

• 科技之窗 •

基于 K-均值聚类的常用色彩空间舌质舌苔分割研究*

郭 宙¹ 杨学智¹ 司银楚¹ 朱庆文¹ 牛 欣^{1#} 沙 洪²

(1 北京中医药大学 北京 100029; 2 中国医学科学院生物医学工程研究所)

摘要:目的 观察常用色彩空间哪个通道(或分量)善于反映舌质舌苔的区别并有助于舌质舌苔的分割。**方法** 以典型舌图(淡红舌薄白苔、腻苔、黄苔等)和色温偏低的舌图为研究对象,在红、绿、蓝三色(RGB),国际照明委员会 1976 $L^*a^*b^*$ 标准(CIELAB)和色调、饱和度、亮度(HSI)色彩空间下选择舌图上每个像素的特定色彩分量(a^* 分量、 L^* 分量、H分量、R分量)作为聚类对象。使用 K-均值聚类聚成 2 个集合,按照生成的 2 个集合的特征完成分割。**结果** 显示 CIELAB 色彩空间 a^* 分量对舌质舌苔分割的效果和抗干扰能力最好,不受光照角度、色温偏差、舌苔舌质类型等因素的影响。 L^* 分量、R分量的聚类结果受光照不均匀的影响明显,H分量的聚类结果多呈分割不完全状态。**结论** 基于 K-均值聚类的以 CIELAB 色彩空间 a^* 分量为指标对舌质舌苔进行分割的效果较稳定,在舌诊中有一定的实用价值。

关键词: 舌诊; 色彩空间; 舌质舌苔分割; K-均值聚类

中图分类号: R241.25

Segmentation of tongue body and fur based on common color spaces of K-means clustering*

GUO Zhou¹, YANG Xue-zhi¹, Si Yin-chu¹, ZHU Qing-wen¹, NIU Xin^{1#}, SHA Hong²

(1 Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029; 2 Institute of Biomedical Engineering, Chinese Academy of Medical Sciences)

Abstract: Objective To observe which pathways (or components) of common color spaces are good for discriminating and segmenting tongue body and fur. **Methods** The typical tongue image (pink tongue with thin-white fur, greasy fur and yellow fur) and lower color temperature tongue image were taken as study objects, and special color component of every pixel of tongue imagines (value of a^* , L^* , H and R) in the color spaces of red, green and blue (RGB), $L^*a^*b^*$ criterion of International Commission on Illumination in 1976 (CIELAB), and hue, saturation and intensity (HSI) were selected as clustering objects. K-means clustering was applied to generate two clusters and complete the segmentation according to the characteristics of them. **Results** The component of a^* value of CIELAB color space was the best in the segment effect and anti-interference capability, which was not influenced by illumination angle, bias of color temperature and types of tongue body and fur. The clustering results of L^* value and R value were influenced by uneven illumination significantly. The clustering result of H value showed a state of incomplete segmentation. **Conclusion** The segmentation of tongue body and fur had a stable result taking a^* value in CIELAB color space based K-means clustering as index and showed practical values in tongue diagnosis.

Key words: tongue diagnosis; color space; segmentation of tongue body and fur; K-means clustering

郭 宙,男,在读博士生

通讯作者:牛 欣,男,博士,教授,博士生导师,研究方向:中医诊法的现代研究

* 国家“十五”科技攻关项目(No. 2004BA721A09),国家“十一五”科技支撑计划项目(No. 2007BA1A107A23),国家自然科学基金重点项目(No. 30672583)

