

基于数学形态学和 HIS 模型的彩色舌图像分割

赵忠旭 王爱民 沈兰荪

(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京, 100022)

摘要 从数学形态学的基本理论出发, 利用数学形态学能描述图像形态特征的特点, 结合 HIS 模型, 充分考虑图像的彩色信息, 提出了基于数学形态学和 HIS 模型的舌图像分割算法, 实验结果表明, 本算法具有较好的分割性能.

关键词 数学形态学, 图像分割, HIS 模型

分类号 TP391.41

0 引言

舌诊是中医临床辨证论治的重要手段之一. 传统的舌诊是通过目视观察舌像, 获取的指标精确性较差. 运用计算机视觉等技术, 结合中医专家的临床经验, 实现舌诊的量化、客观化, 是发展中医舌诊的创新之路.

在采集的舌图像中, 将舌体从脸部背景区域中分割出来是自动分析舌像指标的重要步骤, 分割的质量直接影响后续分析算法的准确性.

图像的分割是计算机图像处理的一个经典课题, 现有的算法可分为阈值法、边缘检测、聚类、马尔科夫随机场 (MRF) 模型法等. 阈值法对噪声敏感, 边缘检测、模糊聚类、马尔科夫随机场模型等方法的运算复杂度较高, 并且均未考虑图像的形态特征. 彩色图像通常采用将 RGB 转换成 YUV, 再对 Y 分量进行处理, 由于未考虑彩色信息而影响了分割效果. 为了充分利用图像目标的彩色信息和形态特征, 提高分割的效果, 本文提出了一种采用数学形态学和 HIS 彩色模型相融合的医学舌图像分割方法.

1 数学形态学的基本运算

数学形态学已被广泛应用于图像处理和计算机视觉领域, 它建立在积分几何和随机集论基础上, 能够进行各种几何参数的间接测量, 反映图像的体视性质, 适于描述图像的随机性质.

数学形态学的基本运算有膨胀、腐蚀、开、闭等^[1, 2], 结构元素 (B) 的形态决定了所提

取的信号的形态信息,能进行多尺度分析^[3,4].二值图像和灰度图像的形态运算的定义如下:对于二值图像,设 A 为原始图像,且 A_{b_i} 是 A 被 b 的平移, A^c 表示 A 的补集, B 表示 B 的反射. A 被 B 膨胀的结果:

$$A \oplus B = \bigcup_{b_i \in B} A_{b_i} = \{p \mid \exists_{b_i \in B} (p \in A_{b_i})\} = \{p \mid \exists_{b_i \in B} \exists_{a_j \in A} (p = a_j + b_i)\} \quad (1)$$

A 被 B 腐蚀的结果

$$A \ominus B = (A^c \oplus \check{B})^c = \{p \mid \exists_{b_i \in B} \exists_{a_j \in A^c} (p = a_j - b_i)\}^c = \{p \mid B_p \subseteq A\} \quad (2)$$

对于灰度图像,设 f 为原始图像,则

f 被 B 膨胀的结果

$$f \oplus B = \bigvee_{B(i,j)} [f(m-i, n-j) + B(i, j) - 1] \quad (3)$$

f 被 B 腐蚀的结果

$$f \ominus B = \bigwedge_{B(i,j)} [f(m=i, n+j) - B(i, j) + 1] \quad (4)$$

其中 $\bigwedge_{B(i,j)}$ 、 $\bigvee_{B(i,j)}$ 分别表示对所有 $B(i, j)$ 取 $[\]$ 中的最小值、最大值.

开、闭运算是膨胀和腐蚀运算的复合,对于二值图像和灰度图像,开闭运算的过程是相同的,定义如下:

$$\text{开运算: } f \circ B = (f \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

$$\text{闭运算: } f \bullet B = (f \oplus B) \ominus B \quad (6)$$

开运算可以消除散点和毛刺,对图像进行平滑.闭运算可将两个邻近的目标连接起来.

2 彩色舌图像分割算法

为了充分利用目标的彩色信息和形态特征,进一步提高分割效果,必须选择合理的彩色空间和分割技术.我们将数学形态学引入基于 HIS 模型的彩色图像分割算法中,算法框图如图 1 所示.

