

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* ***** ***** *
* 計 畫 *
* : 人臉毛孔辨識使用智慧型手機 *
* 名 稱 *
* ***** ***** *

執行計畫學生： 翁子傑
學生計畫編號： MOST 106-2813-C-040-016-E
研究期間： 106年07月01日至107年02月28日止，計8個月
指導教授： 秦群立

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學醫學資訊學系

中華民國 107年03月30日

目錄

(一)	摘要	2
(二)	研究動機與研究問題	2
(三)	文獻回顧與探討	3
3.1	人臉偵測	3
3.2	毛孔偵測	4
(四)	研究方法及步驟	5
4.1	影像判讀與前處理	5
A.	臉部特徵點擷取	6
B.	人臉影像切割	6
4.2	膚質偵測演算法	7
A.	色彩空間轉換	7
B.	紋理特徵分析使用 Laws mask filter	7
C.	影像特徵分割使用 Connected-Component Labeling	8
D.	毛孔、細紋與青春痘特徵分析	8
(五)	實驗結果	10
5.1	開發工具	10
5.2	系統實作與介面	10
5.3	影像判讀與前處理	10
5.4	膚質偵測演算法	11
(六)	結論	22
(七)	參考文獻	23

(一) 摘要

毛孔粗大、細紋過多和臉上斑點長期以來困擾著愛美的人們，毛孔因為其本身細小且顏色和膚質相近的特性，通常需要使用高倍率和高解析的影像和儀器才能被找出來，本計畫欲使用影像處理技術偵測一般智慧型手機所拍攝出來的臉部影像，將臉部影像輸入本研究提出之膚質偵測演算法，透過紋理分析、特徵擷取與分割和決策樹的方式，計算影像中毛孔、細紋和青春痘的數量和大小等資訊，讓系統運行在智慧型手機裝置上，提供民眾一個即時、快速且客觀的膚質分析系統。

(二) 研究動機與研究問題

隨著時代的進步與社會經濟的成長，多數的女性甚至男性越來越在意臉部皮膚的保養，從毛孔、細紋、皺紋、青春痘到黑斑，愛美的人們都盡其所能地想把它找出來淡化和去除，隨著影像處理在醫學領域的蓬勃發展，許多輔助診斷系統被應用在臨床輔助醫生進行診療，在皮膚影像辨識方面細紋、斑點和青春痘因為面積大和顏色變化明顯，容易用影像處理技術區分並偵測出來，而毛孔偵測的技術上，因為其具有面積小，大小形狀不一致與顏色與膚色相近等特性，不容易使用影像處理的技術進行偵測和辨識。

毛囊口又稱為毛孔，作為毛髮穿出皮膚的開口，分泌油脂、排汗等功能，會因為油脂分泌的多寡與毛孔老化程度影響其大小和孔徑，如圖 2.1 所示，從皮膚表面看起來猶如一個小孔，顏色與皮膚並無斑點或紋路那樣明顯的差異，如圖 2.2 所示，雖然肉眼可以觀察的出毛孔與皮膚的差異，但在影像處理方面卻無法使用單一的濾波器或是簡單的處理技術找出皮膚上的毛孔。

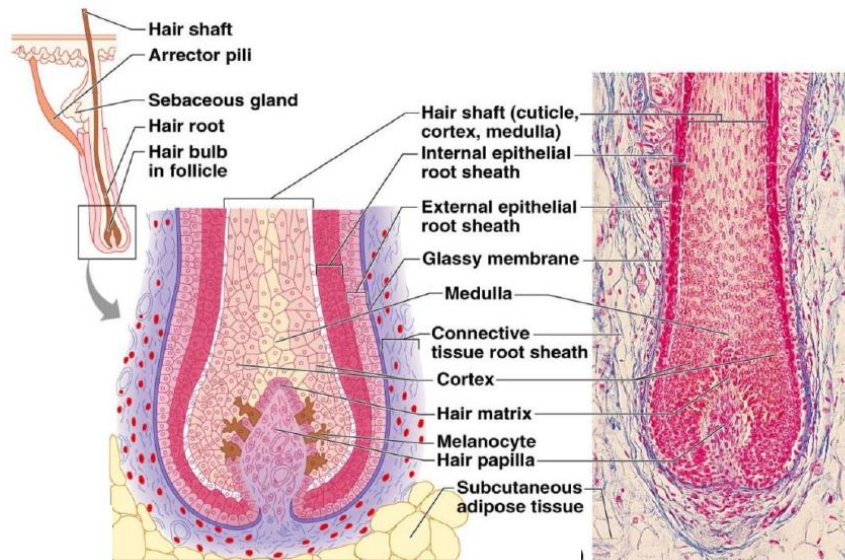


圖 2.1、毛囊口構造圖[1]



圖 2.2、皮膚毛孔表面影像

因此本計畫希望可以利用臉部全臉影像，並透過影像處理技術計算出皮膚各區域像素之特徵值，發展出一套可以找出影像中毛孔的臉部毛孔辨識系統，幫助醫生和一般民眾在臨床或居家都可以自行計算毛孔分布與大小，得知皮膚狀況。

(三) 文獻回顧與探討

3.1 人臉偵測

Yuseok 等人[2]提出利用 YC_bC_r 空間來找出影像中為人類皮膚顏色的區塊，下圖 3.1 說明就算為不同種族，膚色部分能有緊密的關係。

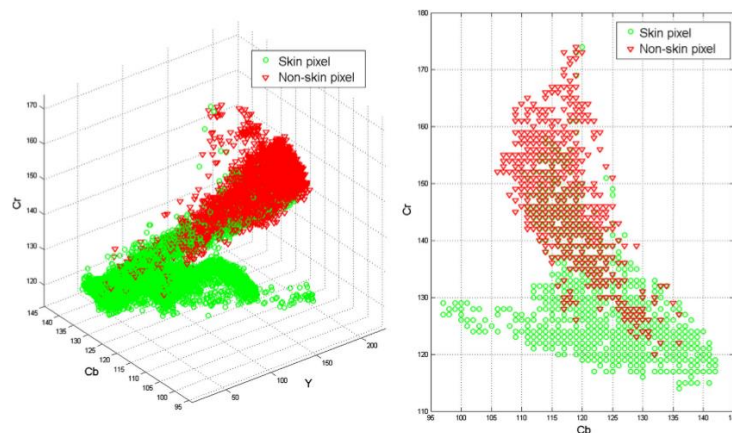


圖 3.1、不同種族的膚色關係分布圖

此外，亦有其學者提出利用 YC_bC_r Model、 YC_gC_r Model 以及 HIS Model 方法進行影像色彩空間轉換的前處理[3]，結合以上三種的方法所抽取到的特徵進行影像切割，切割出皮膚顏色的區塊後再進行人臉偵測。下方圖 3.2 為 YC_bC_r Model、 YC_gC_r Model 以及 HIS Model 方法處理後的四張圖片，以及該論文提出方法的實驗結果。

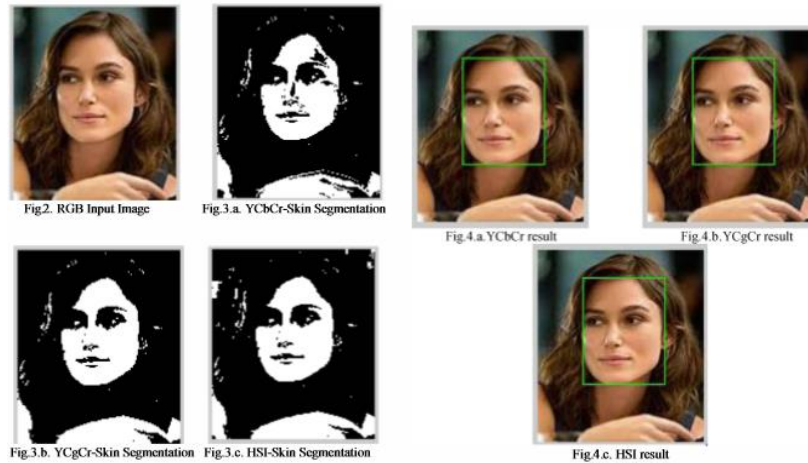


圖 3.2、利用 $YCbCr$ Model、 $YCgCr$ Model 以及 HIS Model 後所找出的臉部區域

3.2 毛孔偵測

毛孔為毛髮在皮膚表面穿出之開口，大小不一且與膚色相近，唯在毛孔開口處會有一輻度變化明顯的區域，無法輕易的使用一般臉部影像辨識出來，需使用醫療等級照影設備才能清楚辨識出毛孔[4]。