舌质舌苔分割是舌图现代研究前处理的一个重要组成部分,它决定了舌色和苔色识别的准确与否,决定了舌苔分布情况的判断(薄、厚、腻等)。目前舌质舌苔分割研究分为基于色彩的自适应分割^[1]或色彩与基于图像形态学(纹理等)相结合^[2]的方法。由于舌苔的分布方式随舌苔类型而改变,并不一定呈区域聚集,所以放弃图像形态学分割方法而选择对舌图上每个像素的某一颜色特征值进行聚类分析作为基本思路。常用的色彩空间有红、绿、蓝三色(RGB)色彩空间,国际照明委员会 1976 $L^*a^*b^*$ 标准(CIELAB)色彩空间和色调、饱和度、亮度(HSI)色彩空间等,它们对于色彩的描述方式各不相同。如果充分利用这些描述方式对舌图的特征进行识别和提取,就能有效地分割舌质舌苔,从而为舌诊提供技术支持。

1 资料与方法

1.1 常用色彩空间介绍

1.1.1 RGB 色彩空间

视网膜上的锥状细胞有分别感受红光、绿光及蓝光的 3 种锥细胞。人眼以不同强度和比例的红、绿、蓝三色组合起来,便能产生出任何色彩感觉,红、绿、蓝是人眼的三基色。利用三基色色光的相加迭合,基本上能够模拟自然界中出现的各种色彩,这就是光学三色原理。显示器显像和彩色摄影就是使用混色方法的具体应用,即 RGB 颜色空间模式。该色彩空间是色彩的工业模型,深度为 24 位的 R、G、B 取值都是在 0~255 区间内的整数。

1.1.2 CIELAB 色彩空间

视网膜上的细胞接收三基色信号后,亮度和色彩等信息在向大脑枕叶的传导过程中则变成了 3 对颜色的比例信号。即光的强弱(黑-白)反应、红-绿反应、黄-蓝反应。每对信号都是一种颜色兴奋另一种颜色就抑制的信息。根据此原理,国际照明委员会(CIE)在 1976 年推出 CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB)标准,用此色彩空间模型来描述人眼可见的所有颜色。该模型的 3 个基本坐标表示颜色的亮度(L^* , $L^*=0$ 生成黑色而 $L^*=100$ 指示白色),它在红色/品红色和绿色之间的位置(a^* 负值指示绿色而正值指示品红)和它在黄色和蓝色之间的位置(b^* 负值指示蓝色而正值指示黄色)。值得注意的是,RGB 与 CIELAB 色彩空间相互转换方法在不同照明条件下有所不同^[3]。本文以 D65 光源为标准时的转换公式进行 RGB 到 CIELAB 色彩空间转换。

1.1.3 HSI 色彩空间

HSI(Hue, Saturation and Intensity)颜色空间是从人的视觉出发,用色调(Hue)、色饱和度(Saturation 或 Chroma)和亮度(Intensity 或 Brightness)来作为颜色的表达方式。通常把色调和饱和度通称为色度,用来表示颜色的类别与深浅程度。这种颜色表述方式容易让人理解,符合人的思维习惯。RGB 与 HSI 色彩空间相互转换也较容易实现^[4],不用考虑光照等的影响。

1.2 K-均值聚类分析

K-均值聚类分析,划分为 K 个聚类以便使得所获得的聚类满足,同一聚类中的对象相似度较高,而不同聚类中的对象相似度较小。聚类相似度是利用各聚类中对象的均值所获得一个“中心对象”(聚类中心)来进行计算的。

1.3 实验方法

1.3.1 硬件软件环境

计算机:P4 2.4 G 主频,80 G 硬盘,1 G 内存。操作系统:Windows XP。算法实现:以 Matlab 7.0 为软件平台,Image Processing Toolbox 实现图像处理接口,Statistics Toolbox 中 kmeans 函数实现 K-均值聚类算法,最后进行结果输出。

1.3.2 舌图来源

所用舌图均采集自北京中医药大学东方医院神经内科门诊或病房。舌图获取装置:Sony F717 相机。照片均不使用闪光灯,自动白平衡下拍摄。本文选取淡红舌薄白苔、腻苔、黄苔 3 幅典型舌图和 1 幅白平衡不准导致色温偏低的舌图(淡红舌薄白苔)进行舌质舌苔分割的结果演示。为简单起见,选择舌苔比较明显的舌图作为研究对象。

