參數。

可用下列式(4)表示人臉影像 x 經過各項參數的調整，逼近輸入影像 Y ：

$$f(b, p, s, \theta) = |Y - X|, \quad (4)$$

$$\text{Optimize}(Y, X(b), p, s, \theta) = \arg \min_{b, p, s, \theta} (f)$$

若 f 是人臉影像與輸入影像的相似度誤差函數。最佳化擬合如式(4)，不斷的調整參數直到人臉影像與輸入影像達到誤差最小化為止，此時 b 向量即是需要的人臉特徵資訊。

二、主動形狀模型演算法

圖 9 說明兩部攝影機擺置的方式與世界座標的關係。圖 9(a)為兩部攝影機光軸互相平行(透視圖)，圖 9(b)為兩部攝影機光軸互相平行(俯視圖)，兩部攝影機光軸互相平行，向量 l 和向量 l' 垂直於基準線 b ，攝影機視軸角度(Pan) $\beta = 0$ 。如圖 9(c)所示，兩部攝影機繞著 Y 軸旋轉，它們的光軸交在同一點，此點稱為凝視點(Fixation Point)，產生視軸角度 β 。左邊

攝影機光軸和向量 l 形成一個視軸角度 β_1 ， $\beta_1 > 0$ 為 l 的右邊。同理，右邊攝影機光軸和向量 l' 形成一個視軸角度 β_2 ， $\beta_2 > 0$ 為 l' 的左邊。兩部攝影機相隔基準線 b ，可以利用攝影機外部參數得到下列方程式：

$$\bar{b} = \frac{(T - T')}{\|T - T'\|}, \quad \beta_1 = \cos^{-1}(R_1 \cdot \bar{b}), \quad (5)$$

$$\beta_2 = \cos^{-1}(R'_1 \cdot \bar{b})$$

式中， \bar{b} 是單位向量， T 和 T' 分別是左右攝影機的平移矩陣， R_1 和 R'_1 分別是左右攝影機旋轉矩陣的第一列向量。

假設左右攝影機的 tilt 角相同，二部攝影機的針孔模型如圖 10 所示。右邊攝影機的鏡頭中心定為原點，左邊攝影機的鏡頭中心為 $(b, 0, 0)$ 。左邊攝影機和 l 向量夾角為 β_1 ，右邊攝影機和 l' 向量夾角為 β_2 ，由兩部攝影機的幾合關係，用 $(x, y), (x', y')$ 可以計算出點 P 的 3D 資訊如式(6)~(8)所示。

$$\frac{b}{Z} = \tan(\beta_1 + \delta) + \tan(\beta_2 + \Phi) \quad (6)$$

式中， $\delta = \tan^{-1}((x - x_0)/|f|)$ ， $\Phi = \tan^{-1}((x' - x'_0)/|f'|)$ ， f 和 f' 代表以 pixels 表示的焦距。在獲得 Z 後， P 點的 X 和 Y 位置可以計算如下：

$$\begin{aligned} X &= Z \tan(\beta_1 + \delta), \\ X &= b - Z \tan(\beta_2 + \Phi) \end{aligned} \quad (7)$$

和

$$Y = \frac{(y - y_0)Z \cos(\delta)}{|f_v| \cos(\beta_1 + \delta)} = \frac{(y' - y'_0)Z \cos(\Phi)}{|k'_v| \cos(\beta_2 + \Phi)} \quad (8)$$