為了要偵測出毛孔，首先我們要先針對毛孔的邊緣進行偵測，常見的邊緣偵測方法有 Sobel[5]、Canny[6]和 Laplacian[7]這些方法會將影像亮度變化大的區域凸顯出來，亮度變化不大的區域則會淡化。偵測完毛孔之後，我們要將毛孔與非毛孔的影像擷取出來，並抽取影像特徵。

而在皮膚表面影像的分類如毛孔、黑斑與細紋需要如人腦一般的判斷能力，因此經常使用類神經網路來進行分類，常見的神經網路有倒傳遞類神經網路（Back propagation Network）[8]、霍普菲爾神經網路（Hopfield Network）[9]與半徑式函數神經網路（Radial Basis Function Network）[10]，針對不同的形況與需求來做選擇與調整。

綜合以上文獻回顧，我們可以使用 $YCgCr$ 色彩空間偵測影像中的人臉五官特徵，接著再擷取出臉部膚質區域來偵測臉部的毛孔、細紋或青春痘，但無論使用傳統的紋理偵測方法或是神經網路的方法，都需要較好的硬體設備和足夠的運算訓練時間。如果要發展應用在智慧型手機上的膚質檢測系統，需要有一簡單且快速的偵測演算法。

(四) 研究方法及步驟

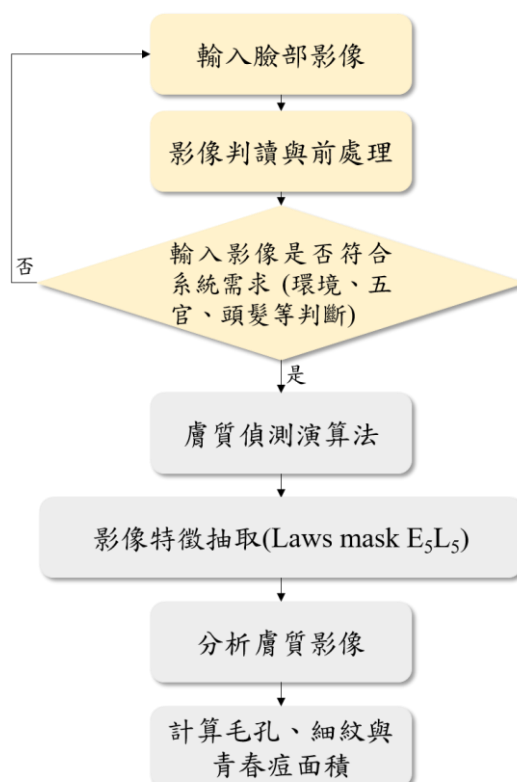


圖 4.1、系統流程圖

圖 4.1 為本計畫之系統流程圖，可以分為「影像判讀與前處理」與「膚質偵測演算法」兩部分；當臉部影像輸入系統後會進行「影像判讀與前處理」，如果影像符合系統要求系統便會將影像輸入「膚質偵測演算法」進行分析並將結果顯示給使用者，以下將針對本研究流程詳細說明。

4.1 影像判讀與前處理

在使用者輸入全臉影像到系統後，系統會進行影像判讀與影像前處理，判斷該輸入的影像是否為人臉正面影像並減少多餘影像資訊，加快系統甄特膚質影像的速度，影像判讀與前處理分為「臉部特徵點擷取」、和「人臉影像切割」，圖 4.2 為功能流程圖。影像通過系統的判讀與前處理後才會輸入「膚質偵測演算法」，以下將依序介紹判讀與前處理的方法。



圖 4.2、「影像判讀與前處理」功能流程

A. 臉部特徵點擷取

毛孔、細紋和青春痘等臉部特徵常出現在額頭、眼周、臉頰和下巴等區域[11]，為了擷取這些含有豐富臉部特徵的區域和判斷輸入影像是否為臉部，我們使用離散區塊濾波器[12]來偵測人臉特徵點，離散區塊濾波器有六種專門偵測臉部特徵點的濾波器如圖 4.3 所示。一張標準的人臉影像可以被此濾波器偵測出 15 個五官特徵點，如果 15 個五官特徵沒有被偵測到，系統就會要求重新輸入影像；反之，若系統成功偵測到 15 個臉部五官特徵點，便會進行「人臉影像切割」。

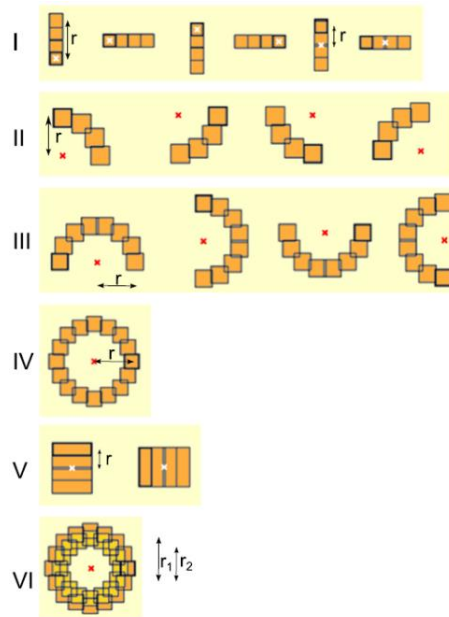


圖 4.3、六種離散區塊濾波器示意圖

B. 人臉影像切割

完成五官特徵點擷取後，系統會開始進行臉部影像切割，依照臉部 15 個特徵點向外切割額頭、眼周、臉頰、鼻子和下巴等 11 個臉部區塊，如圖 4.4 所示，被切割出來的臉部區塊含有清楚且豐富的臉部資訊，也因為經過系統的前處理，去除了原始影像 50%~75% 的非臉部資訊，不僅能加快系統的偵測速度，可也以提高系統判斷的準確率。

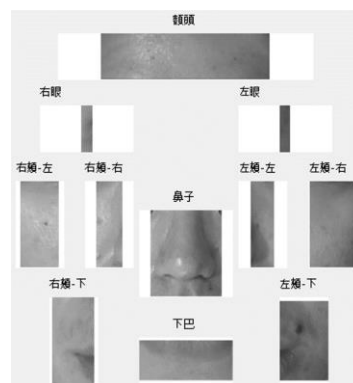


圖 4.4、系統切割出的 11 個臉部區塊

4.2 膚質偵測演算法

圖 4.5 為本系統所使用的膚質偵測演算法之流程圖，可以分為「色彩空間轉換」、「紋理分析使用 Laws mask filter」、「Connected-Component Labeling」和「毛孔、細紋與青春痘特徵分析」。系統透過此方法找出臉上的膚質特徵，並計算每個特徵的長度、寬度和面積資訊，以下將做詳細說明。