1.3.3 聚类对象的选择

舌苔通常为白色或黄色,一般不可能有红色或绿色舌苔出现(除染苔)。而舌质通常为红色、绛红或紫色并且很少有白色舌质的出现(除完全淡白舌)。所以选择各色彩空间中最能表述“红色”的分量作为 K-均值聚类的样本集合。RGB 色彩空间选择 R 分量,CIELAB 色彩空间选择 a^* 分量,HSI 色彩空间选择色度 H 分量。另外,CIELAB 色彩空间的亮度 L^* 分量在一定程度上也能反映出舌质舌苔的区别,故以此作为聚类对象。

1.3.4 算法步骤

①将舌图上每个点的 RGB 值分别转换为 CIELAB 色彩空间的 L^* 分量、 a^* 分量、 b^* 分量和 HSI 色彩空间的 H 分量、S 分量、I 分量。②由于 H

分量为0~360区间内的任意实数,舌图的H分量不能保证呈连续分布状态,可能聚类结果出现以0点/360点为界限分成两类的情况。所以要对H分量进行处理,计算H分量到0点/360点的绝对距离; $H_d = 360 - H (H > 180)$ 。③分别以舌图上每个点的 a^* 分量、 L^* 分量、 H_d 分量、R分量作为聚类样本,令 $c = 2$ (舌体或是舌苔两类),用随机法初始化的聚类中心,再执行K-均值聚类算法(用随机种子法初始化聚类中心),得到集合 C_1 、 C_2 ,聚类中心分别为 c_1 、 c_2 。④ a^* 分量的聚类:假设 $c_1 > c_2$,那么集合 C_1 内的像素就是舌质, C_2 内的像素是舌苔。⑤ L^* 分量、 H_d 分量、R分量的聚类:假设 $c_1 < c_2$,那么集合 C_1 内的像素那么就是舌质, C_2 内的像素是舌苔。

2 结果

2.1 典型舌图及分割结果

2.1.1 淡红舌薄白苔舌图及其分割结果

结果见图1(本文彩图见插页1)。图1A是淡红舌薄白苔舌图,从舌右侧反光区域可以看出光源从舌体右侧入射。图1B可以看出基于 a^* 分量的聚类结果不受光照不均的影响,能比较好地分割出舌苔,并且可以看到分布在舌面上的红色的舌乳头。图1C和图1E显示 L^* 分量、R分量的聚类结果受光照不均匀的影响明显,右侧光照强烈处误显示为大片舌苔区域。图1D显示H分量分割完全失败,分割不完全。

2.1.2 腻苔舌图及其分割结果

结果见图2。图2A是腻苔的舌图,该舌图与图1相比光照比较均匀。图2B可以看出基于 a^* 分量的聚类结果理想,把满布于舌面的腻苔较好地分割出来,并且舌面上的裂纹也有所保留。图2C显示 L^* 分量的聚类结果也比较理想只是舌尖部稍欠分割。图2D显示H分量分割失败或分割不完全。图2E显示R分量的聚类结果一般,舌体右侧的反光区域被错误地划为舌苔。

2.1.3 黄苔舌图及其分割结果

结果见图3。图3A是黄苔的舌图。图3B可以看出基于 a^* 分量的聚类结果理想,把成片的黄苔分割出来,并且把舌两侧的泡沫和舌苔的混合物也识别了出来。图3C和图3E显示 L^* 分量、R分量的聚类结果受光照不均匀的影响明显,右侧光照强烈处错误地显示大片舌苔区域。图3D显示H分量的聚类结果一般,呈分割不完全的状态。