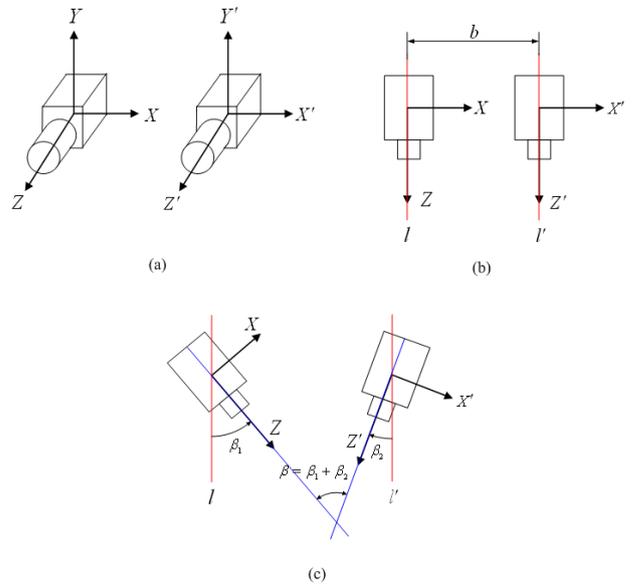


圖 9. 立體攝影機擺位

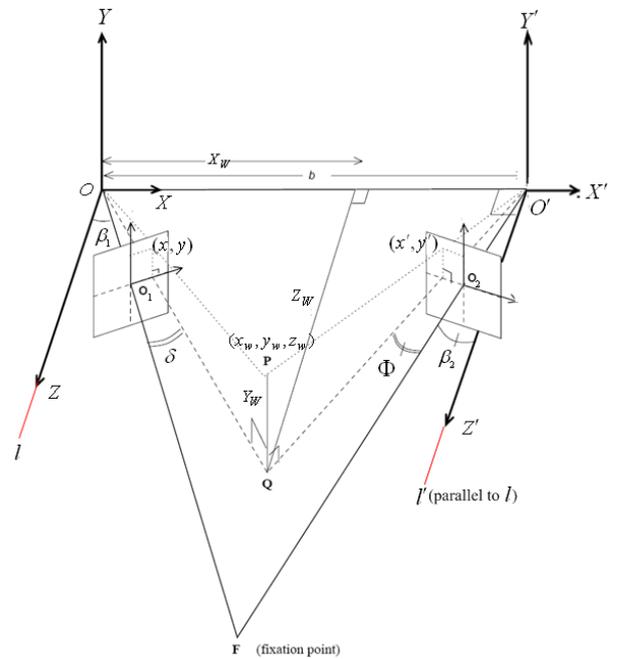


圖 10. 利用對應的立體匹配點計算 3D 資訊

肆、實驗結果

本實驗是利用具有紅外線光源的攝影機進行取像。每張影像的大小為 $640 \text{ (pixel)} \times 480 \text{ (pixel)}$ 。建立 3D 臉模型的實驗中分成兩個部份做實驗：(1)利用 ASM 演算法中訓練的平均人臉模型計算單一影像中的人臉模型。在計算人臉的過程中，利用調整形狀和姿態的約束來尋找最佳化的人型模型，共有 68 個特徵點。(2)利用平行架構的攝影機組來拍攝左右兩張影像，並分別讓左右兩張影像利用 ASM 演算法

計算出人臉模型和 68 個特徵點。經由立體視覺計算出的 3D 人臉特徵點並且利用 Delaunay 三角化建立 3D 人臉模型。

一、可見及紅外光源人臉雜訊消除分析

由於光源造成拍攝人臉影像存在雜訊的部份，如圖 11 及圖 12 在不同光照拍攝得到的人臉照片，可見人臉頰光線分佈不均，此種狀況對於後續人臉識別尤為嚴重。因此，我們將人臉影像分割成不同的區域，目的是希望能利用大部分沒有雜訊影響的人臉區域，能夠精確的識別。經由不斷的分析各種不同條件拍攝的人臉，發現大部份存在人臉影像內的雜訊呈現局部性的分布，基於這個發現，利用區域性二元化圖形演算法將被雜訊影響的區域數量控制在最小的狀態[4]。在實驗過程中，將人臉正規化影像分割成數個子區域，並對每個區域做獨立的特徵擷取，目的是減少雜訊的影響。為了得到正規化人臉影像，將人臉影像切割成許多區域。根據不同區域區域性二元化圖形特徵擷取，每個區域擷取出獨立的特徵值，這些特徵值依序排列成一個特徵向量，針對每個區域運用區域性二元化圖形擷取出特徵值，得到特徵向量代表原始的人臉影像。