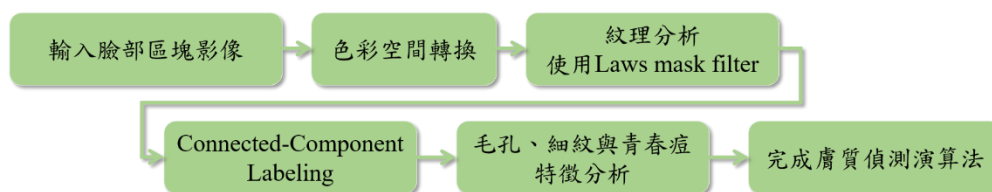


圖 4.5、單遮罩快速膚質偵測演算法流程圖

A. 色彩空間轉換

輸入系統的臉部影像，首先會藉由 RGB 和 $YCrCb$ 的轉換公式(1)~(3)轉換成灰階影像後進行毛孔的邊緣偵測，我們將臉部影像由 RGB 轉換成 $YCrCb$ 並擷取影像亮度 Y 進行後續的辨識。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

$$C_r = -0.147R - 0.289G + 0.436B \quad (2)$$

$$C_b = 0.615R - 0.515G - 0.100B \quad (3)$$

B. 紋理特徵分析使用 Laws mask filter

Laws masks[13]是一個基於紋理能量的原理來抽取特徵值，其中包括了 5 個遮罩(Mask)，分別為邊(Edge)、水平(Level)、點(Spot)、漣漪(Ripple)和波浪紋(Wave)來建構出 5 個 1 維的 Laws vectors。接著再將 Edge、Level、Spot、Ripple 和 Wave 相互作用為 25 個 2 維的 Laws masks 以取得大小為 5×5 的 25 個不同的特徵點，圖 4.6 為各種 1 維 Mask 相互組合的 2 維結果表。

L_5L_5	E_5L_5	S_5L_5	W_5L_5	R_5L_5
E_5L_5	E_5E_5	S_5E_5	W_5E_5	R_5E_5
S_5L_5	E_5S_5	S_5S_5	W_5S_5	R_5S_5
W_5L_5	E_5W_5	S_5S_5	W_5W_5	R_5W_5
R_5L_5	E_5R_5	S_5R_5	W_5R_5	R_5R_5

圖 4.6、Laws masks 互相組合的 2 維結果

之後再從影像中取出大小為 $i \times j$ 的特徵圖，並將其與 25 個 2 維 mask 做相乘和正規化，如方程式(4)和(5)所示。再來運用“Texture Energy Measurements”濾波器來求出非線性區間並對取得 TI 的平均絕對值 TEM，如方程式(6)所示。最後對輸出 TEM 裡的 25 個 Mask 內的值

做旋轉，接著再取出旋轉前與旋轉後些不變值 TR，而 TR 為代表 Laws Mask 的計算值，如方程式(7)所示。

$$T1_{E5L5} = I_{ij} \otimes E_5 E_5 \quad (4)$$

$$Normalize(T1_{mask}) = \frac{T1_{mask}}{T1_{E5L5}} \quad (5)$$

$$TEM_{ij} = \sum_{u=-7}^7 \sum_{v=-7}^7 (Normalize(T1_{i+u, i+v})) \quad (6)$$

$$TR_{E5L5} = (TEM_{E5L5} + TEM_{L5E5})/2 \quad (7)$$

在以上公式 Iij 代表輸入的臉部區塊影像，E5L5 是 Laws Mask 的中，Edge 和 Level 陣列做內積得到的結果。之後對處理後的影像做正規化。

C. 影像特徵分割使用 Connected-Component Labeling

系統將膚質影像進行 Laws mask 抽取特徵和二值化後所得的影像含有豐富的膚質紋理資訊，為了將每個紋理區塊分割出來進行分析，我們使用了 Connected-Components Labeling(CCL)的演算法，將每個相鄰的區塊進行標記(Labeling)，如圖 3.10 所示，之後再針對每一個 Label 判斷是否為毛孔、細紋或青春痘。

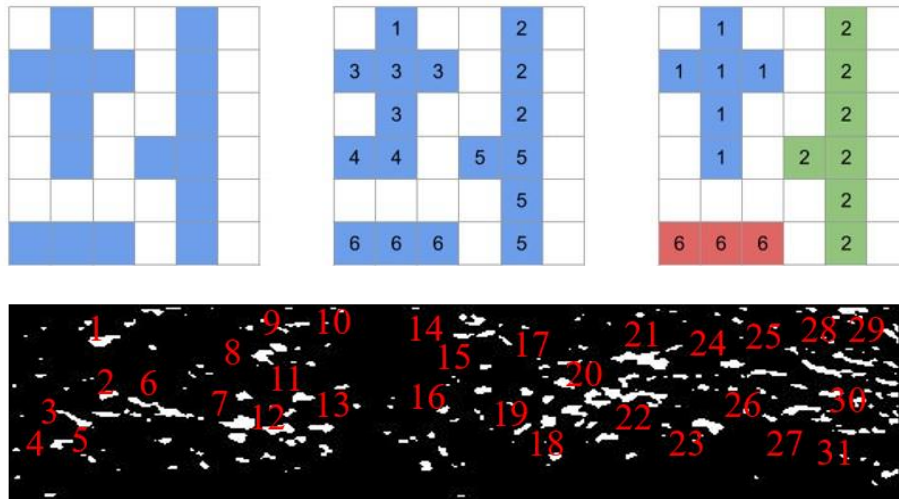


圖 4.7、Connected-Components Labeling 示意圖

D. 毛孔、細紋與青春痘特徵分析

完成影像中每個特徵的標記之後，系統會對每一個被標記到的特徵進行分析，考慮到在智慧型手機上的計算速度和準確度，我們採用決策樹的方式進行分析，圖 3.11 為臉部特徵分析之決策樹。

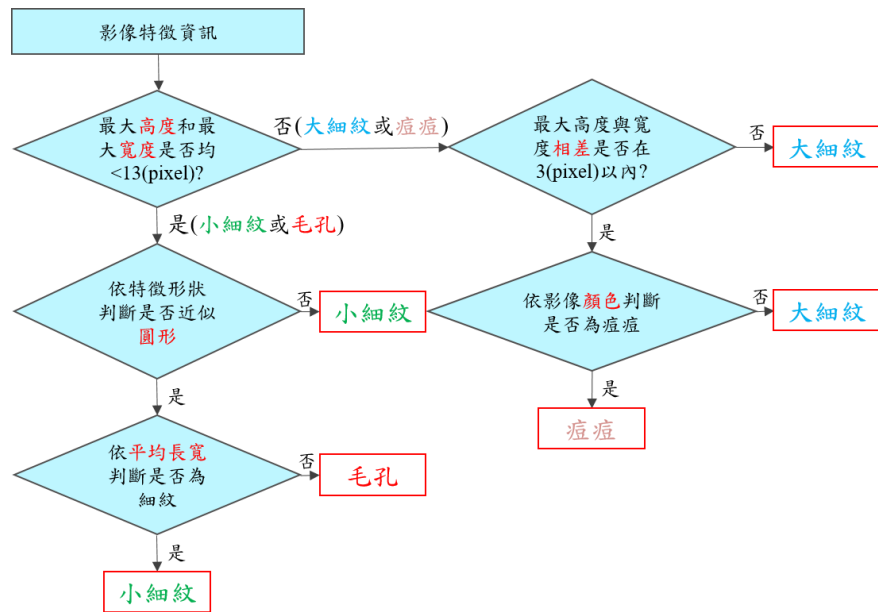


圖 4.8、臉部毛孔、細紋和青春痘特徵分析決策樹

在此決策樹中，系統根據每個特徵的最大高度和寬度判斷是否為大小細紋、青春痘和毛孔，接著分別依據該特征的似圓性、平均長寬來分辨細紋與毛孔；此外系統也會根據最大高度與寬度差和特征的顏色來分辨是否為大細紋或青春痘。

(五) 實驗結果

5.1 開發工具

此系統是在 Android Studio 上開發的，我們使用了 Java 和 C++ 的語法，我們所使用的手機型號為 Asus Zenfone3 552KL。在硬體配置的部分，使用 Qualcomm S625 2.0GHz 八核心處理器，並配置 4GB 的 RAM 和 64GB 的 ROM，前後鏡頭為 800 萬畫素，此外我們也利用多廠牌的手機去拍攝臉部影像，已蒐集更多的臉部影像資料。