2.2 色温偏差舌图及分割结果

结果见图4。图4A为白平衡不准导致色温偏

低的舌图,图像色调偏暖,微微发黄。从图4B可以看出基于 a^* 分量的聚类结果比较理想,舌苔呈比较均匀的分布。图4C和图4E显示 L^* 分量、R分量过度分割,把舌质区域也分割到了舌苔区域,由图像舌质和舌苔亮度或R分量反差不明显导致。图4D显示H分量的聚类结果在舌边缘过度分割,舌乳头和裂纹都没有能识别。

3 讨论

CIELAB色彩空间 a^* 分量对舌质舌苔分割的效果和抗干扰能力最好,不受光照角度、色温偏差、舌苔舌质类型等因素的影响。其根本原因是 a^* 分量反映了“红—绿”的比例,能较好的反映舌体“红色”的特性。而舌质一般来说都比舌苔要显得更加“红”一些,所以能较好地地区分开舌质和舌苔。大多数情况下可以说舌苔的反光能力要强于舌质, L^* 分量、R分量得以识别舌苔的基础。但是光源的入射方向和强度会极大地影响这种判断,所以往往光源的入射侧会呈现过度分割而另一侧则会欠分割。由于拍摄的图片的H分量的离散度过小,舌苔往往又接近灰白色(H分量不能体现其特征),所以H分量基本不能用于舌质舌苔的分割。

本文使用K-均值聚类方法考察了常用的色彩空间中的颜色特征值对舌质和舌苔的区分能力,以常见的淡红舌薄白苔、腻苔、黄苔的舌图和色温偏低的舌图为研究对象,结果显示以CIELAB色彩空间 a^* 分量为指标对舌质舌苔进行分割的效果较稳定,有一定的实用价值。但是由于临床舌图情况复杂,比如舌红少苔、舌体瘀斑等情况仅仅利用 a^* 分量来识别是不够的,需要进一步改进才能实际应用。

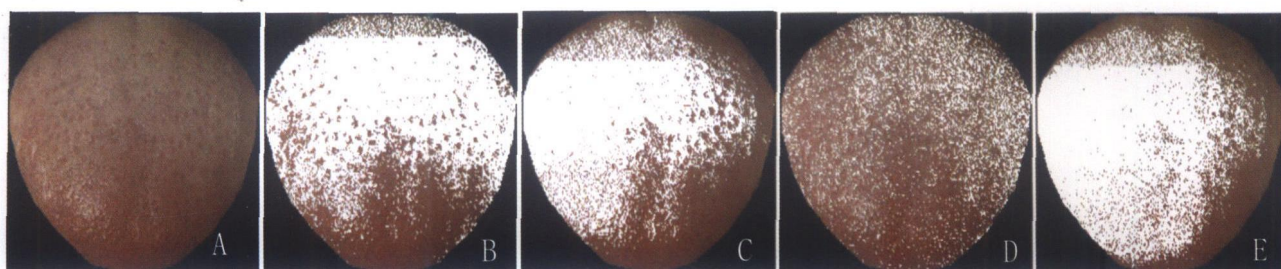
参考文献:

- [1] 陈海燕,卜佳俊,龚一萍,等. 一种基于多色彩通道动态阈值的舌苔舌质分离算法[J]. 北京生物医学工程, 2006,25(5):466-469.
- [2] 王郁中,杨杰,周越. 图像分割技术在中医舌诊客观化研究中的应用[J]. 生物医学工程学杂志, 2005,22(6):1128-1133.
- [3] HUNT RWG. Measuring colour [M]. Third Edition. England: Fountain Press, 1998:45-66.
- [4] K R CASTLEMA. 数字图像处理[M]. 朱志刚,译. 北京:电子工业出版社 1998:476-479.