圖 11 為可見光源人臉雜訊消除分析實驗結果，應用區域性二元化圖形於可見光源人臉雜訊消除分析。圖 11 為可見光源人臉雜訊影像，由於無法控制戶內外光源變化、表情及角度影響，造成這些人臉影像極具有挑戰性。圖 11 為可見光源人臉雜訊消除的實驗結果。圖 11(a)-(d)為輸入人臉影像畫面，圖 11(e)-(h)為經過假色影像處理畫面，發現實際可見光源照射於人臉所造成光源分佈不均影響。圖 11(i)-(l)為經由本文提出區域性二元化圖形雜訊消除方法運算後，所得到正規化之人臉影像，經由圖 11(m)-(p)的假色影像處理得到假色影像。最後，將圖 11(m)-(p)與圖 11(e)-(h)進行比較更能看出經由人臉正規化處理後，人臉已不受可見光源影響，有利於後續人臉特徵定位處理。

圖 12 為紅外光源人臉雜訊消除分析實驗結果，應用區域性二元化圖形於紅外光源人臉

雜訊消除分析。圖 12 為紅外光源人臉雜訊影像，由於無法控制戶內外光源變化、表情及角度影響，造成這些人臉影像極具有挑戰性。圖 12 為紅外光源人臉雜訊消除的實驗結果。圖 12(a)-(d)為輸入人臉影像畫面，圖 12(e)-(h)為經過假色(pseudo color)影像處理畫面，發現實際紅外光源照射於人臉所造成光源分佈不均影響。圖 12(i)-(l)為經由本文提出區域性二元化圖形雜訊消除方法運算後，所得到正規化之人臉影像，經由圖 12(m)-(p)的假色影像處理得到假色影像。最後，將圖 12(m)-(p)與圖 12(e)-(h)進行比較更能看出經由人臉正規化處理後，人臉已不受紅外光源影響，有利於後續人臉特徵定位處理。

經由上述實驗結果分析，可以歸納出結論：一般來說，採用局部特徵擷取的演算法效能會優於採用傳統特徵擷取的演算法。主要原因是因為傳統的特徵擷取方式是由全域影像萃取特徵，使用的演算法是分析並萃取局部特徵，實驗結果證明了這是一種高效能的演算法。換言之，帶有雜訊的人臉影像特徵紋理，經由區域性二元化圖形的演算法分可轉成正規化人臉影像。經由可見光源及紅外線光源對提出的人臉雜訊消除方法比較，在使用有紅外線光源的攝影機取像，加上正規化處理後，可以得到在任意環境光源下，人臉部的影像都是清晰的，可以看出紅外光源的優勢。