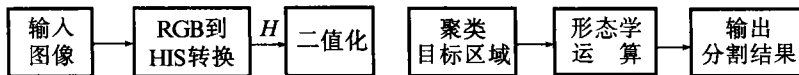


图1 舌图像分割算法的流程图

2.1 色度空间转换

彩色空间是以数值方式描述色彩的模型,例如 RGB、HIS 等. RGB 空间是与设备有关的加色空间,主要用于彩色监视器、扫描仪等设备.由于人眼不能直接感知红绿兰三色的比例,直接在 RGB 空间分割物体往往不符合人眼视觉.而 HIS 空间定义了 3 个互不相关,容易预测的颜色属性色度、亮度和饱和度,与人的视觉感知紧密相关.

RGB 到 HIS 的转换公式如下(式中 R 、 G 、 B 分别代表红、绿、兰 3 个分量的值):

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right] \quad (7)$$

当 $(B / I) > (G / I)$ 时:

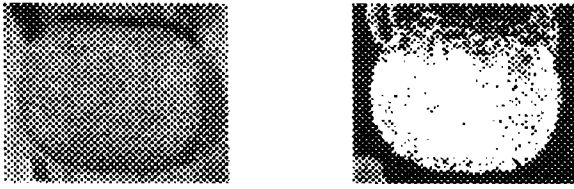
$$H = 360 - H \quad (8)$$

$$I = (R + G + B) / 3 \quad (9)$$

$$S = 1 - (3(R + G + B))m \quad (10)$$

其中: $R \neq G, R \neq B, m$ 是 R, G, B 的最小值.

其中 H 表示彩色彼此相互区分的特性, 不同波长的单色光具有不同的色调. 利用 (7)~(10) 式完成输入彩色舌图像由 RGB 到 HIS 色度空间的转换. 图 2 中的 (a) 为原图, (b) 为 H 分量图.



(a) 原图

(b) H分量图

图2 彩色空间转换

2.2 H分量图的二值化

一般舌图像中目标和背景的色彩有明显的差别, H 分量的直方图呈现较好的双峰性. 例如图 2(b) 的直方图如图 3 所示, 双峰性非常明显且双峰间的距离较远, 所以二值化阈值的选取范围较宽, 具有较强的鲁棒性. H 分量的二值化图如图 4(a) 所示.



图3 灰度直方图

2.3 目标区域聚类

由于设备、光源和个体差异的影响, 二值化图像中除舌目标区外, 还存在一些非舌目标区域, 且非舌目标区域的面积往往很小, 考虑到非舌目标对分割的影响, 我们采用如下目标区聚类的方法将其去除.

1) 在二值图像中对各像素点从上到下、从左到右顺序扫描, 同时对目标区域中的各像素点进行标号. 标号的准则为: 当前像素点的标号为目标区中已被扫描、且与其相邻的 4 个像素点标号的最小值. 若已被扫描的 4 个相邻像素点都在非目标区, 则当前点的标号为所有被标号的像素点的最大标号值加 1.

2) 在图像中先从上到下、从左到右, 然后从下到上、从右到左进行聚类扫描. 聚类的准则为: 目标区中当前像素点的标号值取为其 8 邻域像素点 (在目标区) 的最小标号值.

3) 经过聚类扫描后, 各目标区具有不同的标号, 求出各区域的面积. 由于舌目标区的面积在所有目标区中为最大, 去除所有的小目标区, 保留最大的目标区.

3 形态学运算

根据数学形态学的原理, 膨胀后的图像与原图之差或原图像与腐蚀后的图像之差可检测图像的边界, 其宽度和结构元素有关. 由于对噪声较敏感而影响了检测效果, 因此, 充分利用具有抗噪、平滑能力的开、闭运算, 设计了抗噪性的数学形态学边缘检测算子.

$$ED = (f \cdot B) \circ B - (f \cdot B) \ominus B \quad (11)$$

1) 根据舌图像的形状, 选择圆形的结构元素 B , B 的半径取为 5. 应用 (11) 式的检测算子求出灰度图像的边界, 对其进行细化得到舌图像的边界.

2) 由于在采集舌图像时受设备和照明条件等的影响, 有些图像存在一些不可去除的噪声和失真, 不同的舌苔如焦黄苔、灰黄苔等, 舌像上形成空洞或边界出现尖峰, 为平滑尖峰和得到闭合的边界, 选结构元素 B_1 对其进行二值图像的腐蚀, 得到边界.

