

基于图像区域分割方法的舌质与舌苔识别

许家佗¹ 屠立平¹ 张志枫¹ 周昌乐² 张利¹

1. 上海中医药大学基础医学院 (上海 201203)

2. 厦门大学 (福建 厦门 361005)

【摘要】 舌象的图像识别是舌象信息计算机诊断的主要内容之一。实现舌质、舌苔的区域识别是舌诊计算机识别过程中的重要步骤,也是后期舌体和舌苔颜色识别和纹理特征分析的重要前提。应用彩色图像区域分割方法,根据舌象颜色的区域特征,采用分裂-合并算法、色度阈值法对舌象进行了区域划分,建立舌质、舌苔的区域分割方法,实现舌质与舌苔的分割。实验结果显示,分裂-合并算法、色度阈值法具有良好的分割效果。

【关键词】 舌象诊断;区域分割;分裂-合并算法;色度阈值法

【中图分类号】 R241.25 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1008-861X(2009)03-0042-04

近年来,随着计算机信息技术的发展,以计算机图像分析技术为主要手段,中医舌诊信息化研究已经逐步深入^[1-2]。舌象信息源的信息主要分为区域、颜色、纹理、形状、动态五大类。颜色、纹理是舌象诊断的重要信息,在舌诊中具有重要的诊断价值,而舌质与舌苔的划分是实现颜色、纹理分析诊断的重要前提。研究首先基于边缘检测方法完成舌象从背景中提取,得到完整的舌象主体。舌象图像的计算机自动分析中,舌象的舌质与舌苔的区域分割是以不同颜色表现为划分依据,所以舌象的区域分割是建立在颜色特征的基础上的,同时舌象颜色量化分类又是以区域为描述对象的。以往的研究都是人眼对舌质、舌苔进行模糊识别,在图像识别中也没有将两者区分开^[3]。本研究通过对舌象颜色特征的分析,提出一种有效的舌象图像区域分割方法,实现舌质与舌苔的分离,并依据中医学中舌象颜色分类特点,完成舌色与苔色的分类。实现舌质、舌苔的区域识别是舌诊计算机识别过程中重要的步骤,也是后期舌体和舌苔颜色识别和纹理特征分析的重要前提,所以本研究试从舌体、舌苔的区域分割着手,应用分裂-合并算法、色度阈值法等方法将舌象根据颜色进行区域划分,实现舌色与苔色的区域划分与识别。

【基金项目】 国家高技术研究发展计划(“863计划”)基金资助项目(2008AA02Z407);国家自然科学基金资助项目(30873463, 30300443);上海市重点学科建设资助项目(S30302)

【作者简介】 许家佗(1972-),男,辽宁大连人,博士,博士后,副教授,主要从事中医诊断技术信息化研究。

E-mail: xjt@fuda.edu.cn

1 材料与方法

1.1 光源与舌象图像采集 实验选用国际照明委员会(CIE)推荐使用的代表日光的标准光源D65^[4]。该标准光源由复旦大学电光源研究所制作并进行测试,具有良好的显色性(显色指数 $R_a=95$,色温为6500K),照明光源的几何条件按照45/0(照明/观测)安排光路。图像采集设备选用NIKON D70数码单反相机,自动模式,三脚架固定。被测者采取坐位或仰卧位,面对D65光源,确保舌面光线明亮。伸舌时尽量张口,将舌体伸出口外。舌体放松,舌面平展,舌尖自然下垂。

1.2 舌质与舌苔分割原理 由于舌质、舌苔在图像特征上表现的最大区别在于颜色:舌色以红色为主色调,在视觉表现上舌色主要表现为淡白、淡红、红、绛(深红)、青紫五种颜色;而苔色则主要表现为白色、黄色、灰色和黑色等颜色。因此,我们将舌质、舌苔的区域划分建立在颜色区域划分的基础之上。

区域分割技术可以分为三类:一类是局部技术,主要是基于像素及其邻域的局部特征进行分割;第二类是全局技术,以全局信息(如直方图等)作为图像分割的依据;第三类是分裂、合并和区域增长技术,主要的依据是区域的一致性和几何临近度:若两个区域相似而且相邻,就可以将它们合并^[5]。一个不具有一致性的区域可以分裂成为两个子区域,只要能够保持一致性,就可以向一个区域添加像素。我们在实验中主要采用了分裂-合并算法,并且根据阈值法原理建立了色度阈值法。

舌象图像基本定义如下:将一幅舌象图像信号 $f(m, n)$ (其中 $\{0 \leq m \leq M-1, 0 \leq n \leq N-1\}$)进行分

