

# 變臉：醫學美容整形模擬影像技術

## Face Off: Intelligent Computer Vision Based Simulation Technology of Facial Plastic Surgery

李宇青、許晉偉、陳奇緣、柯馨雅、王靖維

Yu-Ching Lee, Chin-Wei Hsu, Chi-Yuan Chen, Hsin-Ya Ko, Ching-Wei Wang

本文介紹一全自動電腦視覺技術，可進行變臉、醫學美容整形、變老變年輕、換膚、變換眉型、下巴、髮際線修改後、最佳化人臉比例等預測模型結果。應用上除了醫美應用，也普遍應用於娛樂電影替身效果。而近年來全球盛行的美妝與保養風潮、美容、整形等等領域，皆可運用人臉特徵註冊和變形達到更精準地分析、預測和模擬效果。本文技術包含人臉影像特徵擷取模型、全自動影像註冊和仿射變形、無縫融合等技術，深入介紹醫學美容整形模擬影像技術的應用和其發展性。

This paper presents a fully automatic computer vision system for producing simulated/prediction outcomes after facial plastic surgery. The system is able to simulate the outcomes of aging, becoming younger, skin replacement, surgery of eye browses, eyes, noses, mouths, chin, cheek and hairlines. Apart from simulation for facial plastic surgery, the technique is also popularly applied to filming and gaming industries such as avatars. The technology introduced in this paper includes automatic facial landmark detection models, image registration, image transformation and fusion techniques. We further introduce the applications of the simulation technology of facial plastic surgery and potentials of the technology.

### 一、醫學美容整形模擬影像之應用

一般人通稱的「醫美」，是「醫學美容」(Medical Cosmetology) 或是「醫療美容」的簡稱。2013 年時衛生署認為，醫學美容產品、技術有其學術專業度，也有其醫學的學理依據，因此將其正名為「美容醫學」(Cosmetic Medicine)，但一般大眾還是習慣以「醫美」稱之，很少簡稱它為「美醫」。但不論名詞為何，指的都是「由具有專業的醫師，透過手術、藥物、醫療器材、生物科技材料等，其產品、方式、技術，進行改善身體外觀形態

的行為。」而「醫美」主要涵蓋兩大部分：「微整形」以及「整形」。「微整形」與「整形」的主要差別在於：微整形「不開刀」，傷口小、恢復快，但改變限於局部，效果也較難持久；而整形則是「開刀」的手術，需要局部麻醉甚至全身麻醉，效果明顯、維持時間久，但侵入性較高。微整形包括光學性治療，如超音波、脈衝光、電波拉皮、各類雷射等，也包括針劑注射，如肉毒桿菌、玻尿酸、微晶瓷、膠原蛋白的注射等。整形的手術包括了隆乳、手術隆鼻、抽脂、削骨、傳統拉皮、傳統下巴手術、割雙眼皮、腹部手術等。

傳統的整形美容手術由於受各方面條件的制約，存在著各式各樣的問題，最致命的莫過於過度依靠醫師的審美能力，手術效果也不會提前知曉，只能寄託在醫師的個人能力上，有冒險的傾向性。而整形預測模擬系統可以解決以上問題。

## 1. 技術應用及發展

醫學美容整形模擬影像是透過了人臉特徵擷取、影像註冊與變形系統產生，本系統結合了人臉影像特徵擷取 (Face Feature Segmentation)、影像註冊 (Image Registration) 和仿射變形 (Affine Transformation) 等技術。一開始從現有方法：基於 OpenCV 和 Dlib 的人臉交換 (face swap)<sup>(1)</sup> 和 Face Swap using OpenCV (C++ / Python)<sup>(2)</sup> 中得到啟發，並開發出多項功能，綜合搭配各項功能即可得到美容整形的影像模擬效果。

目前醫學美容整形模擬影像技術對於人臉的五官以及皺紋、斑點、膚色等等特徵，可以運用人臉特徵擷取將人臉特徵建立成感興趣區域 (ROI)，搭配影像註冊和仿射變形可以實現不同人臉的特徵交

換，亦或是單一人臉的特徵大小、位置調整，來達到人臉影像各式各樣的變化性，下圖 1 為醫學美容整形模擬影像的流程示意圖。

如圖 2 所示，本文使用並建立兩組人臉特徵模組：68 和 119 個特徵點人臉特徵模組，我們改進和開發出總共 14 項功能，分別是全域人臉交換 (68 個特徵點)、眼睛交換 (68 個特徵點)、鼻子交換 (68 個特徵點)、嘴部交換 (68 個特徵點)、上眼皮交換 (68 個特徵點)、下眼皮交換 (68 個特徵點)、魚尾紋交換 (68 個特徵點)、皮膚交換 (68 個特徵點和 119 個特徵點)、眼睛移動 (68 個特徵點)、特徵大小調整 (68 個特徵點)、額頭交換 (119 個特徵點)、眉毛交換 (119 個特徵點)、眉毛移動 (119 個特徵點)、眉毛特徵調整 (119 個特徵點)

各項功能皆有廣泛的應用性，效果也十分顯著。比如全域人臉交換 (68 個特徵點) 功能，如圖 3 所示，可以達到讓來源影像和目標影像的人臉進行不受方向性、五官大小、膚色等特徵影響的無痕交換。這個功能在於人像合成、替身或是擴增和虛擬實境都可以有非常豐富的應用。