3) 对边界图像细化并求所有边界象素的连接数 (8 邻域), 其中象素的右邻值为 x_1 ,

$$r_8 = \sum_{k=1, 3, 5, 7} \{ (1 - x_k) - (1 - x_k)(1 - x_{k+1})(1 - k_{k+2}) \} \quad (12)$$

根据 r_8 的大小消去短枝和分叉. 选用结构元素 B_2 对其进行二值图像的膨胀运算减小凹坑. 为了保证舌像的形状不变, 选用结构元素 B_3 再进行腐蚀, 将边缘细化后得到边缘细化图 (图 4(b));

4) 通过填充生成完整的二值舌图像 (图 4(c)). 将二值舌图像与原始彩色舌图像作逻辑“与”运算后得到分割的舌像, 通过扫描判断找出感兴趣的舌像的边界, 裁减缩小图像的尺寸, 生成最后分割结果 (图 4(d)).

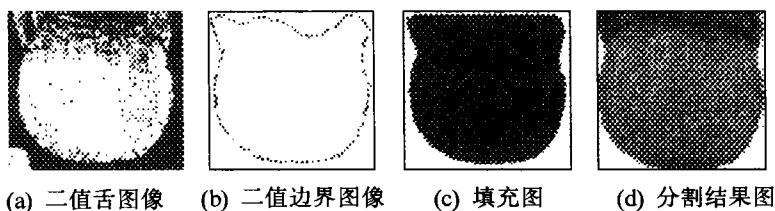


图4 舌像分割过程

4 实验结果

本文方法对彩色舌图像进行分割的部分实验结果如下, 其中图 5(a)、图 5(c)为原始舌图像, 图 5(b)、图 5(d)为对应的分割结果.

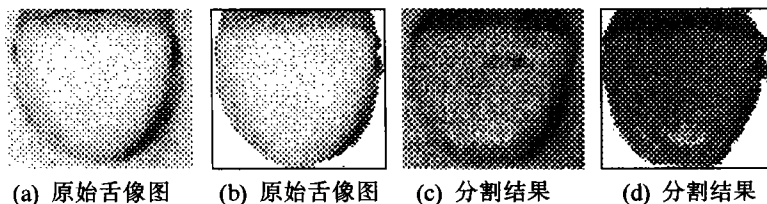


图5 实验结果

本文提出的基于数学形态学和 HIS 模型的彩色图像分割方法充分考虑了图像目标的彩色信息和形态特征。由于数学形态学的运算简单，从本质上是并行的，因此该方法快速有效，且具有良好的抗噪性能。结合体现人眼视觉特征的 HIS 彩色模型，有效克服了由于照明引起的舌像阴影等干扰。实验结果表明该方法对医学舌图像具有较好的分割性能。该方法也可推广应用到其他的医学图像处理中，如显微细胞图像、放射医学图像的分割。

作者非常感谢北京工业大学应用数学系吕宏伯教授的帮助和指导。

参 考 文 献

- 1 唐常青, 吕宏伯, 黄铮. 数学形态学方法及其应用. 北京: 科学出版社, 1990. 10~23
- 2 Soo-Chang Pei. Image sampling structure conversion by morphological filters. *Signal Processing: Image Communication*, 1994, 6: 13~24
- 3 Sternberg S R. Greyscale morphology. *CVGIP*, 1986, 35: 333~355
- 4 Bhabatosh Chanda. A multiscale morphologic edge detector. *Pattern Recognition*, 1998, 31(10): 1469~1478

The Color Tongue Image Segmentation Based on Mathematical Morphology and HIS Model

Zhao Zhongxu Wang Aimin Shen Lansun

(Signal and Information Processing Laboratory, Beijing Polytechnic University, Beijing, 100022)

Abstract It is of an important step to segment a tongue from its background view of the face in computer analysis of tongue image. Starting with the theory of mathematical morphology, a method to get a tongue segmented is presented based on mathematical morphology and HIS model, of which mathematical morphology is combined with HIS model to feature the image morphology upon using the image color information comprehensively. The experimental results show that this method is effective in segmenting tongue images.

Keywords mathematical morphology, image segmentation, HIS model