

一种基于 HSV 颜色空间的皮肤毛孔检测算法

文/王贺 张景源 旷海兰 贺柔冰 程小芸 刘洋

摘要

人体皮肤病理诊断以及日常护理都需要精确地检测各项皮肤的生理指标,而毛孔数量及大小作为一项重要的指标可以反映皮肤的生理状况。本文提出一种实现人体皮肤微距图像中的毛孔提取与大小检测的图像处理算法:HSV 颜色空间采用最大类间方差法进行阈值分割得到毛孔提取初步结果,通过形态学运算去除干扰噪声点实现自动毛孔提取与大小检测。实验证明本算法的提取结果是令人满意的。

【关键词】hsv 颜色空间 阈值分割 形态学去噪 毛孔检测

1 引言

皮肤在医学检测、日常护理方面受到人们的广泛关注。人体皮肤毛孔则可以反映出人体的生理状况,用于检测皮肤组织的老化、病变等情况。目前国内外皮肤检测方式主要有 3 种:

(1) 病理切片分析。采集人体皮肤样本,用仪器及药剂进行检测。

(2) 基于生物电阻抗的接触式检测。

(3) 基于皮肤图像采集处理的检测。随着近年来图像处理技术不断发展,检测准确性提高,且具有无须采集活体样本、检测方便快捷的特点,基于皮肤图像的皮肤检测成为相关研究的热点并在皮肤的纹理、色斑、皱纹等信息识别中取得了突破进展。但基于皮肤图像的毛孔检测通常仍采用半手动或纯手动方式,即需要人在图像上手动标记毛孔,依赖于专业人士的判别,其检测流程复杂且对毛孔的定义模糊。

微距图像具有高分辨率、色调一致、亮度与饱和度不同等特点。本文采用微距皮肤图像作为处理对象,提出一种人脸皮肤毛孔检测与标记算法,实现对面部皮肤毛孔的自动提取、大小检测,达到皮肤检测的目的。

2 毛孔检测算法

面部皮肤中毛孔区域与普通区域紧密相连,肤色相近,难以从颜色提取分离,但由于毛囊结构,毛孔区域相比普通区域下陷,采集到的图像毛孔区域亮度偏低,饱和度偏高。据此,本文提出一种基于亮度和饱和度阈值分割的人脸皮肤毛孔提取与大小检测算法,其实现