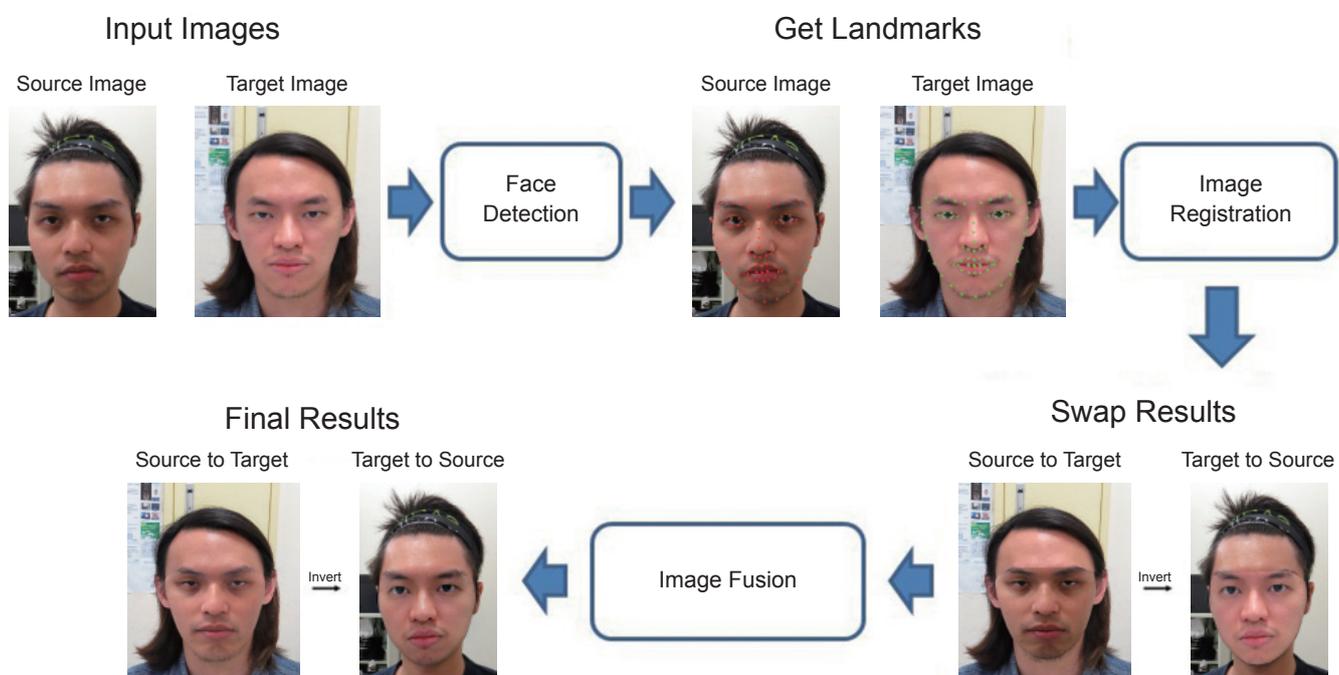


圖 1. 醫學美容整形模擬影像流程示意圖。首先設定好輸入影像，接著透過人臉特徵擷取得到輸入影像的特徵點 (Landmark)，透過特徵點 (Landmark) 進行影像註冊和仿射變形，最後再運用影像無縫融合的技术，讓略顯生硬的影像交換結果 (Swap Results) 變成更完整的結果影像 (Final Results)。

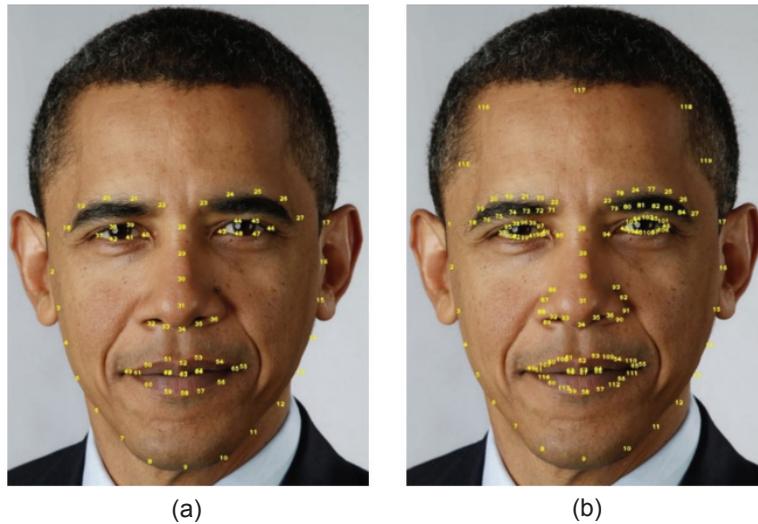


圖 2. 人臉特徵模組的特徵點分佈。(a) 68 個特徵點。(b) 119 個特徵點。

此外如圖 4 的魚尾紋交換 (68 個特徵點) 和圖 5 所示的皮膚交換 (68 個特徵點和 119 個特徵點) 搭配額頭交換 (119 個特徵點) 等功能在醫療美容領域上亦有十分重要的應用性，患者可以透過這項功能去直接了解抗皺、去痘、除斑或整形美容的效果，大幅避免了和醫生會有想像上的差異，同時若來源影像和目標影像使用父子或母女等親屬來進行交換，亦可讓患者預測自己臉部未來的可能變化，以提早針對性地進行預防和保養。

除了上述著眼於臉部肌膚特徵的幾項功能，本文系統在人臉細部特徵的變換、大小調整也具有良好效果。如圖 6 所示的眉毛交換 (119 個特徵點) 功能，即使眉毛的顏色、長度和角度等特徵有所差異，一樣可以進行完整的交換。此項功能在人像模擬、合成和整形美容的領域上都有廣闊的應用性，患者可以透過結果影像預測眉毛的美容或整形效果，或是讓系統模擬出患者未來的眉毛情況，醫生可以提供相對的預防和建議。