割就是将 f 划分为若干不相关联的、非空的子区域 f_1, f_2, \dots, f_n , 而它们又都满足某种均一性准则:

- (a) $U_{i=1}^p f_i = f$;
- (b) f_i 是相连的 $\forall i$, 当 $i = 1, \dots, P$;
- (c) $\forall f_i$ 均一性准则 $E(f_i)$ 都是满足的;
- (d) 对任何两个相邻的 f_i 和 f_j 的联合体, $E(f_i U f_j)$ 得不到满足, 即 $f_i \cap f_j = \phi$ 。

本研究中, 不相关联的、非空的子区域主要为舌质与舌苔两部分, 除此之外还包括少数异常情况下舌象病理性颜色、质地的变化。

1.3 分裂 - 合并算法 分裂 - 合并算法中是常用的区域分割算法^[6], 其原理是根据区域 A_i 和 A_j 的均匀性判断进行分裂或合并。由于舌象图像区域划分主要是以舌质、舌苔颜色为依据, 所以本实验对每一个区域 k 设置一个 RGB 颜色类型的变量 B_k , 用于保存当前已归入该区域的所有像素的 RGB 颜色的平均值, 对于当前遍历元素 (x, y) , 将其与 B_k 进行均匀谓词计算, 判断其是否归入区域 k 。这样对所有的元素进行一次遍历, 就可以将图像区域分割, 其时间复杂度为 n , 处理速度显著加快。

其算法如下所示:

- (1) 令 $k = 1, A_1 = \{a_1\}, B_1 = a_1$ 的 RGB 颜色, $a_1 \in A$ 为任选的一个元素;
- (2) 对 A 中所有元素进行遍历:
 - a) 取得当前遍历元素 (x, y) ;
 - b) 对所有的 k 进行测试, 如果存在 I 使 $H(B_i U \{(x, y)\}) = true$
 则令 $A_i = A_i U \{(x, y)\}$
 $B_i = A_i$ 中现所有元素 RGB 颜色的平均值
 否则
- c) 令 $k = k + 1, B_k =$ 元素 (x, y) 的 RGB 颜色;
- (3) 遍历结束得 $A_i, i = 1, 2, \dots, k$;
- (4) 对每个 A_i 用 B_k 的颜色值进行团点着色, 得 $A_{ij}, j = 1, 2, \dots, m_i$;
- (5) 最终得 $A_{ij}, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m_i$ 即所要生成的 $m = \sum_{i=1}^k m_i$ 个区域。

实验发现, 由于使用了原先已包含进来的所有元素的颜色平均值, 在合并后还存在一些面积比较小的“奇异区”。在分裂算法中采用对 RGB 单色色差阈值在 20~30 左右进行融和, 归为一个区域。经过如此改变后的算法, 可以很好地消除许多小块的区域和个别的像素, 使得处理后得到更好区域效果, 而且使得临近的区域合并而又不失其原本的色彩, 有利于在此基础上对舌象颜色的测定。

基于分裂 - 合并算法的区域分割的结果, 舌象图像产生若干大范围的均匀色调区域, 其范围主要

表现了舌质与舌苔的区域特征, 对于有典型舌质、舌苔范围表现的舌象能够起到非常好的效果。但临床常见到舌苔与舌质范围不明确的情况, 如薄苔, 舌苔薄造成舌苔颜色散在或交错于舌质颜色之间, 应用区域分割后易导致舌苔与舌质颜色区域均化, 不能很好体现舌色与苔色的区域交错关系。针对这种情况, 我们又建立了一种舌质与舌苔的色度阈值区分方法, 该法主要针对薄苔的分离。

1.4 色度阈值法 阈值法是最常用的分类方法, 其关键是找到有效的特征阈值。根据图像某种特征阈值直方图, 来寻找两峰值之间的谷值作为图像分割依据^[7]。输入信号 $f(m, n)$ 和输出信号 $g(m, n)$ 之间存在下列关系:

$$g(m, n) = \begin{cases} I_1 & \text{当 } 0 < f(m, n) < S \\ I_2 & \text{当 } S < f(m, n) < f_{MAX} \end{cases}$$

则 S 为 I_1 及 I_2 分类所取的阈值。

经过对舌质、舌苔的图像分析发现, 两者在灰度表现上没有明显差异, 但两者在颜色上有比较明显的不同, 单一 RGB 颜色分量的直方图上没有明显的双峰值, 所以只能根据两者在彩色分量关系上的差异, 将两部分分离。