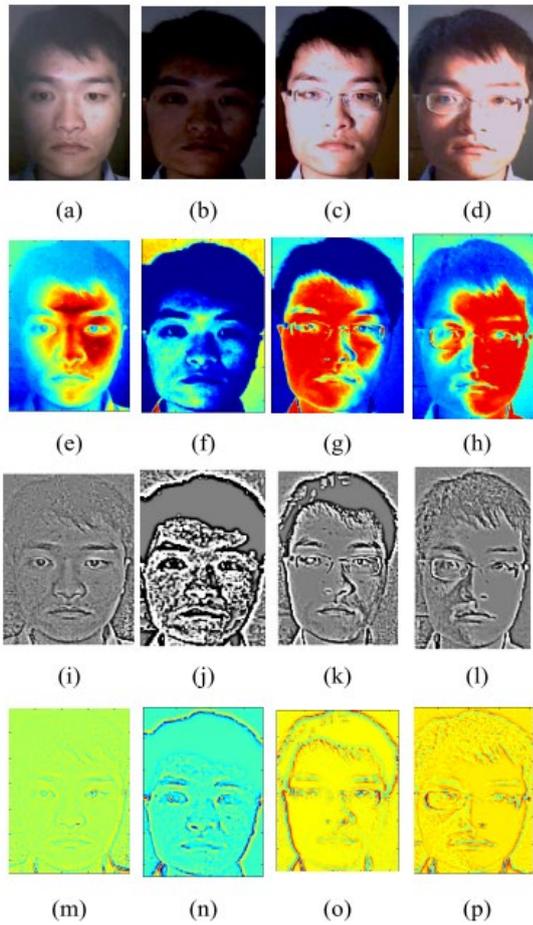


圖 11. 可見光源人臉雜訊消除分析實驗結果

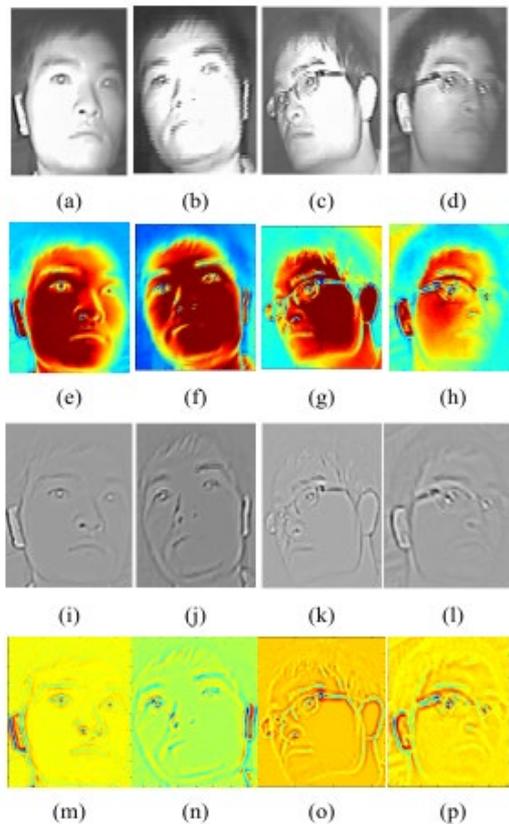


圖 12. 紅外光源人臉雜訊消除分析實驗結果
二、ASM 偵測人臉偵測實驗結果

圖 13 是人臉形狀模型實驗結果。圖 13(a) 是原始影像，圖 13(b) 為經過人臉形狀模型偵測後的影像，圖 13(c) 為偵測人臉的特徵點和人臉形狀的實驗結果，圖 13(d)-(h) 是計算人臉形狀模型的過程。圖 13(d) 為樣板影像及事先定義好的特徵點，圖 13(e) 為影像經過特徵點計算後的結果，圖 13(f) 為影像對特徵點進行編號，圖 13(g) 為搜尋到的人臉形狀模型，圖 13(h) 為將人臉形狀及特徵點結合後的實驗結果。