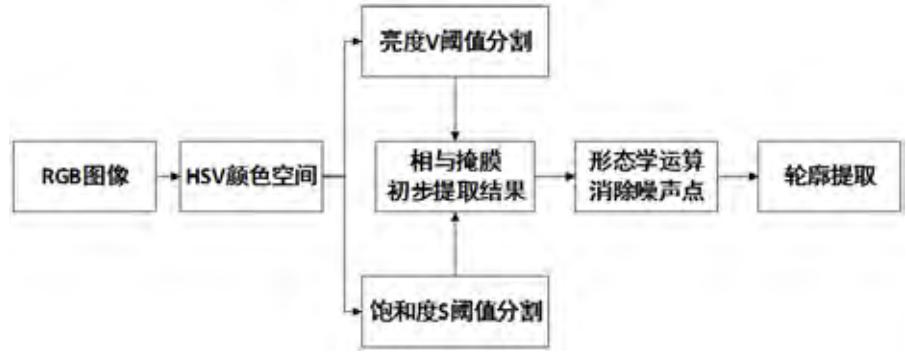


图 1: 算法总体流程

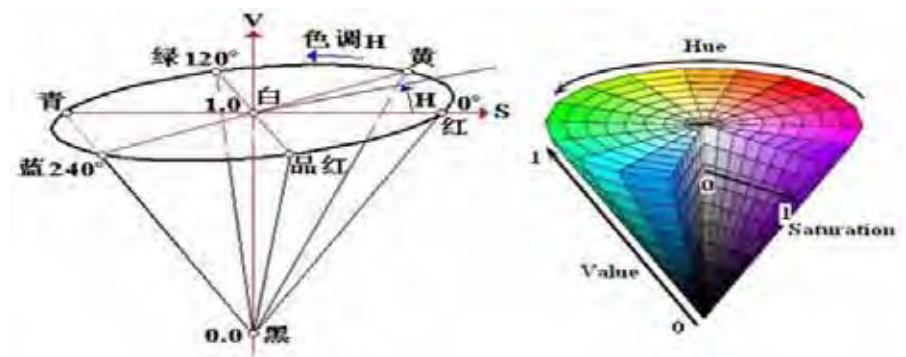


图 2: HSV 颜色空间圆锥模型

流程图 1 所示。

2.1 HSV 颜色空间

图片常用 RGB 颜色空间通过红绿蓝 (R,G,B) 三个分量来储存每个点的颜色信息。由于这三个分量具有很强的相关性,直接进行图像分割难以得到所需效果。HSV 颜色空间是一种适应于人体对色彩感知的颜色空间,其圆锥模型如图 2 所示,其中色调 H 为角度、饱和度 S 为半径、亮度 V 为纵轴,圆锥上各个点即表示不同的颜色。HSV 颜色空间的三个分量相关性弱,色调 H 与饱和度 S、亮度 V 分离,能单独对饱和度 S、亮度 V 阈值分割。微距皮肤图像色调分布集中,而毛孔区域与普通皮肤区域亮度与饱和度信息差异较明显,故本文采用 HSV 颜色空间的亮度 V 和饱和度 S 进行图像分割。

RGB 颜色空间到 HSV 颜色空间的转换公式为:

$$\begin{cases} V = \frac{R+G+B}{3} \\ H = \arccos \frac{\frac{1}{2}((R-G)+(R-B))}{\sqrt{((R-G)^2 + (R-B)(G-B))}} \\ S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \end{cases} \quad (1)$$

2.2 图像阈值分割

为了将毛孔区域与普通皮肤区域分离,需要根据阈值进行图像分割。目前对图像阈值选取有最大类间方差法、最小误差法、最大熵法等多种方法。其中由日本学者大津展于 1978 年提出的最大类间方差法能够有效地分离背景与目标,是一种无参数无监督的阈值分割法,适用于类间方差为单峰的情况,且效率高,满足皮肤图像分割需要。

HSV 空间图像饱和度 S 的灰度级范围为 [0,255],进行 S 的阈值分割首先要将所有像素按灰度级阈值为背景和目标两类。设 ω_{i0} 为以 i 灰度级为阈值时目标像素点所占比例, ω_{i1} 为对应的背景像素点所占比例, μ_{i0} 是目标像素点灰度平均值, μ_{i1} 是背景像素点灰度平均值,则 S 在第 i 灰度级的类间方差定义为:

$$\sigma_i^2 = \omega_{i0} \omega_{i1} (\mu_{i0} - \mu_{i1})^2 \quad (2)$$

最大类间方差对应最优饱和度 S 的阈值,即

$$\sigma_{S_{\text{最优阈值}}}^2 = \max(\sigma_i^2) \quad (i \in [0,255]) \quad (3)$$