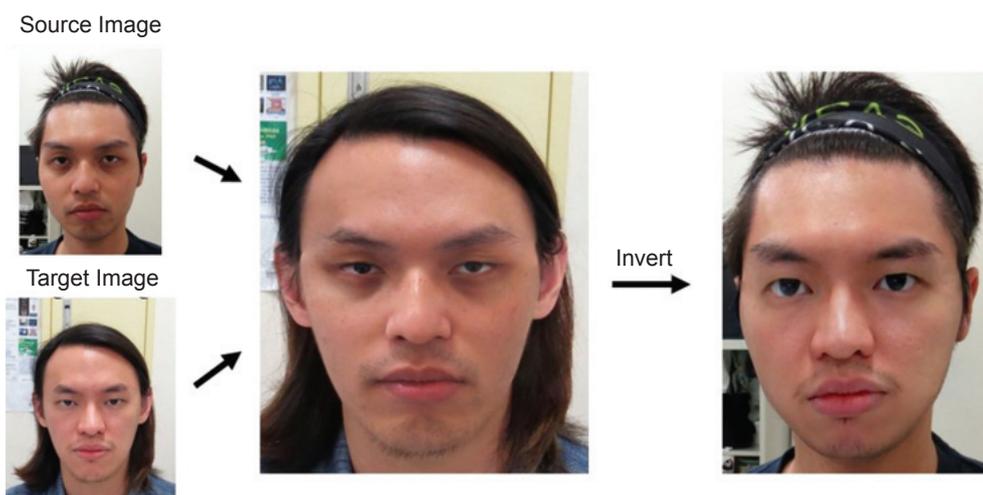


圖 3. 全域人臉交換 (68 個特徵點) 結果。

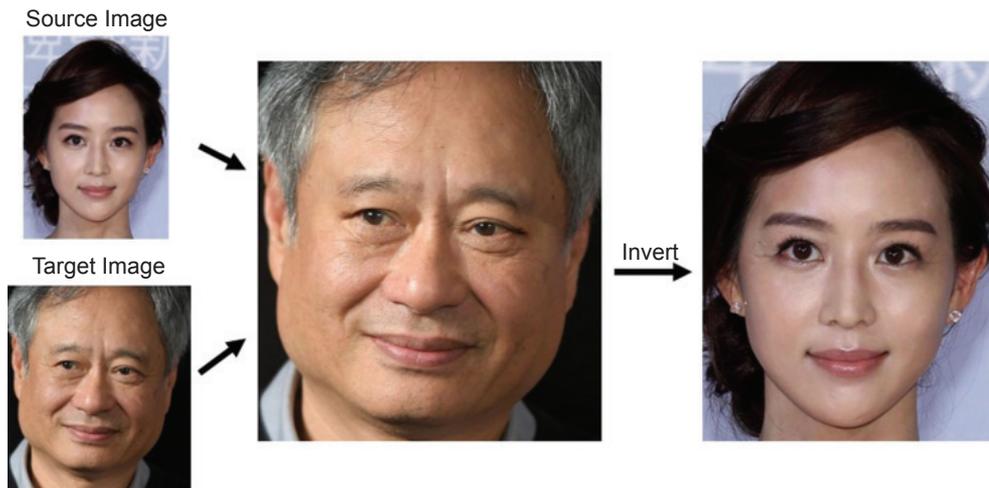


圖 4. 魚尾紋交換 (68 個特徵點) 結果。

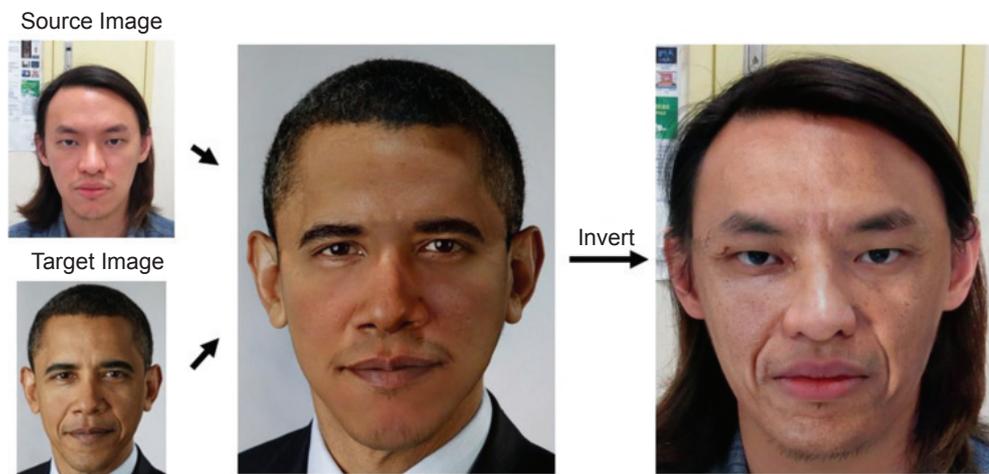


圖 5. 皮膚交換 (68 個特徵點和 119 個特徵點) 搭配額頭交換 (119 個特徵點) 結果。

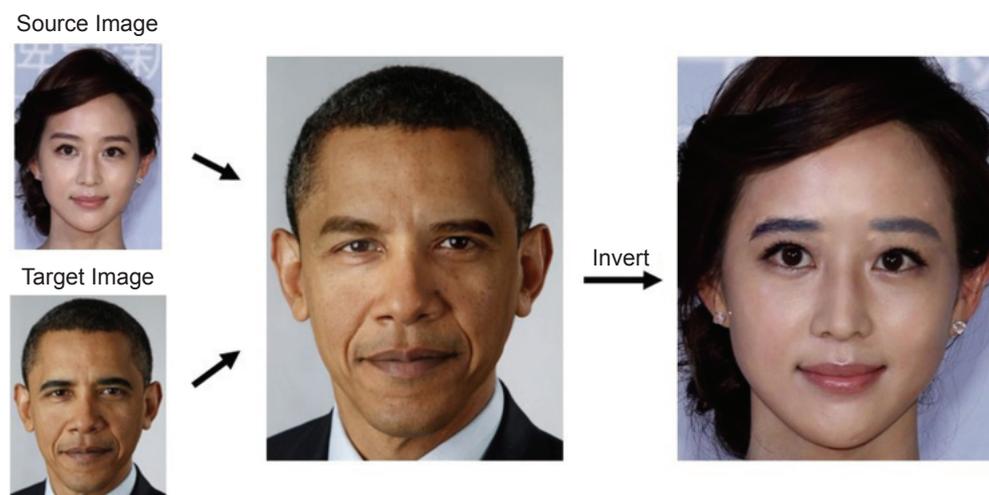


圖 6. 眉毛交換 (119 個特徵點)。

透過人臉影像特徵擷取、影像註冊與變形系統的這些功能搭配來改變或調整人臉影像的特徵，能夠實現進行美容或整形後的影像模擬成果。如圖 7(a) 所示，原始人臉影像上有明顯的臉部痤瘡，經過本文技術處理後，可以模擬出如圖 7(b) 所示的美容術後模擬影像，讓患者更直接、清晰的理解預期醫療效果。

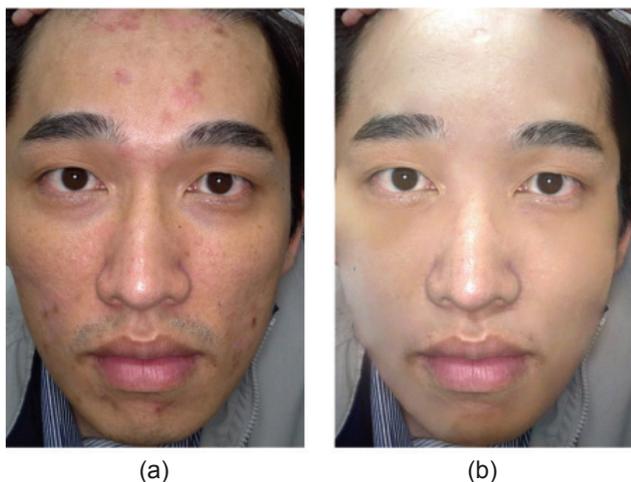


圖 7. (a) 患者原始臉部影像，額頭、兩頰和下巴處皆有明顯的臉部痤瘡。(b) 經過醫學美容整形模擬影像技術得到的美容術後模擬影像，痤瘡改善、毛孔細化、肌膚光滑。

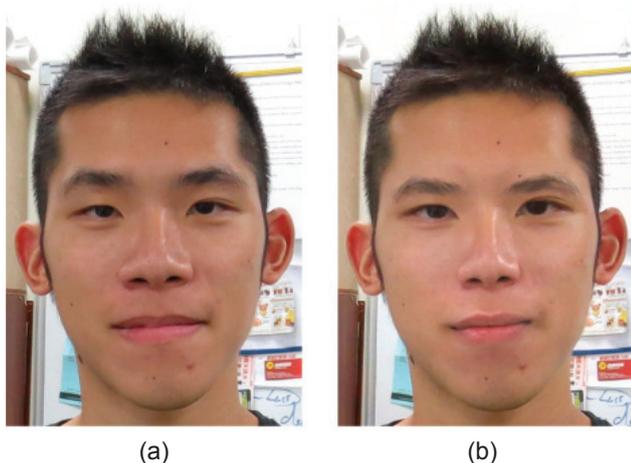


圖 8. (a) 患者原始臉部影像。(b) 經過醫學美容整形模擬影像技術得到的整形術後模擬影像，肌膚狀況改善、毛孔細化、眼睛放大、眉毛下移、唇部整形、鼻子整形。

亦或如圖 8、圖 9 所示，圖 8(a) 和圖 9(a) 為原始輸入影像，兩者臉部皆有痤瘡疤痕、毛孔粗大、鼻孔外擴等特徵。於是經過本文技術處理後，得到如圖 8(b) 和圖 9(b) 的整形術後模擬影像，如此一來，患者能更具體的了解手術效果，亦能促進患者和醫生之間的有效溝通。