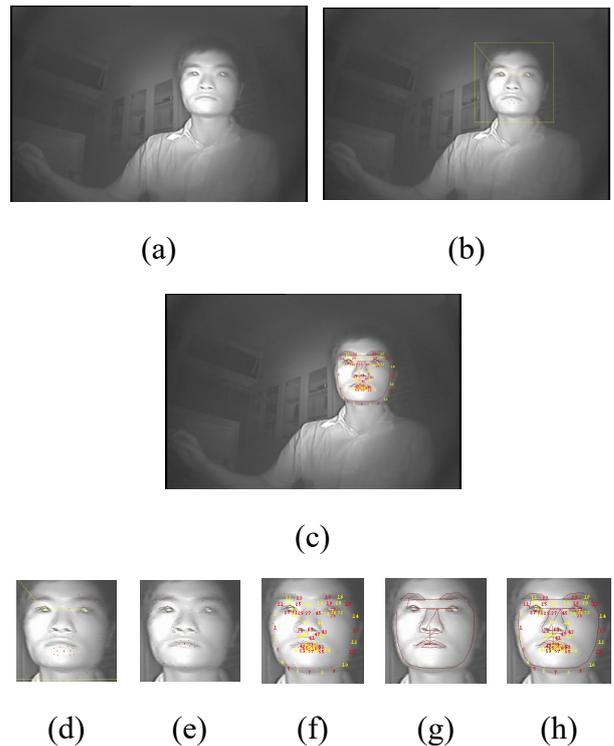


圖 13. ASM 偵測人臉偵測實驗結果

三、3D 人臉立體視覺實驗結果

本研究利用 convex-hull 演算法和 Delaunay triangulation[5] 建立 3D 人臉模型。convex-hull 演算法，能包住一些點的最小的凸外殼，也就是能將全部點包進去的最小凸多邊形。凸的定義是圖形內任兩點的連線不會經過圖形外部。convex-hull 演算法是一種基礎的數學和幾何結構。利用 convex-hull 找出人臉特徵點的外圍，並且利用 Delaunay 三角化及內插法建立人臉的立體模型。

經由 ASM 所得到的人臉特徵點利用 Delaunay 三角化將每一點與鄰近的兩點連成三角形。Delaunay 三角化演算法與 Voronoi 圖有關，Voronoi 演算法能將幾何空間上的所有點依據距離物件遠近關係作分隔，讓每個物件能

劃分得到一定區域，在區域內的任意點和該物件的距離皆比其它物件要來得近。Delaunay 三角化通常被用來內插人臉特徵點的資料，以便於 Voronoi 演算法計算，且此方法對於散亂的點建立三角化是有效的。

圖 14(a)為經由 ASM 演算法計算出 68 個特徵點的左邊人臉影像，圖 14(b)為經由 ASM 演算法計算出 68 個特徵點右邊人臉影像。最後，圖 14(c)(d)分別經由 Delaunay 三角化的 3D 人臉立體模型可得到 3D 人臉重建結果。表 1 為立體匹配 3D 人臉重建特徵點。

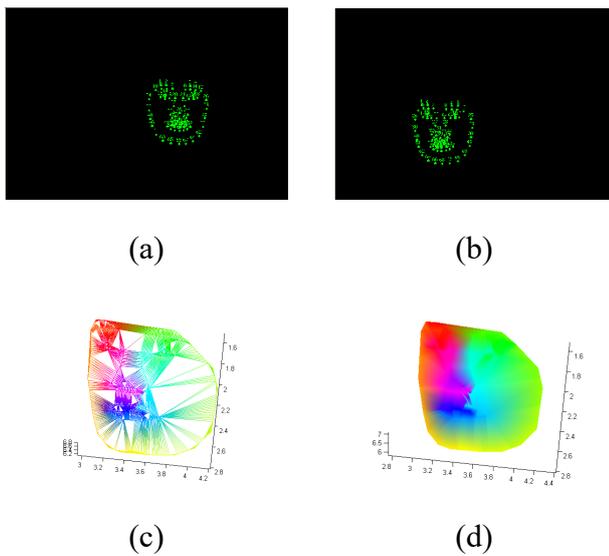


圖 14. ASM 立體視覺人臉偵測實驗結果
表 1. 立體匹配 3D 人臉重建特徵點

點	(x, y)	(x', y')	(x_w, y_w, z_w)
1	(350,178)	(198,222)	(0.30,0.15,0.62)
2	(364,178)	(211,222)	(0.31,0.15,0.61)
3	(417,180)	(267,224)	(0.36,0.16,0.63)
4	(430,180)	(281,224)	(0.38,0.16,0.63)
5	(352,186)	(202,230)	(0.31,0.16,0.63)
6	(364,186)	(213,230)	(0.31,0.16,0.62)
7	(377,186)	(225,230)	(0.32,0.16,0.62)
8	(406,188)	(254,232)	(0.35,0.16,0.62)
9	(417,188)	(267,233)	(0.36,0.16,0.63)
10	(429,189)	(280,233)	(0.37,0.16,0.63)