5.2 系統實作與介面

本系統使用 Java 語法為主開發介面與演算法，在五官特徵點和聯通元件標記(Connect Component Labeling)部分使用到了 C++ 語法所寫的 dll 和執行檔來呼叫，圖 5.1 為系統主介面，使用者輸入臉部影像後會先進行畫面右側的影像判讀與前處理並切割出畫面中間的 11 張不含五官部分的臉部特徵，切割完成後系統會再進行「膚質偵測演算法」偵測區塊影像的膚質狀況。

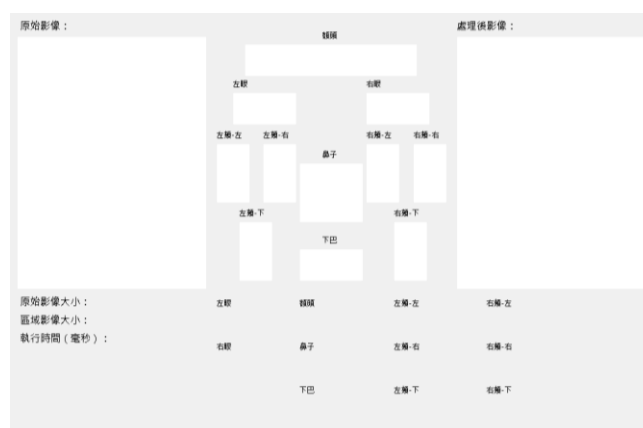


圖 5.1、系統主介面

5.3 影像判讀與前處理

在臉部特徵點偵測的部分系統使用離散區塊濾波器來偵測人臉特徵點，而使用離散區塊濾波器需要花費許多時間來進行影像的運算與辨識；手機所拍攝的臉部影像解析度越大，五官偵測的時間越久，影像解析度越低則有可能會出現偵測失敗的情況，表 5.1 為相同 100 張人臉影像在壓縮成不同解析度時候進行五官偵測所需的時間與偵測成功率。

表 5.1、100 張人臉影像壓縮測試比較表

影像解析度(像素)	花費時間(毫秒)	100張人臉影像辨識率
2620×4656	11938.4366	97%
1310×2328	7125.2514	96%
655×1164	6951.2135	90%
328×582	3124.2154	83%
164×291	1021.3220	63%

人臉影像辨識率會隨著影像解析度下降而降低，特別在影像像素值低於328×582的時候，臉部影像的特徵被重複縮小，無法提供足夠的空間解析度讓系統偵測五官，特徵點被偵測出來的成功率會快速的下降；因此，在特徵點偵測的部分，系統選用328×582畫素作為影像最低輸入門檻，五官偵測時間約為3.1秒且五官辨識成功率約為83%，並將過大的影像大小調整成寬度介於500~700(pixel)且高度介於800~1200(pixel)的縮小影像進行前處理，以確保最佳系統效率與偵測成功率。

5.4 膚質偵測演算法

圖 5.2 為切割臉部影像後的其中一塊區域影像。可以看到介面上有原圖、二值化圖和 CCL 做完有標籤的圖。左下圖起，分別是系統辨識出的毛孔、小細紋、大細紋和痘痘部分。最下方格子內容分別是各標籤的數量、平均寬度、平均高度和 HSV 的值。我們也用藍色字體顯示各項特徵的數量與所占面積，最後右下方是此方法的計算時間。圖 5.3(a)為原始區域影像經過人工圈點出的毛孔位置，本系統偵測出的毛孔位置與人工圈點的方式大致相同。圖 5.3(b)為原始區域影像經過人工圈點出的眼袋位置，但系統將眼袋偵測為皺紋，由於光線的影響，陰影部分會造成系統的誤判。

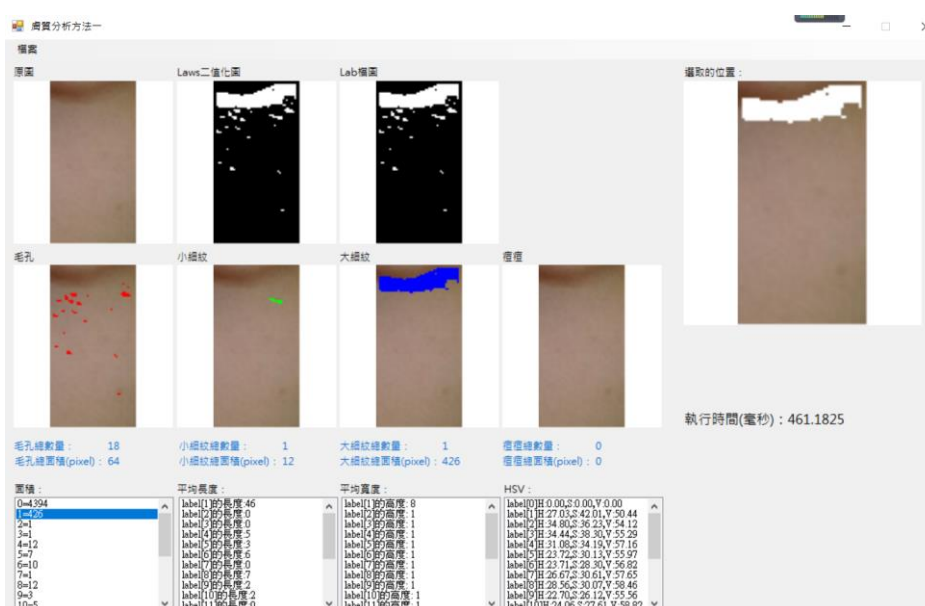
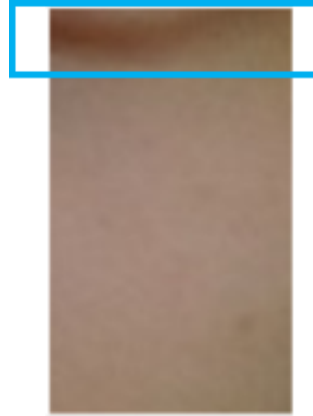


圖 5.2、眼睛校正所調整之特徵點



(a)



(b)

圖 5.3、原始影像經人工圈選後的(a)毛孔位置、(b)眼袋位置

額頭：此區域是依照眼睛上端到瀏海的距離，用比例來切割出來的，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.4 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋。由於有頭髮遮到，所以此區域辨識率較低，但當系統偵測有過多的頭髮遮住額頭，就會請使用者重拍。圖 5.5 則無頭髮遮蓋額頭。

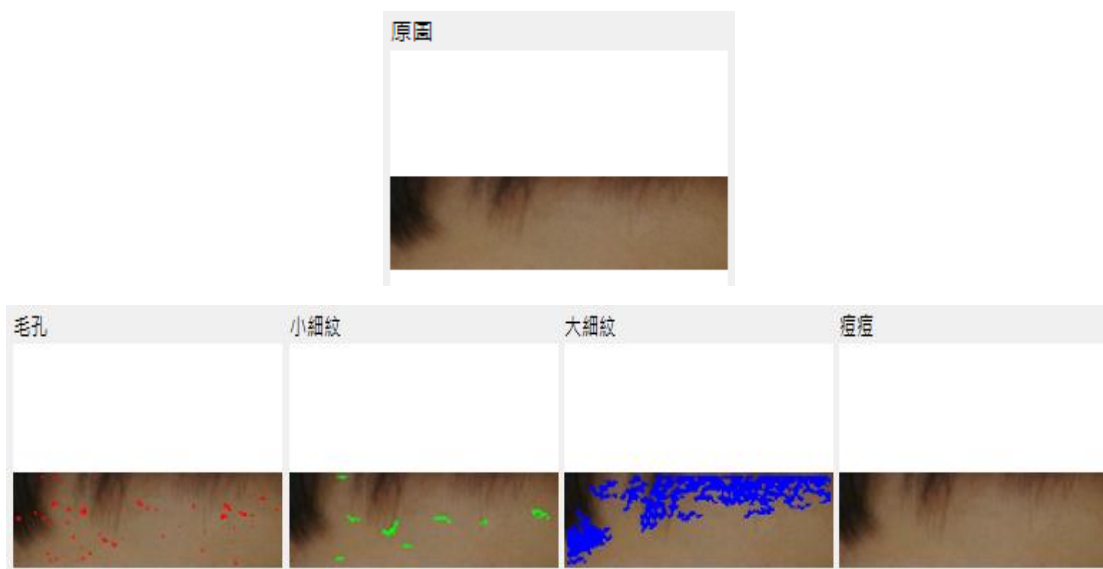


圖 5.4、額頭遮蓋



圖 5.5、額頭清楚

右頰-左：此區域是右側臉頰外側的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.6 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋，此區域影像的光線充足。