同時，我們也透過和專業醫師討論，建立出一套人臉完美比例模擬功能，可以將人臉影像特徵按照由專業整形美容醫師建議的完美比例標準進行調整，比如修改髮際線、下巴的高低、眼睛大小調整、鼻子寬度調整、唇形修飾、眉毛位置調整等等功能，原始和完美比例結果影像如圖 10 所示。

## 二、模擬影像技術之研究與開發

### 1. 人臉特徵擷取

人臉特徵擷取屬於一種結合人臉偵測 (Face Detection)、機械學習 (Machine Learning) 和影像擷取 (Image Segmentation) 的技術。首先會透過機械學習建立人臉特徵模組 (Model)，透過訓練出來的模組可以對人臉影像進行偵測並得到影像的特徵點 (Landmark)，從而再運用特徵點之間的搭配組合，擷取出一個人臉特徵建立成感興趣區域 (ROI)。在人臉追蹤、辨識的應用中經常使用這項技術，有助於精確的分析或辨識出人臉特徵、人物身分等等。

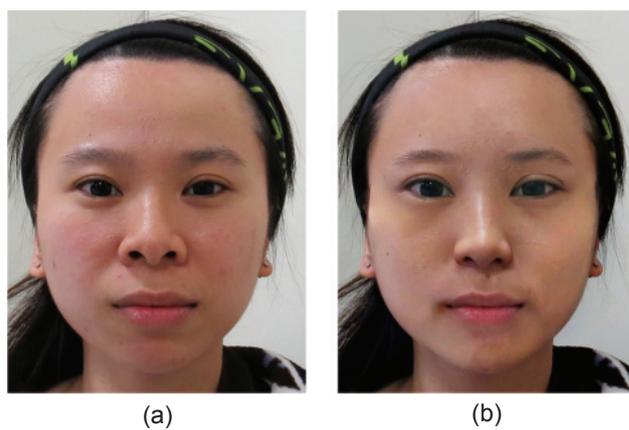


圖 9. (a) 患者原始臉部影像。(b) 經過醫學美容整形模擬影像技術得到的整形術後模擬影像，肌膚狀況改善、毛孔細化、眼睛放大、眉毛修飾、唇部整形、鼻子整形。

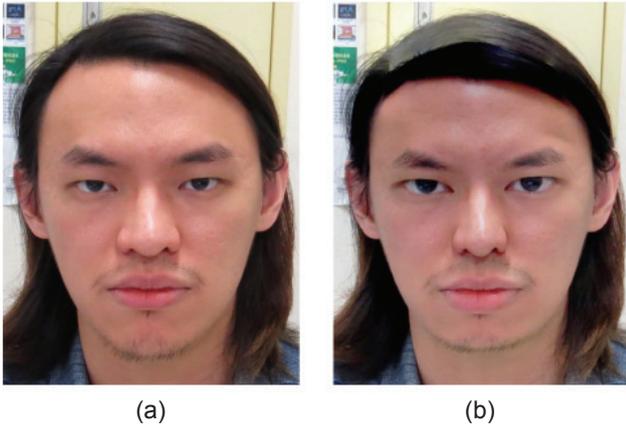


圖 10. (a) 患者原始臉部影像。(b) 經過醫學美容整形模擬影像技術得到的完美比例模擬影像，修改了髮際線和下巴的位置，眼睛放大、眉毛位置調整、唇部整形和鼻子寬度調整。

本研究採用免費的開源函式庫 Dlib<sup>(3)</sup> 和 OpenCV<sup>(4)</sup>，並在 C++ 環境上進行開發。Dlib 是一套包含了機械學習、電腦視覺、影像處理等的函式庫，使用 C++ 開發而成，主要開發者是 Davis King<sup>(3)</sup>。它在人臉偵測方面擁有許多優異的模組和演算法程式，本研究的人臉偵測主要使用 Dlib<sup>(3)</sup> 進行處理。OpenCV<sup>(4)</sup> 是一跨平台的電腦視覺庫，由英特爾公司發起並開始開發，可在商業和研究領域中免費使用，它有豐富的影像處理演算法程式，本研究的特徵擷取、影像註冊和變形主要使用 OpenCV<sup>(4)</sup> 進行處理。

本文技術使用 Dlib<sup>(3)</sup> 資料庫的演算法，透過機械學習的方法訓練出人臉特徵模組。其原理如 One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees<sup>(5)</sup> 的研究所示，先設一個向量

表 1. 兩組人臉特徵模組的製做資料。

Model	Train	Test
68 個特徵點	6666 張	1088 張
119 個特徵點	1866 張	159 張

$S$  其內涵影像的所有臉部特徵點。然後設  $\hat{S}^{(t)}$  為向量  $S$  的評分。聯級內的每一顆回歸樹  $r_t(.,.)$  會從影像上得到一個新的向量  $S$ ，而其評分會累加回原本的  $\hat{S}^{(t)}$  以增加其分數，如公式 (1) 所示， $I$  表示影像。

$$\hat{S}^{(t+1)} = \hat{S}^{(t)} + r_1(I, \hat{S}^{(t)}) \quad (1)$$

如圖 11 所示，人臉特徵模組會透過聯級回歸樹的方式不斷訓練，直到可以得到高精準率的  $T$  顆回歸樹聯級為止。本文使用的 68 和 119 個特徵點人臉特徵模組，皆使用了 500 顆回歸樹來訓練。

本文技術所採用的人臉特徵模組，68 個特徵點的特徵模組如圖 2(a) 所示，主要分布在正臉、五官上，不包含額頭部分。119 個特徵點如圖 2(b) 所示，正臉和五官上分配了更多的特徵點，同時也加入了額頭部分。而兩者之間是由於訓練階段使用的圖片量和條件不同，才使得特徵點的涵蓋範圍和分配數量有所差異。68 個特徵點人臉特徵模組使用了總計 7154 張人臉影像，其中 6666 張用來做訓練，1088 張做測試。119 個特徵點人臉特徵模組使用了總計 2026 張人臉影像，其中 1866 張用來做訓練，159 張做測試。