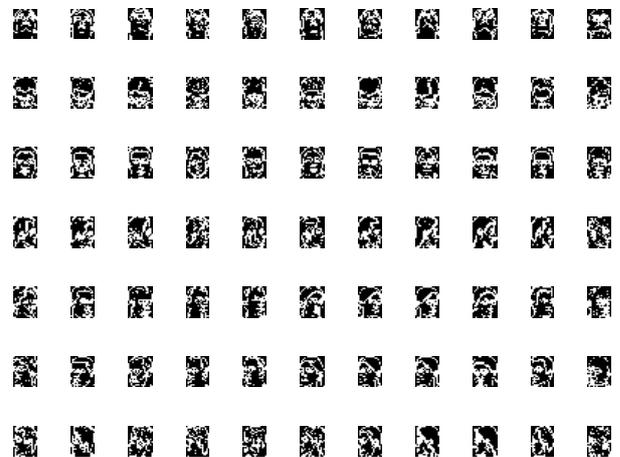
四、多角度人臉訓練實驗結果

圖 15 為各種不同人臉樣本，包含 77 張不同角度之人臉影像。對於人臉訓練樣本，計算其各種不同人臉影像的平均人臉，如圖四所

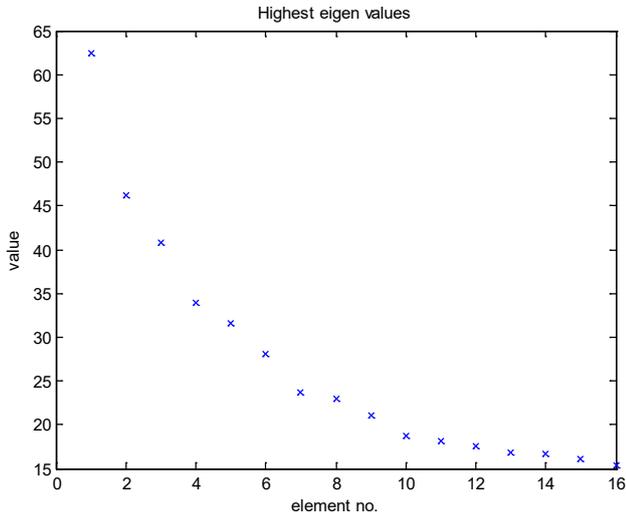
示。圖 16(a)為將圖三人臉樣本經由邊緣偵測處理後得到的影像。圖 16(b)為計算過程收斂曲線，圖 16(c)為得到各種不同人臉影像的平均人臉。圖 17 為多角度人臉訓練，對待識別人臉樣本進行前、上、下、左、右、左 45° 及右 45° 進行分類識別，以利後續多角度人臉識別研究使用。



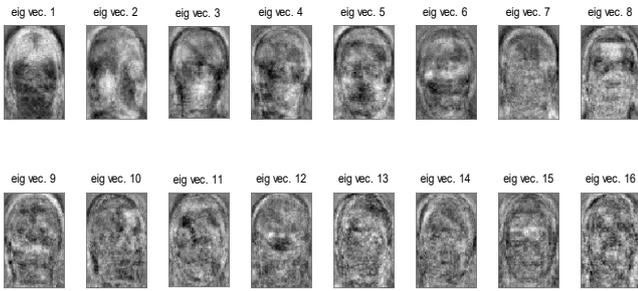
圖 15. 各種不同人臉樣本



(a)

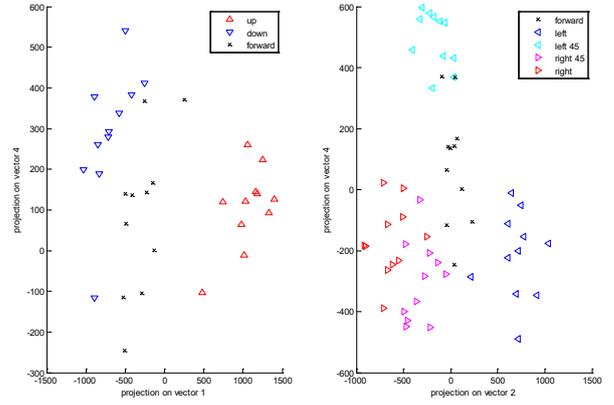


(b)