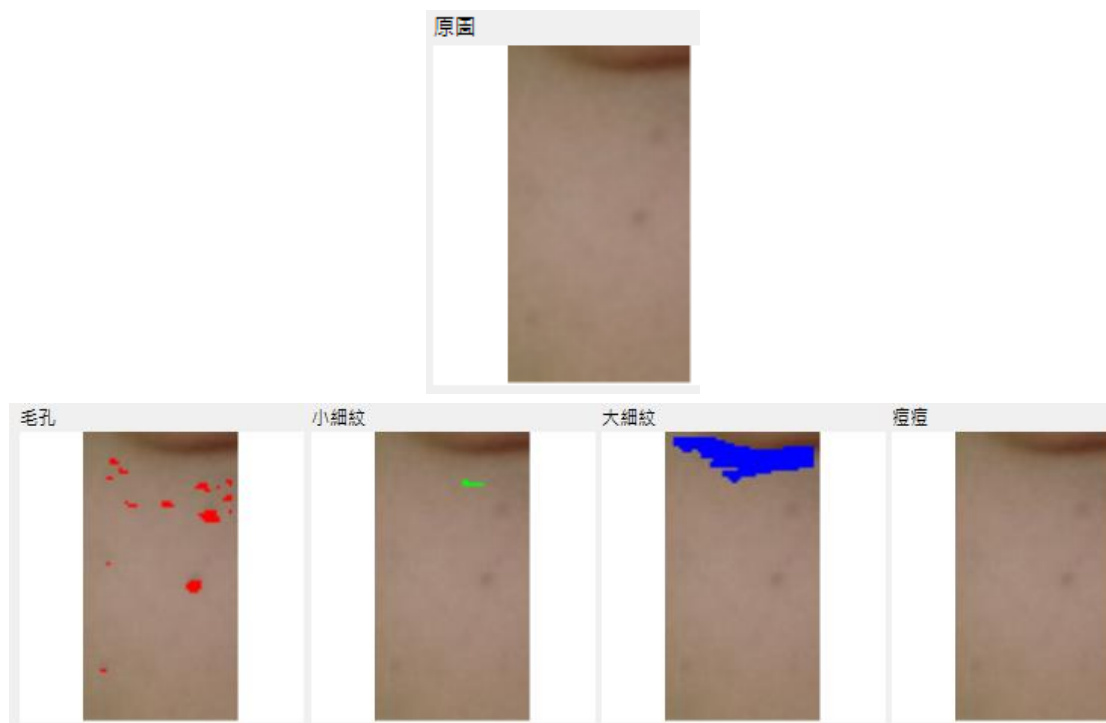


圖 5.6、右臉頰區域

右頰-右：此區域是右側臉頰內側的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.7 所示。最上方是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋。圖 4.18 的眼袋區域陰影較多，會妨礙系統辨識。圖 5.8 的眼袋區域影像光線充足，可以提高系統的判斷準確度。