119 個特徵點人臉特徵模組建立在 68 個特徵點人臉特徵模組之上，訓練的步驟如圖 12 所示，

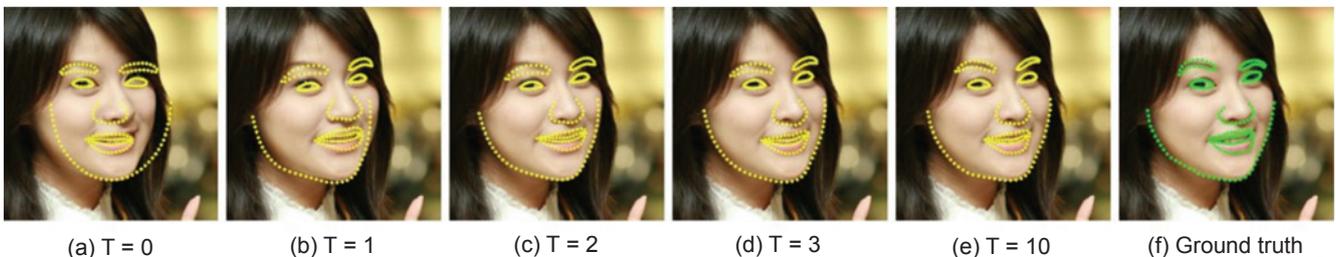


圖 11. 聯級下不同等級的特徵點評估。過了只有一顆回歸樹的第一級之後，特徵點誤差就大幅的降低了。圖片出處<sup>(5)</sup>。

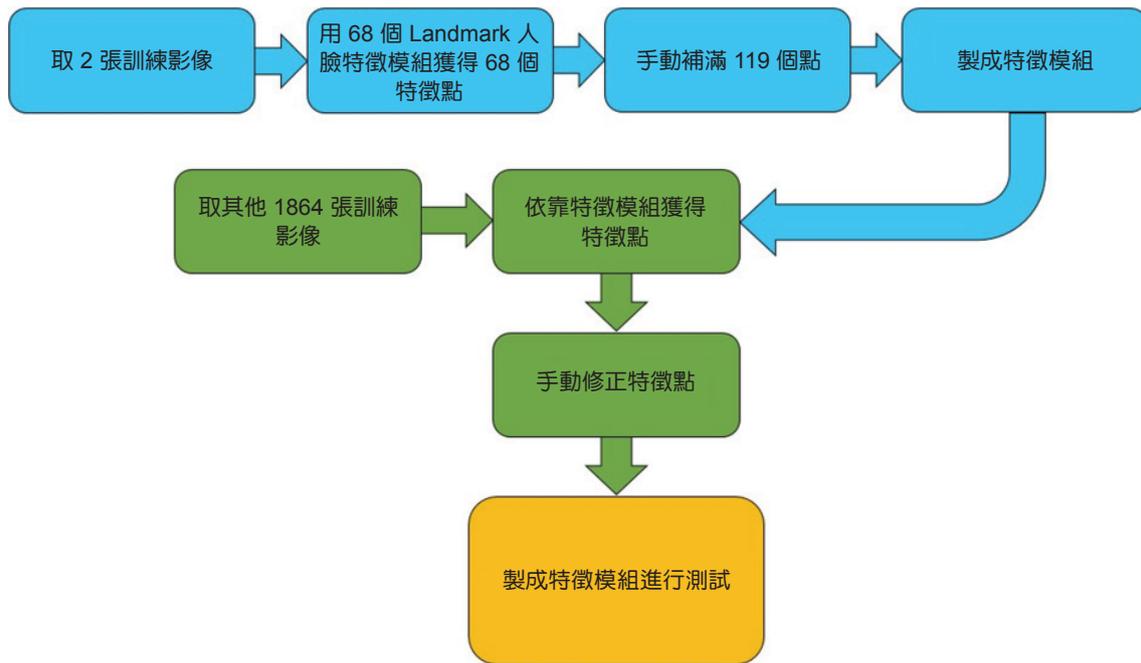


圖 12. 119 個特徵點人臉特徵模組訓練步驟流程圖。

先讓兩張訓練影像透過 68 個特徵點人臉特徵模組獲得 68 個特徵點之後，再手動補滿 119 個點，並以這兩張影像為基礎做成特徵模組。接著依靠這個特徵模組讓剩下的 1864 張影像都獲得 119 個特徵點之後，再手動進行修正、做成特徵模組並進行測試。需要特別說明一點，119 個特徵點人臉特徵模組在訓練過程中是使用全正面、額頭沒有頭髮干擾的影像，其目的在於增加正面和額頭的特徵點。

## 2. 影像註冊與仿射變形

影像註冊是一種影像處理的方式，主要是為了將兩張在不同時間、不同觀測點或不同器材所拍攝到的影像進行互相匹配、對位處理。簡而言之，藉由目標影像 (Target Image) 和來源影像 (Source Image) 兩張相似的影像，來源影像根據目標影像

的內容進行特徵尋找、特徵匹配、對位、旋轉等動作，並使用迭代方法運算，使兩張影像達到最高相似度，流程圖如圖 13 所示。因此可以做到擷取一張人臉影像的局部特徵，貼到不同人臉影像上對應的特徵位置。

當然，不同人的臉部特徵具有相當程度地差異，這時便可以運用仿射變形技術。仿射變形是一種在點、直線和平面之間具有相關性的變形方法，其屬於簡單變形的一種。仿射變形的特徵是一切變形皆不會破壞線條的線性，亦不會特別保持線段間的角度或對應特徵點的距離。不論是進行位移、放大縮小或旋轉，坐標系內各點的變換都是均勻的，不存在局部扭曲和象限的塌縮。一對平行線，無論經過多少次仿射變形，都將保持平行，不會有交集，如圖 14 所示。