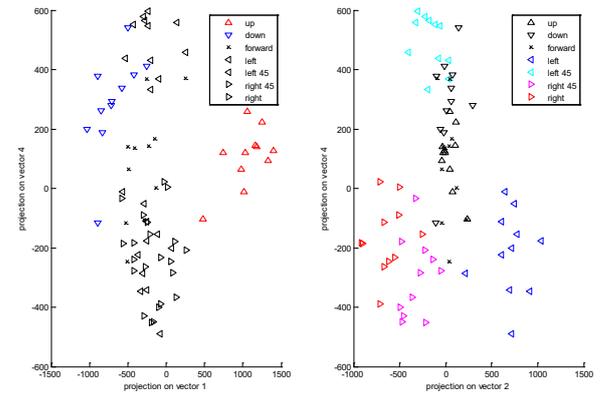
(c)

圖 16. 各種不同人臉影像的平均人臉



(d)

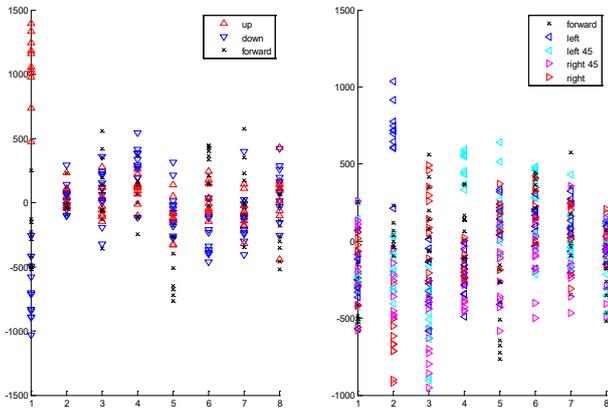
(e)



(f)

(g)

圖 17. 多角度人臉訓練

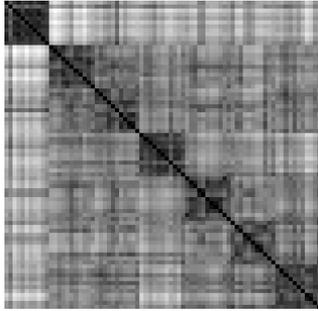


(b)

(c)

圖 18 是側向角度之人臉擬合實驗結果。圖 18(a)為初始化人臉影像，圖 18(b)為已訓練好的平均人臉模型示意圖。圖 18(c)是原始影像，圖 18(d)為初步經過人臉形狀模型偵測後得到的影像，將圖 18(a)初始化人臉影像定位於人臉，由於原始影像非正面向影像，人臉姿態存在偏轉一角度，此時，需要進行人臉擬合演算法運算才能正規化人臉模型。圖 18(e)為人臉擬合疊代第 1 次得到實驗結果。最後，圖 18(f)為人臉擬合疊代 15 次後所得到的實驗結果，可以將圖 18(a)設定人臉表情特徵正規化處理並顯示於圖 18(f)中。

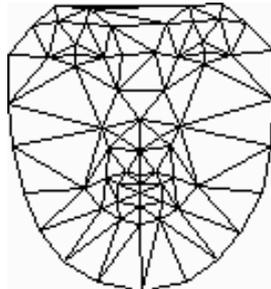
Dist. of image vectors, average value outside diagonal / average value inside diagonal = 2.2302



(a)



(a)



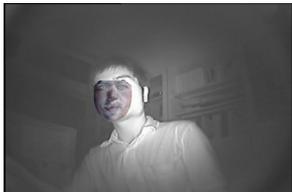
(b)