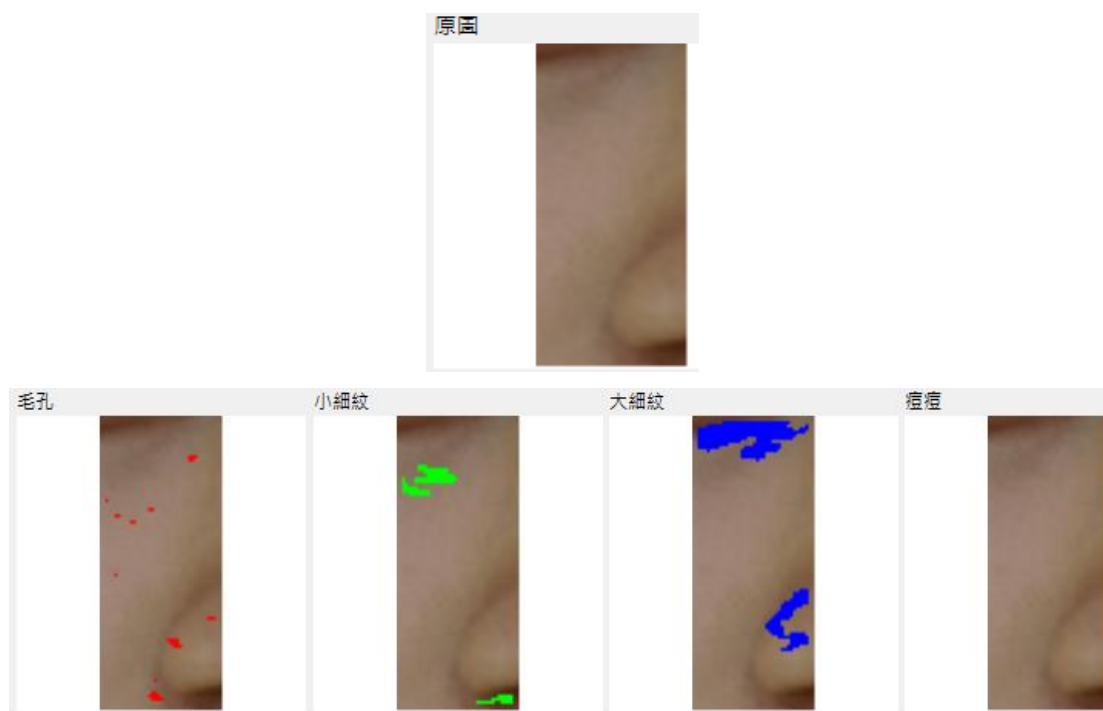


圖 5.7、眼袋區域有陰影

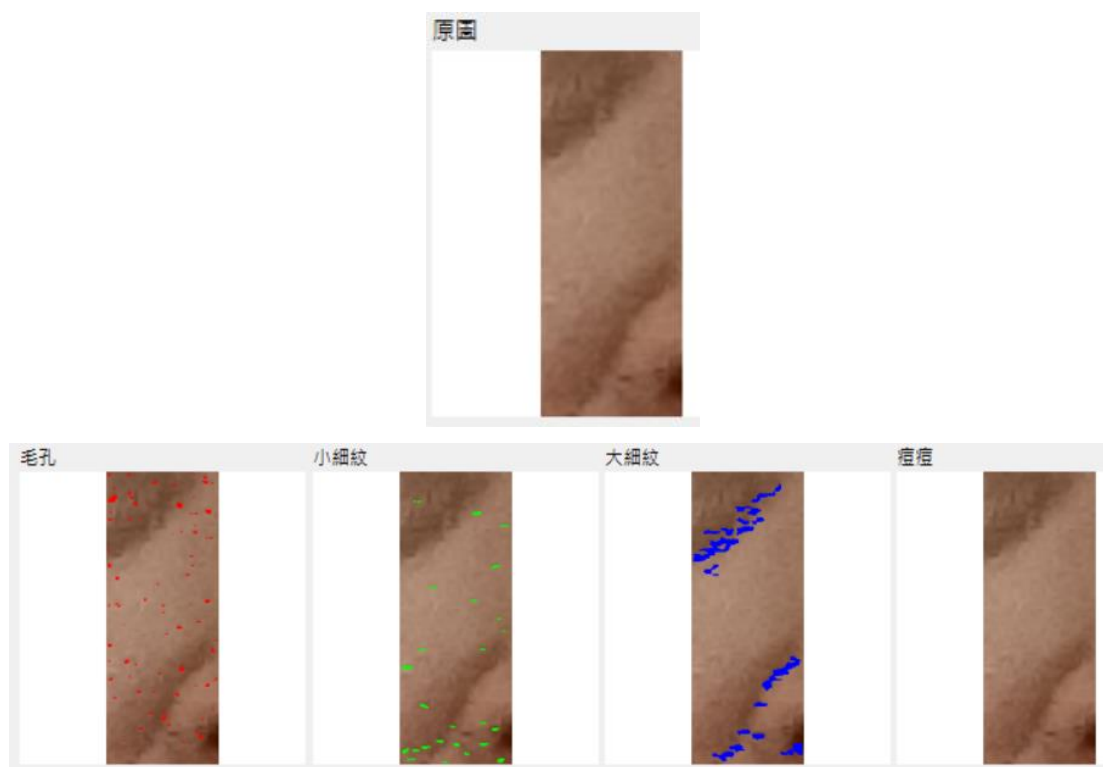


圖 5.8、眼袋區域無陰影

鼻子：此區域是鼻子的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.9 所示。最上方是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋。此區辨識困難是在鼻孔的部分，會被判別為大細紋。我們將改善此部分或是直接拿掉辨識出為大細紋的藍色部分，因為鼻子中間不會有大細紋。

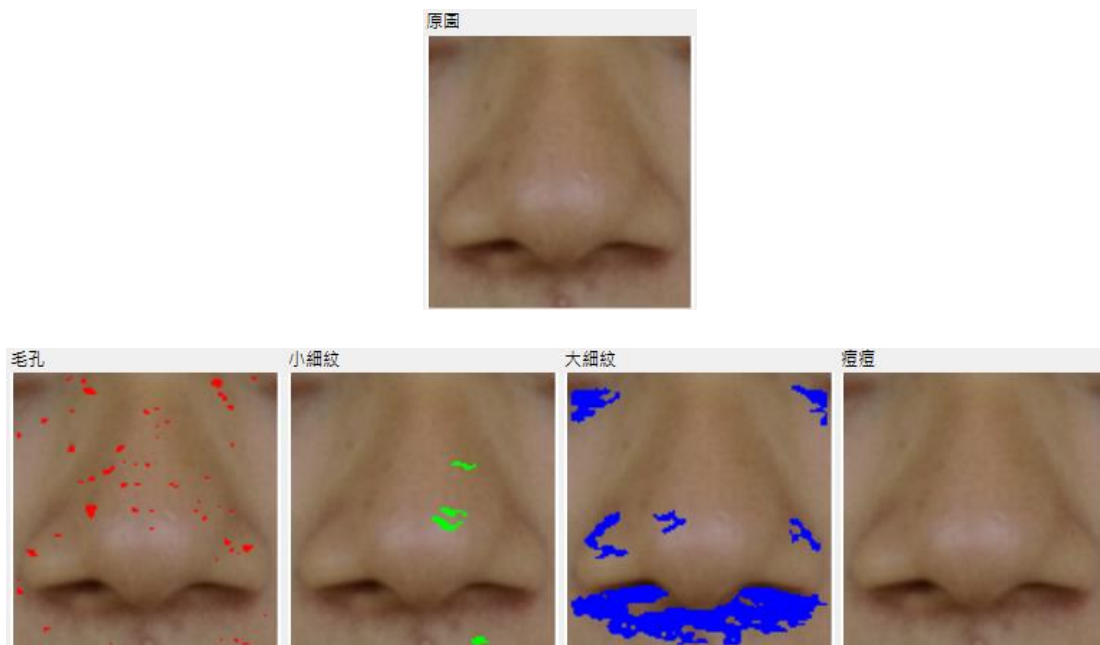


圖 5.9、鼻子區域

左頰-右：此區域是右側臉頰內側的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.10 所示。最上方是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋。圖 4.21 的眼袋區域陰影較多，會妨礙系統辨識。圖 5.11 的眼袋區域影像光線充足，可以提高系統的判斷準確度。



圖 5.10、眼袋區域有陰影

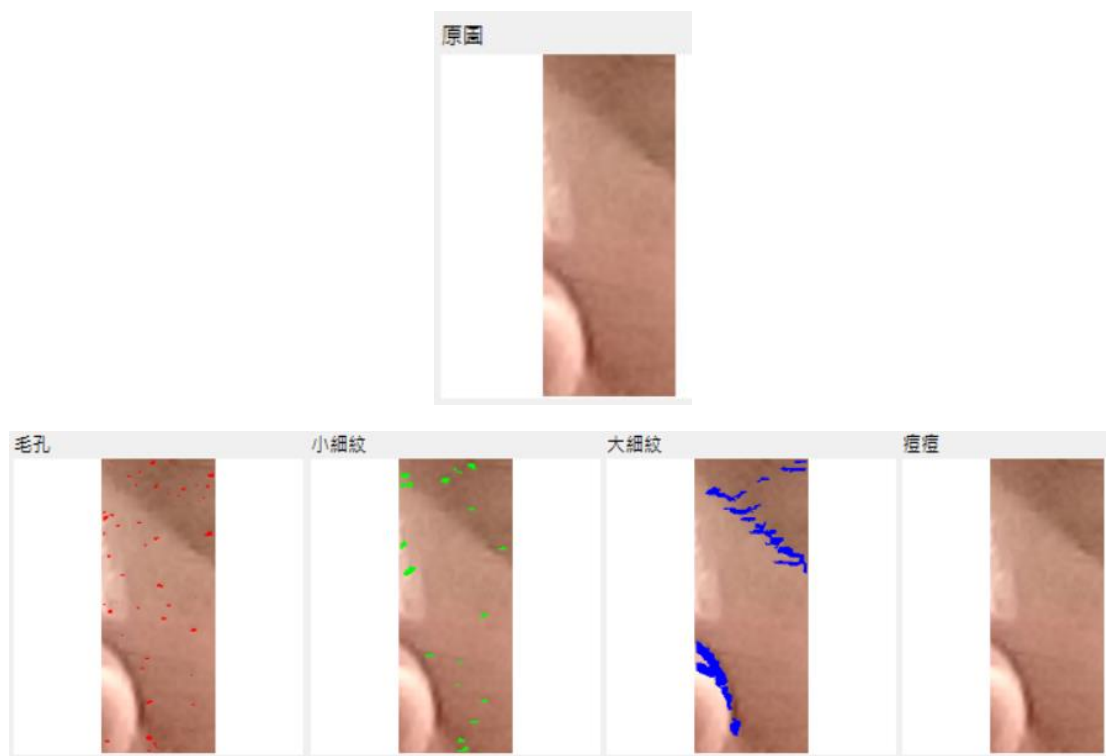


圖 5.11、眼袋區域無陰影

左頰-右：此區域是右側臉頰外側的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.12 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋，此區域的影像光線充足。