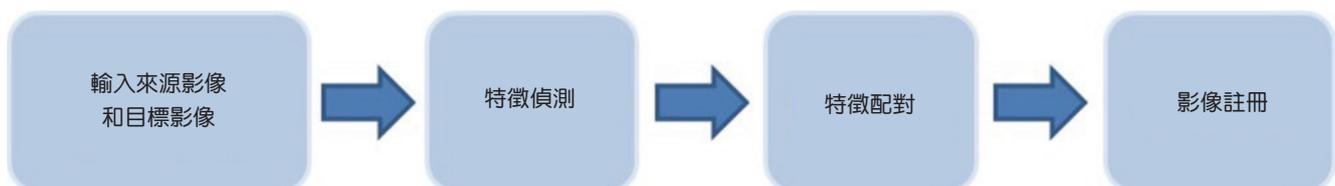


圖 13. 影像註冊流程圖。

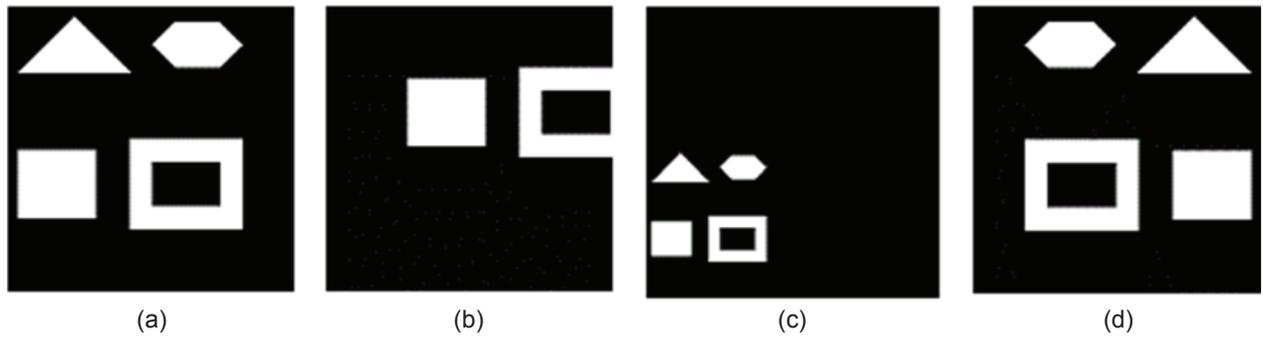


圖 14. 仿射變形示意圖。(a) 原始影像。(b) 影像位移。(c) 影像縮小。(d) 影像旋轉。

如 Image Registration Based on Corner Detection And Affine Transformation. in International Congress on Image and Signal Processing<sup>(5)</sup> 的研究所述，仿射變換是二維的幾何轉換。 $\bar{x}_i$  和  $\bar{x}_i'$  分別是兩張影像各自的座標向量。既然屬於簡單變形，所以仿射變形的過程可以寫為數學函數表達式，如下方公式 (2) 所示，標準的仿射變形公式，其擁有一個近似函數  $f$ ，內部有四個參數分別  $s$ 、 $a$ 、 $\Delta x$  和  $\Delta y$ 。其中  $s$  是縮放因子； $a$  是旋轉角度； $\Delta x$  和  $\Delta y$  各別是  $x$  和  $y$  方向上的平移矩陣。

$$f(s, a, \Delta x, \Delta y) = s \times \begin{pmatrix} \cos(a) & -\sin(a) & 0 \\ \sin(a) & \cos(a) & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} \quad (2)$$

### 3. 影像無縫融合

影像無縫貼合 (Seamless Clone Fusion) 是影像註冊裡十分關鍵的一項技術，若直接將兩張或多張影像註冊貼合，在許多情況下往往使影像變得太過生硬，拼貼的橫痕太明顯，此時便可以依靠無縫貼合讓來源影像和目標影像能更加自然的融合

在一起。本研究使用無縫貼合演算法，其原理如 Poisson image editing<sup>(7)</sup> 的研究所示，其運用了卜松方程式 (Poisson equation)。

如圖 15 所示，設  $g$  為來源影像的感興趣區域， $S$  為目標影像， $\Omega$  為  $S$  內的一個封閉集合，其邊界為  $\partial\Omega$ 。再設  $f^*$  表示  $S$  扣除  $\Omega$  後整個區域的純量函數 (Scalar function)， $f$  為整個  $\Omega$  區域的純量函數。做基本的無縫融合應用時，先計算出  $g$  和  $S$  的梯度場，此時我們可以視  $v$  為  $g$  的梯度場。接著，將梯度場  $v$  取代  $S$  梯度場的  $\Omega$  區域，最後再運用卜松方程式將梯度場重構回一般影像，便可得到如圖 16 所示的無縫融合效果。

### 三、人臉影像技術之未來發展

據美國 MedicalInsight 研究調查報告指出，過去十年全球醫美服務業，每年平均年複合成長率達 10.9%，2012 年規模已達 54 億美元，折合新台幣超過 1,600 億元。預估到 2016 年可擴大到 93 億美元，年複合成長率達 13.5%。尤其亞洲市場發展迅