图 3 (a) 为使用 CBS-902 皮肤检测仪采集的皮肤原始图像,根据最优饱和度阈值分割

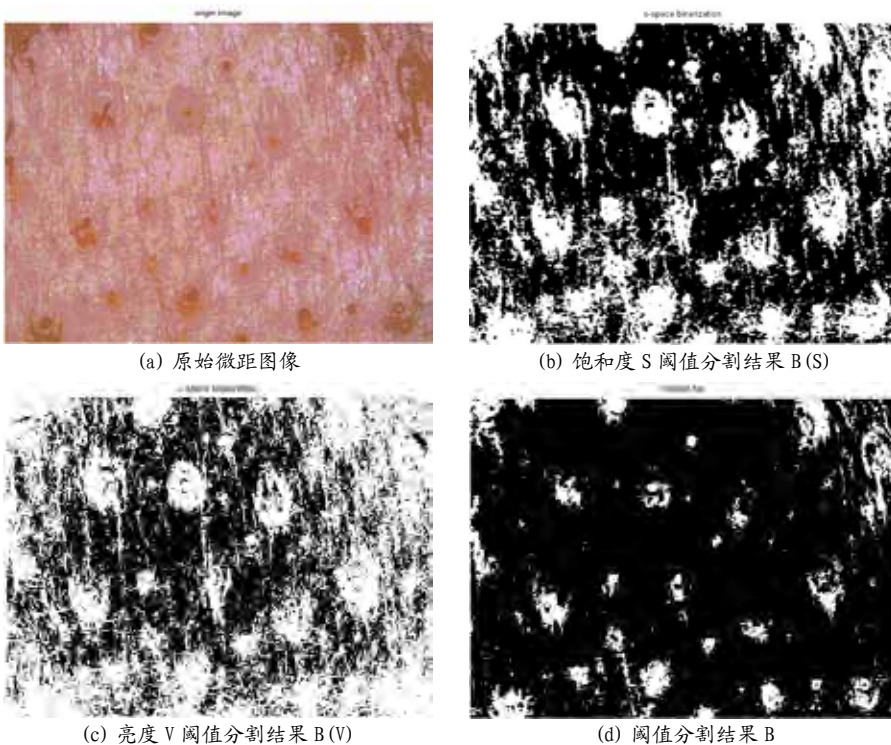


图 3: 最大类间方差阈值分割图像

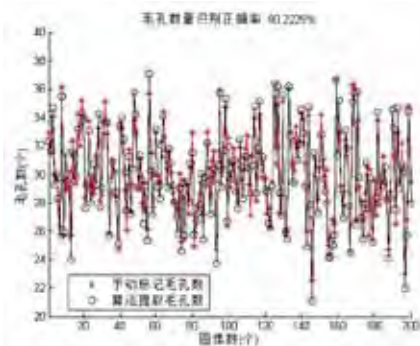


图 4(a) 毛孔数量识别平均正确率

后的结果如图 3(b) 所示。采用同样的步骤可得到亮度 V 的最大类间方差阈值, 对应的最优亮度 V 分割结果如图 3(c) 所示。

由于微距皮肤图像饱和度 S 受到皮肤纹理干扰较大, 亮度 V 受到毛发干扰较大, 单独对饱和度 S 或亮度 V 分割得到的结果均不能准确地提取出毛孔区域。鉴于毛孔图像的高亮度和高饱和度特征, 本算法对两种阈值分割处理后的图像进行相与掩膜, 即阈值分割结果图像为

$$B=B(V) \& B(S) \quad (4)$$

其中 B(V) 为亮度 V 阈值分割得到的结果图, B(S) 为饱和度 S 阈值分割得到的结果图。以此得到提取毛孔、检测毛孔大小的初步结果如图 3(d) 所示。

2.3 形态学去噪

由于拍摄抖动、光照不均匀、皮肤不平整等原因, 会导致分割初步结果图上存在大量噪声点, 影响毛孔的自动提取效果与大小检测精度。形态学运算在图像处理中广泛应用, 可

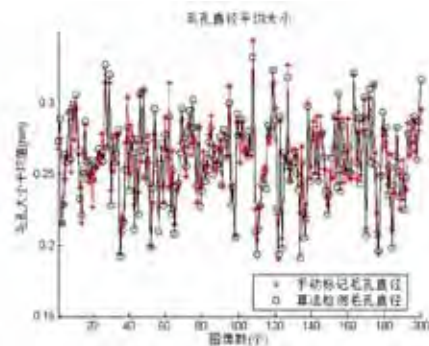


图 4(b) 毛孔直径平均大小

在保持区域连通性的同时去除噪点, 故本文采用形态学运算去除噪声干扰。腐蚀运算, 膨胀运算和开运算是形态学运算中的基本方法, 其定义分别为

膨胀运算:

$$D(X)=\{a|B_a \uparrow X\}=X \oplus B \quad (5)$$

腐蚀运算:

$$E(X)=\{a|B_a \subset X\}=X \ominus B \quad (6)$$

开运算:

$$OPEN(X)=D(E(X)) \quad (7)$$

其中 X 为被处理对象, B 称为结构元素, 用于通过逻辑运算得到输出图像。对于腐蚀运算: 把结构元素 B 平移 a 后得到 B_a , 若 B_a 包含于 X, 则记录点 a, 满足上述条件的点 a 的集合即为 B 对 X 的腐蚀运算结果。膨胀运算同理, 其中存在一点同时为 B_a 与 X 的元素时, 称为 B_a 击中 X, 记做 $B_a \uparrow X$ 。开运算即为先进行一次腐蚀运算, 再进行一次膨胀运算。

3 实验结果分析

本文以 CBS-902 皮肤检测仪采集的 200

例皮肤图像为样本进行测试, 手动对图像进行毛孔位置及直径大小标记进行对比分析。

图 4(a) 为毛孔数量识别正确率部分结果, 采用本算法对 200 例样本进行提取, 与手动标记对比的平均正确率为 90%。其中毛孔数量识别平均正确率定义为:

$$\text{毛孔数量识别平均正确率} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{200} |\text{识别结果毛孔数量} - \text{手动标记毛孔数量}|}{200} \times 100\% \quad (9)$$

其中毛孔未被识别和不应判定为毛孔的错误判决情况均视为一个错误判决。

图 6(b) 为毛孔直径平均大小, 手动标记的毛孔平均直径大小为 0.265mm, 算法得到的毛孔平均大小为 0.254mm, 误差范围在 $\pm 0.03\text{mm}$ 以内。根据公式:

$$R_e = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N d_i^2} \quad (10)$$

计算得到的均方根误差为 0.0724, 其中 d_i 为手动检测毛孔平均直径大小与算法检测毛孔平均直径大小差值, R_e 即为所求的均方根误差。

可见本算法能较准确的检测出毛孔的数量和直径大小, 取得比较满意的结果。

4 结论与展望

本文提出了一种基于图像的皮肤毛孔自动检测算法。用 CBS-902 皮肤检测仪作为微距皮肤图像来源, 对图像中的毛孔进行了提取与大小检测。通过与实际毛孔的数量、大小进行对比, 证明本算法可以精确地标记微距皮肤图像中的毛孔轮廓并测量其直径大小。

由于存在皮肤不平坦、光照不均匀等因素, 且颜色空间的选取无法实现光照不变性, 故采用本算法处理一般皮肤图像时可采用高光去除、图像滤波等手段进行修正以提高识别率。

参考文献

- [1] 樊昕, 刘丽红, 郝金鹏, 姚美华, 岳丹霞, 韩悦, 杨蓉娅. 寻常痤疮患者面部皮肤特征的定量评价 [J]. 实用皮肤病学杂志, 2013, 03: 143-145.
- [2] 徐舒畅. 采用独立色素浓度分布分割皮损图像 [J]. 中国图像图形学报, 2013, 11: 1452-1456.
- [3] 许舒斐. 皮肤图像的纹理特征分析与老化评价 [D]. 福建师范大学, 2011.
- [4] 陈锦. 人脸皮肤粗糙度的量化评价及其在医学美容界的应用 [D]. 电子科技大学, 2009.
- [5] 徐舒畅, 张三元, 张引. 基于彩色图像的皮肤色素浓度提取算法 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2011, 02: 253-258+279.

作者简介

王贺 (1994-), 男, 满族。吉林辽源市人。现为武汉理工大学信息工程学院本科在读。研究方向为图像处理。

作者单位

武汉理工大学信息工程学院 湖北省武汉市 430070