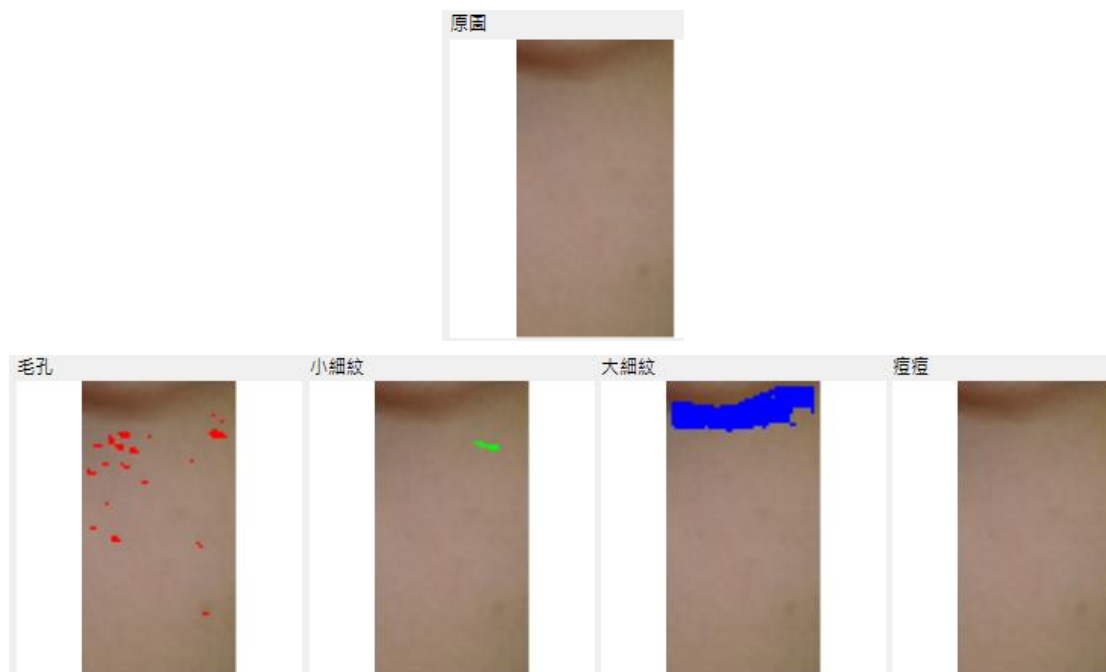


圖 5.12、左臉頰區域

右頰-下：此區域是右下臉頰的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.13 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔。圖 5.13 的區域影像光線不足，會妨礙系統辨識，會將陰暗地方辨識成毛孔。圖 5.14 的的區域影像光線充足，可以提高系統的判斷準確度。

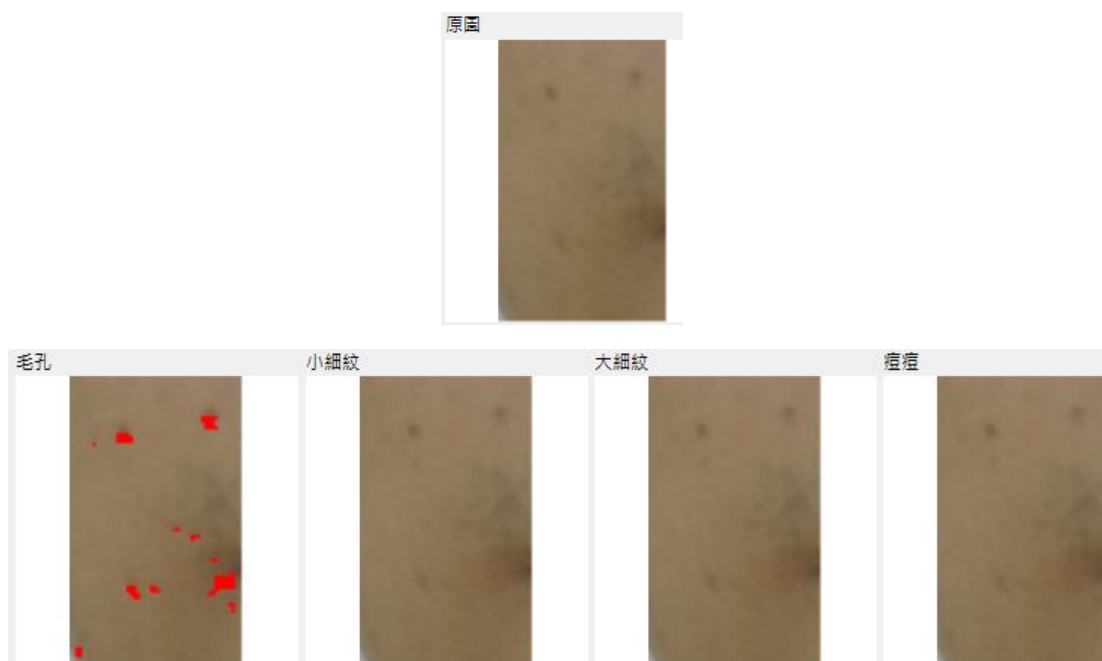


圖 5.13、光線較不足的右臉頰下方

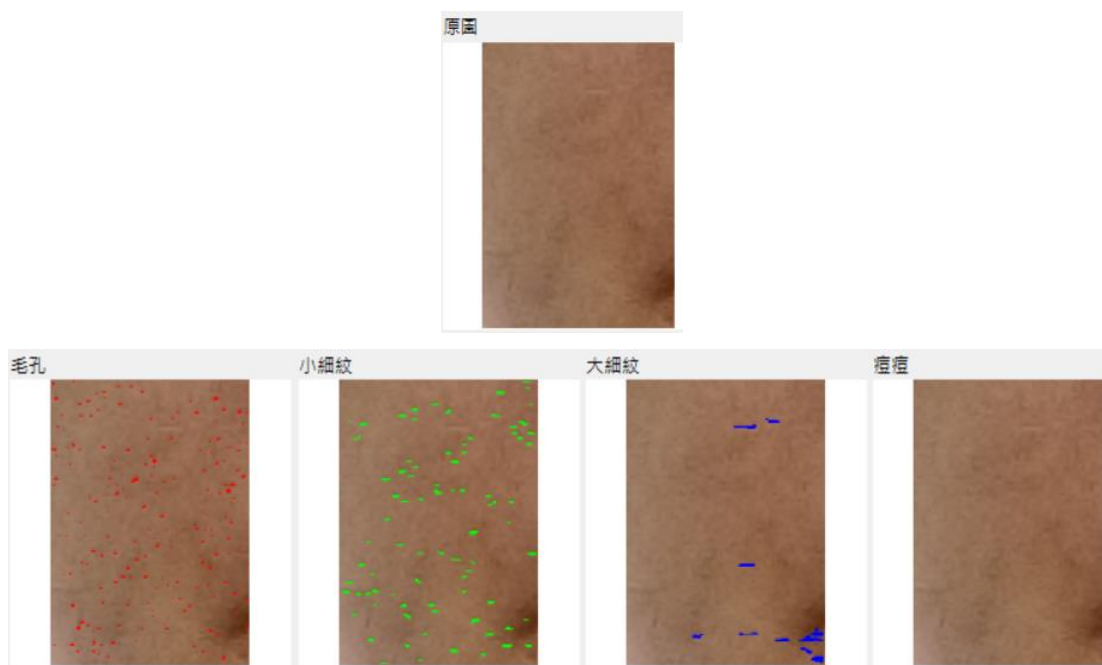


圖 5.14、光線充足的右臉頰下方

下巴：此區域是下巴的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.15 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋，在此區最主要辨識大小細紋，此區域的影像特徵較明顯，光線充足，系統判斷準確度較高。



圖 5.15、下巴區域

左頰-下：此區域是左下臉頰的切割圖，當點選此區域，會執行以上的單遮罩快速膚質偵測演算法，做分析。圖 5.16 所示。最上方的是原圖，左下方紅色部分為毛孔、綠色部分為小細紋、藍色部分為大細紋。圖 5.16 的區域影像光線不足，會妨礙系統辨識，會將陰暗地方辨識成毛孔。圖 5.17 的的區域影像光線充足，可以提高系統的判斷準確度。