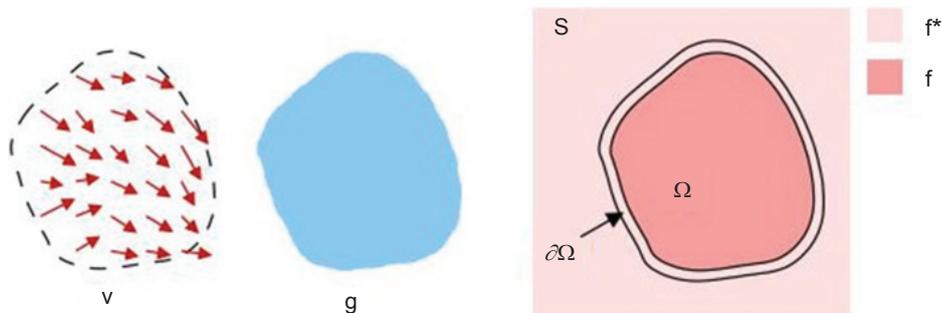


圖 15. Guided interpolation notations。圖片出處<sup>(7)</sup>。

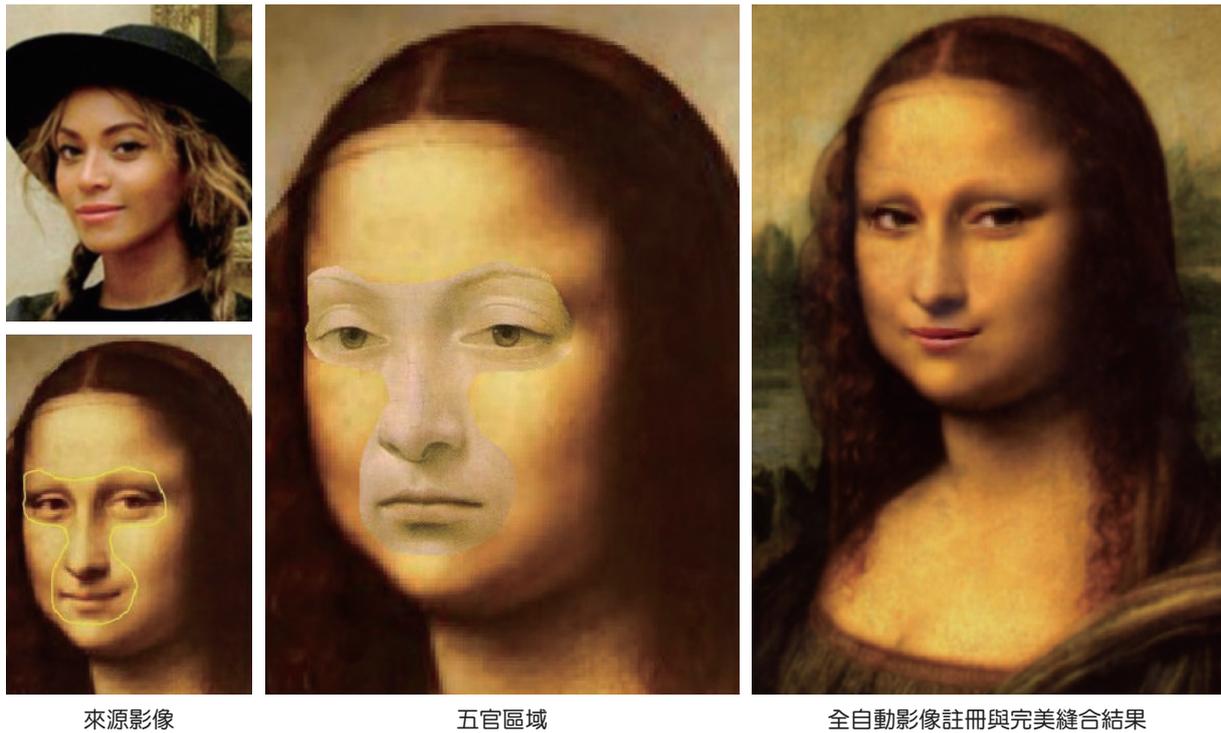


圖 16. 影像註冊與無縫融合效果示意圖。

速，成長幅度高於全球平均成長，估計每年複合成長率達 13%—15%。台灣醫美產業發展快速，年產值在 2011 年高達 800 億元，快速發展下，吸引許多投資者、醫師相繼進入醫美市場搶食這塊大餅，劇烈的競爭態勢，醫美早已成為紅海市場。全台高達四分之一醫師投入醫美產業，在台灣，2000 年開始，隨著玻尿酸、肉毒桿菌、電波拉皮、脈衝光等一系列產品的核准使用，也正式揭開了台灣醫美產業的序幕。尤其是近十年來，醫美、整形、微整形，更是蓬勃發展。不屬於健保範疇、屬於自費項目的醫美領域，開始吸引大批醫師投入。據估計，2010 年至 2012 年間，全台灣領有醫師執照的四萬多人中，有超過一萬人掛牌或直接投入其中。也就是全台灣每四個醫生，就有一位投入這個「帶給人快樂的產業」。

一般來說，大多數人對於美的定義跟感覺很模糊，患者可能一心想和某女明星一般，卻很難將期待以專業的語彙表達出，或者也從未評估自己適不適合，這時，整形醫師的經驗跟審美觀的價值就出現了，他們能給予建議跟評估。根據台北市衛

生局統計，2015 年北市醫美界就有 116 件醫療糾紛，而且近半是患者投訴術後不如預期。這情況不僅在台灣，其他整形盛行地如南韓、歐美，其實都存在著醫生與病人對手術效果認知不一致，甚至彼此互相控告的憾事。以往整形手術後的結果，僅只透過術前的諮詢與溝通，由醫師向患者說明調整後可能面貌，再由患者藉由想像力模擬術後樣貌。而現在，隨著科技的進步，術後效果就可藉由如同本文技術的專業影像模擬系統輔助精準得知，不必再憑空想像。

除了在醫學美容領域上，本文的多項技術及功能在現實生活的使用層面上都蘊含著相當大的發展和應用性。例如運用 2D 或 3D 的人像模擬、合成，預測人臉在移植、創傷復元等手術前後的效果，又或者使用夫妻的外表相關資訊預測下一代的模樣，亦可以用於史料分析，透過模擬、組合人臉特徵盡可能還原出古人的外型。此外，藉由影像辨識技術與電腦程式的結合，將虛擬資訊擴增到現實空間中的擴增實境 (Augmented Reality, AR) 科技，透過特製裝置投射在使用者身上，讓使用者擁有

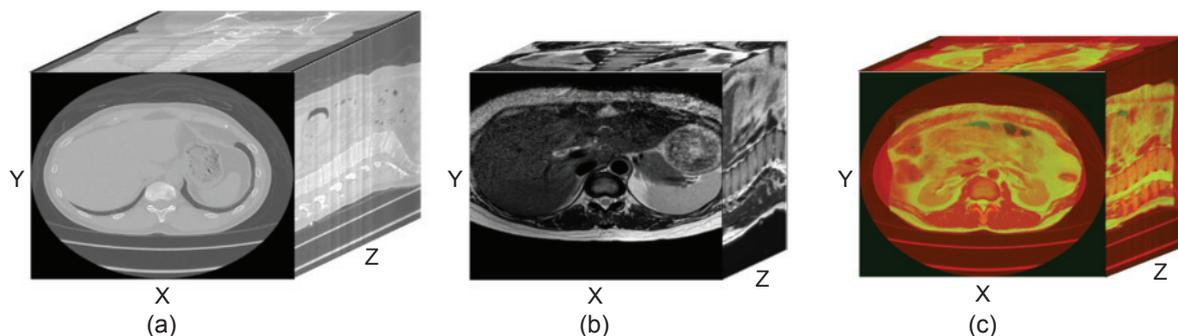


圖 17. (a) 3D 病患電腦斷層脊椎影像。(b) 3D 病患核磁共振攝影脊椎影像。(c) 為經過本研究團隊註冊結果所獲得註冊影像結果。

更直接的感受。而在醫療產業上，由於近幾年醫療器材迅速蓬勃發展，其中高階影像相關器材占六成以上的醫療器材市場。2017 年 4 月中華民國經濟部 (Ministry of Economic Affairs, R.O.C.) 投入約 20 億元於高階影像醫療器材，其中「高階即時影像」和「多功能整合型監控」更是不可或缺的部分。因此醫療用電腦輔助診斷系統 (Computer aided detection/diagnosis, CAD) 運用影像註冊技術將病人拍攝的醫療影像進行重建及結合，提供醫師更完整的醫療資訊、降低病灶的診斷和判讀時間成為高階影像醫療器材的重要一環。醫學影像註冊技術除了協助醫師進行疾病判讀，也可進行病患疾病的監測和分析，現今更為了降低微創手術系統 (Minimally invasive surgery, MIS) 的困難度，將其與手術導航技術結合 (Surgical navigation systems)，並運用手術導航系統中的影像註冊技術進行空間定位及影像對位，建構可視化的整合資訊，提供醫師完善且簡易的操作。

由於脊椎導航系統從 2012 年 8.7 億美元預估增長至 2018 年的 14.5 億美元左右，脊椎影像註冊儼然成為醫學影像註冊中研究重點之一，如圖 18 所示，脊椎影像進行註冊獲得融合影像提供整合型資訊，其中紅色和綠色分別為電腦斷層及核磁共振影像，而白色箭頭指出註冊前 (如圖 18(c)) 後 (如圖 18(d)) 影像結構的差異。

本研究團隊目前已開發出全自動 3D 電腦斷層掃描 (CT) (如圖 17(a)) 和核磁共振攝影 (MRI) (如圖 17(b)) 脊椎影像註冊系統，全自動產生 3D CT 和 MRI 影像註冊後之融合影像 (如圖 17(c))。本全自動 4D 影像對位系統 (如圖 19)，透過建立機器學習 LSVM 模型進行脊椎節偵測，新開發的 VLISA 方法 (Vertebra localization signal analysis method) 自動找尋特徵點，並將特徵點結合三種不同的影像註冊方式產生 3D CT 和 3D MRI 註冊結果，結果提供整合性脊椎資訊，協助醫師在手術前後的觀察和判讀，進而提升醫療品質和技術。本文的期望可以