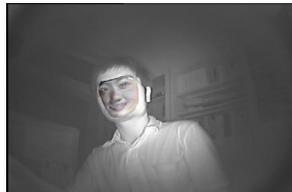
(c)



(d)



(e)



(f)

圖18. 側向角度之人臉擬合實驗結果

伍、結論

本研究提出用紅外線光源取像的人臉辨識的演算法，用此一演算法可建立 3D 人臉模型。達到利用紅外線光源取像提升人臉的辨識率的目的。同時，利用立體攝影機取像，經左右影像特徵點的比對，來提升 ASM 演算法中的形狀參數達到提升 ASM 擬合的目的。一般 ASM 演算法是屬於區域的 2D 人臉變形的演算法。

3D 人臉 ASM 擬合演算法，是藉由加入 3D 幾何限制條件至 2D 人臉 ASM 統計方程式中。雖然，擬合的結果主要是依靠 2D 人臉 ASM 演算法，但本系統與其他的人臉辨識系

統最大差別是 3D 人臉模型被記錄在資料庫中，且系統只儲存少許的人臉特徵點即可建立出 3D 人臉模型。本系統不需儲存多姿態 2D 人臉所擬合的 3D 人臉。用本研究的方法所建立的 3D 人臉模型的深度資訊，可以解決在偵測多姿態的人臉辨識的問題。另外，建立的 3D 人臉模型可以減少人臉表情所造成的影響，加上紅外線光源配合攝影機所拍攝的影像，亦可解決環境光源所造成的取像不良的影響，進而得到更好的人臉偵測效果。

參考文獻

- [1] 王朝興、陳永祥和蕭瑛星。「雙軸獨立同步運動的攝影機控制機構」，專利公告號：M333731，公告日期：2008/06/01，專利類型：新型專利，國際專利分類號：H04N 5/225 (2006.01)，申請案號：096215338，申請日期：2007/09/12，申請人：財團法人國家實驗研究院，代理人資訊：蔡清福。
- [2] 陳永祥和蘇盛竹。「紅外線光源駕駛者疲勞偵測裝置」，專利公告號：M364858，公告日期：2009/09/11，專利類型：新型專利，國際專利分類號：G01J5/60 (2006.01)，申請案號：097221451，申請日期：2009/11/28，申請人：蘇盛竹，代理人資訊：蔡清福。
- [3] T. F. Cootes, C. J. Taylor, D. H. Cooper, and J. Graham, "Active Shape Models - Their Training and Application," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.61, pp. 38-59, January 1995.
- [4] 陳永祥、廖泰杉、孫秀貞和蕭瑛星。「建立人臉模型的方法」，專利公告號：201120802，卷號：09，期號：12，公告日期：2011/06/16，專利類型：發明專利，國際專利分類號：G06T-015/00(2006.01);G06T-007/00(2006.01)，公告日：2013/04/11，證書號：I393070，申請案號：098142765，申請日期：2009/12/14，申請人：財團法人國家實驗

研究院，代理人資訊：李國光、張仲謙。

[5] <http://www.mathworks.com/help/matlab/ref/delaunay.html>.

三、 其他相關資訊

台中分會網站資訊將持續更新，期望能為台中分會的會員朋友們提供一個分享交流、學習、溝通及傳承的平台，歡迎大家隨時上網瀏覽並提供意見。

為響應環保及節能減碳，中國工程師台中分會會訊，採電子版本發行，刊登於網站上。為便於最新消息及活動資訊傳遞，未來將陸續致電與分會會員進行個人資料補正，或請您填妥下方補正資料，傳送至台中分會第五十一屆祕書處，感謝各位會員朋友的支持與配合。

會員基本資料補正			
姓名		連絡電話	
服務單位		職稱	
E-mail			
※歡迎使用 Email 回傳至信箱： jwhuang@nuu.edu.tw ，謝謝！			

會訊徵稿

本會訊歡迎會員投稿，若有資料或意見提供，請與本分會祕書處聯絡，來信請寄：jwhuang@nuu.edu.tw，黃小姐。