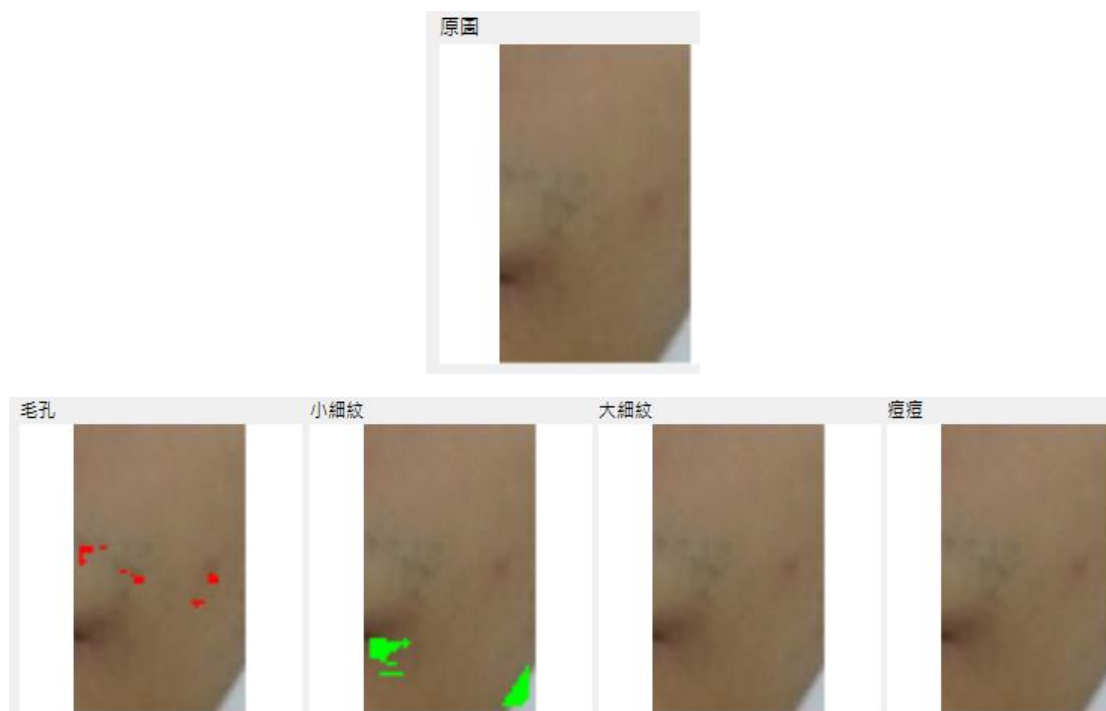


圖 5.16、光線較不足的左臉頰下方

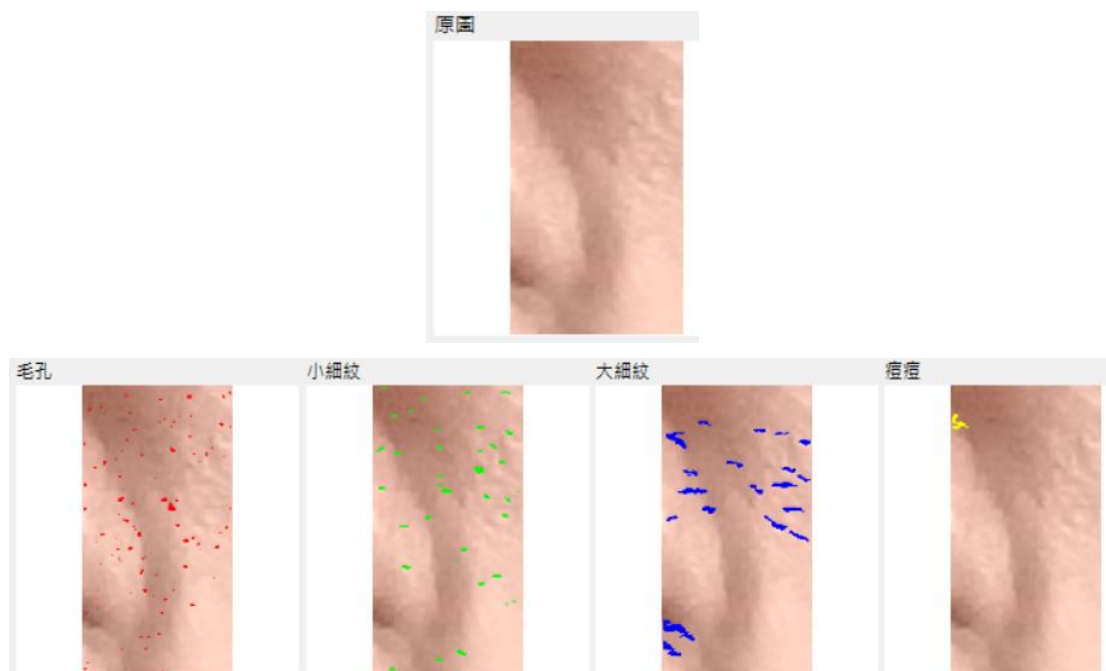


圖 5.17、光線充足的左臉頰下方

(六) 結論

本研究提出的「膚質偵測系統」讓使用者可以簡單的用智慧型手機拍攝臉部影像，進行臉部特徵點辨識，並使用「膚質偵測演算法」把毛孔、細紋和青春痘分出來，分別計算其長度、寬度和面積等資訊，提供一個較客觀的膚質評估數據。使用者在了解自己臉部的資訊後也可以此為依據，或是收集長時間的膚質變化狀況尋求專業醫生深入的分析與治療，讓膚質變得越來越好。

考慮到此系統運行在手機端，因此我們此用簡單的紋理方分析與決策樹的方法來偵測臉部的膚質特徵，盡可能地縮短系統的運算時間，未來希望可以架設雲端運算伺服器，利用計算速度快上千倍的圖行處理器 GPU 來進行影像分析的步驟，即可在雲端上完成高速運算並回傳分析結果，甚至使用深度學習技術來提高系統的準確率。

(七) 參考文獻

- [1] Elaine N. Marieb, Jon Mallatt, Patricia Brady Wilhelm, “Human Anatomy”(5th Edition), 2007.
- [2] Yuseok Ban, Sang-Ki Kim, Sooyeon Kim, Kar-Ann Toh and Sangyoun Lee, “Face detection based on skin color likelihood,” Pattern Recognition, vol. 47, 2014
- [3] Mrunmayee V. Daithankar, Kailash J. Karande, Avinash D. Rarale. “Analysis of Skin Color Models for Face Detection,” International Conference on Communication and Signal Processing, pp.3-5, 2014
- [4] 簡立銘, “設計與發展皮膚毛孔偵測系統”, 成功大學生物醫學工程學系學位論文, pp. 1-66, 2012.
- [5] SOBEL, Irwin, “History and definition of the sobel operator,” Retrieved from the World Wide Web, 2014.
- [6] CANNY, John. , “A computational approach to edge detection,” IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 6, pp. 679-698, 1986.
- [7] Strauss, W. A, Partial differential equations, New York: Wiley, vol. 92, 1992.
- [8] Rumelhart, David E., Geoffrey E. Hinton, and Ronald J. Williams, “Learning representations by back-propagating errors,” nature, vol. 323, pp. 533-536, 1986.
- [9] Gurney, Kevin, “An introduction to neural networks,” CRC press, 2014.
- [10] Broomhead, D. S., & Lowe, D, “Radial basis functions, multi-variable functional interpolation and adaptive networks”, royal signals & radar establishment, 1988.
- [11] Michael J, Jones, James M. Rehg. “Statistical Color Models with Application to Skin Detetion,” International Journal of Computer Vision, vol. 46, pp. 81-96, 2002.
- [12] Jacek Naruniec. “Discrete area filters in accurate detection of faces and facial features,” Image and Vision Computing, vol. 32, pp. 979-993, 2014.
- [13] M. Rachidi, A. Marchadier, C. Gadois, E. Lespessailles, C. Chappard, C. L. Benhamou. “Laws’ masks descriptors applied to bone texture analysis: and innovative and discriminant tool in osteoporosis,” Skeletal Radiology, vol. 37, pp. 541-548, 2008.