(收稿日期:2009-07-09)

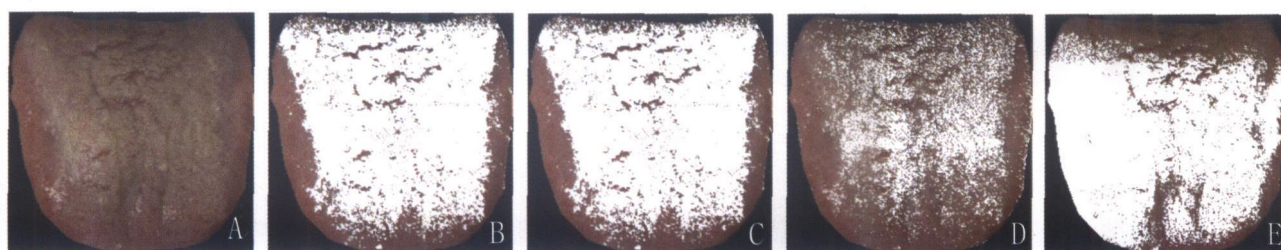
基于 K-均值聚类的常用色彩空间舌质舌苔分割研究

(正文见第821页)



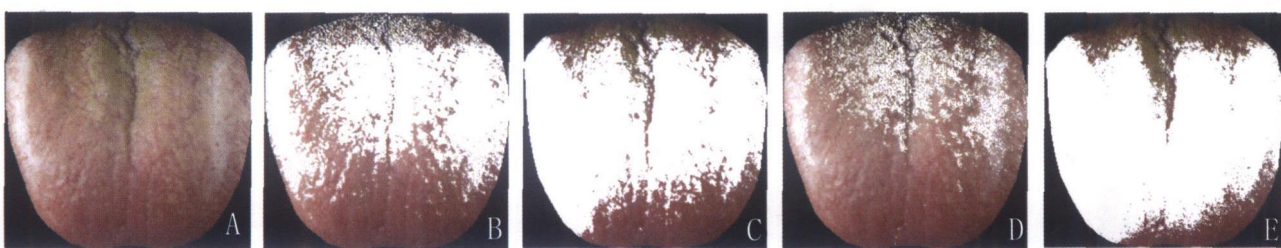
A 原图 B α^* 分量 C L^* 分量 D H分量 E R分量

图1 淡红舌薄白苔舌图及各分量聚类分割的结果



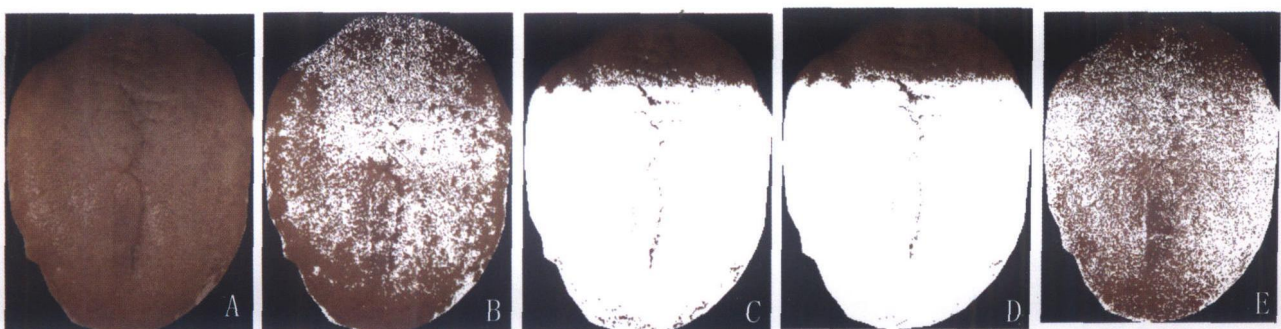
A 原图 B α^* 分量 C L^* 分量 D H分量 E R分量

图2 腻苔舌图及各分量聚类分割的结果



A 原图 B α^* 分量 C L^* 分量 D H分量 E R分量

图3 黄苔舌图及各分量聚类分割的结果



A 原图 B α^* 分量 C L^* 分量 D H分量 E R分量

图4 色温偏低的淡红舌薄白苔舌图及各分量聚类分割的结果