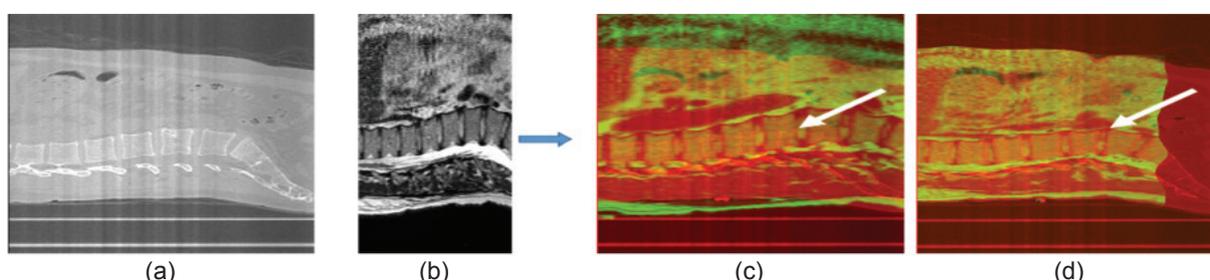


圖 18. (a) 3D 病患電腦斷層脊椎影像。(b) 3D 病患核磁共振攝影脊椎影像。(d) 為 (c) 進行本團隊影像註冊所獲得影像結果。

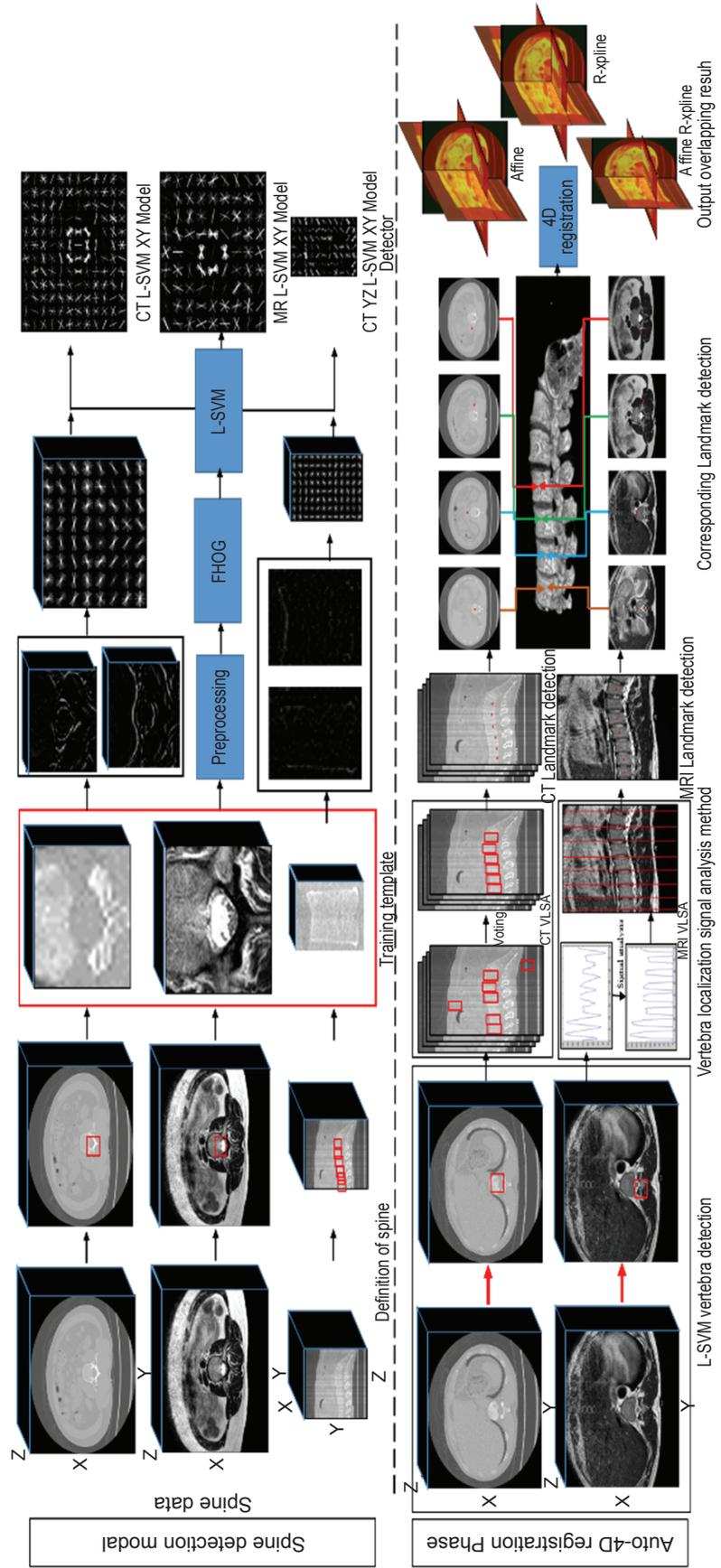


圖 19. 全自動3D 電腦斷層掃描和核磁共振攝影脊椎影像對位流程圖。

讓更多人知道人臉影像特徵有更深更廣的發展和應用性，有效且多元的應用於多個領域，同時也能進一步將系統建置到各類平台的作業系統上，達成跨平台使用性目的，也可以搭配擁有更細緻人臉特徵點的人臉特徵模組，深入開發出更多細緻入微的功能再搭配上其他領域的技術來達成應用多樣性的目的。

## 參考文獻

1. Please refer to the web site:  
<http://blog.csdn.net/wangxing233/article/details/51771265>
2. Please refer to the web site:  
<http://www.learnopencv.com/face-swap-using-opencv-c-python/>
3. Davis E. King, *Journal of Machine Learning Research*, **10**, 1755 (2009).
4. Bradski, G. Dr. Dobb's Journal of Software Tools (2000).
5. Vahid Kazemi and Josephine Sullivan, "One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees", *IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, June 23 (2014).
6. H. Lin, P. Du, W. Zhao, L. Zhang, and H. Sun, "Image Registration Based on Corner Detection And Affine Transformation", *International Congress on Image and Signal Processing*, Nov (2010).
7. Patrick Prez, Michel Gangnet, and Andrew Blake, *In ACM Transactions on Graphics*, **22**, 313 (2003).



National Taiwan University of Science and Technology.

李宇青女士現為國立台灣科技大學應用科技研究所博士候選人。

Yu-Ching Lee is currently a Ph.D. candidate in the Graduate Institute of Applied Science and Technology at



Technology.

許晉偉先生為國立台灣科技大學醫學工程研究所碩士。

Chin-Wei Hsu received his M.S. in biomedical engineering from National Taiwan University of Science and



Technology.

陳奇緣先生為國立台灣科技大學醫學工程研究所碩士。

Chi-Yuan Chen received his M.S. in biomedical engineering from National Taiwan University of Science and



Technology.

柯馨雅女士為國立台灣科技大學醫學工程研究所碩士。

Hsin-Ya Ko received her M.S. in biomedical engineering from National Taiwan University of Science and



Ching-Wei Wang received her Ph.D. in computer science from University of Lincoln, UK. She is currently the chair of the Center of Computer Vision and Medical Imaging and a professor in the Graduate Institute of Biomedical Engineering at National Taiwan University of Science and Technology.

王靖維博士為英國林肯大學電腦科學博士，現任國立台灣科技大學電腦視覺與醫學影像校級研究中心主任、醫學工程研究所教授。