实验经过对舌苔舌质取样计算发现: 舌质部分的 R 值与舌苔部分的 R 值差距较大, 且有舌质的 R 值大于舌苔的 R 值, 舌质的 R 值大于它的 G 值和 B 值, 舌苔的 R 值与它的 G, B 值差距不大, 而两者之间的 G 值、 B 值差距不大, 所以可以根据 $Ohta$ 色度系 $I_1 - I_2 - I_3$ 与 RGB 色度的转换关系^[8]:

$$I_1 = (R + G + B) / 3$$

$$I_2 = R - B$$

$$I_3 = (2G - R - B) / 2$$

将 $I_3 = (2G - R - B) / 2$ 根据舌面 RGB 关系转变为

$$I = (2R - G - B) / 2 = R - (G + B) / 2$$

I 值越大说明红色分量越突出, 反之则说明红色分量较小, 经过转化的 I 直方图恰好反映了舌质与舌苔的颜色关系, 可以用于两者之间区域的划分, 用 I_m 值的差异来区分舌苔与舌质颜色。为了使 I_m 值具有自适应性, 自动筛选舌质与舌苔区域划分的最佳阈值, 实验采用 I_m 在 I 直方图自动搜寻方法, 当 I_m 满足 I 直方图分成的两部分均值差的绝对值最大条件, 即类中心相距最远, 此时的 I_m 值就是阈值, 即:

$I > I_m$ 的图像区域则为舌质;

$I < I_m$ 的图像区域则为舌苔。

2 结果

2.1 分裂 - 合并算法的分割 为了对处理结果进

行比较,我们在程序设计中,简单阈值法、分裂算法、合并算法和分裂-合并算法都单独实现处理。实验结果表明:对于具有明显舌苔范围的舌象,相对于简

单阈值法、纯分割和纯合并的算法来说,分裂-合并算法的区域划分的效果最好。见图 1。



图 1 几种区域分割算法分割的舌象

分裂-合并算法很大程度上消除了纯合并算法所得结果中存在的许多小块的区域和个别的像素,使划分更加具有区域性;而且,它不会像纯合并算法那样丢失一些小区域和区域边界,并且最终区域性更强,图像光滑性更好。与简单阈值法相比,分裂-合并算法更好把颜色同一性与空间位置联系在一起,因此能得到相对满意的结果,它不一定要要求图像的直方图有双峰或多峰特性,但分裂-合并算法比

阈值方法要复杂得多。
2.2 色度阈值法的分割结果 对于舌苔范围不明显,尤其是苔质薄白而且舌质舌苔交错的舌象,用分裂-合并算法虽然也可以将苔质与舌质区分开,但经过合并以后的区域的变化较大,区分后的结果改变了舌苔舌质互相交错的具体特征,所以对这类舌象采用色度阈值法作为一种补充方法。见图 2。

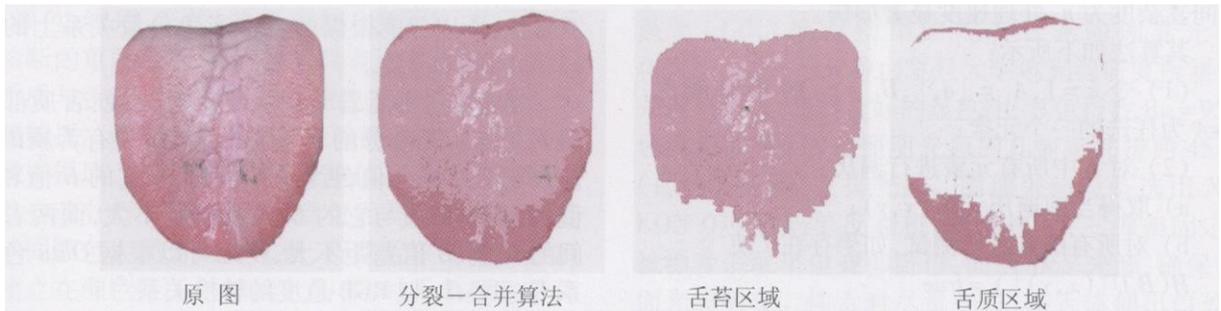


图 2 分裂-合并算法对薄白苔舌质舌质分割的舌象

这种色度阈值分割方法,只考虑图像色度的一致性,而不考虑区域的连通性,因为阈值处理是基于像素本身,没有涉及它的邻域信息,所以区分出的区域数量可能较多,没有分裂-合并算法生成的良好连通性,但对于舌苔、舌质相间交错的情况具有很好的分离效果。色度阈值法分割的结果既保留了舌苔舌质的颜色特性,又体现了舌苔舌质错杂分布的特点。经过对 500 张舌象图像的测试, I_m 具有良好的适应性, I_m 阈值在 30 ~ 60 之间区分效果最好。见图 3。

由于舌苔薄,所以苔色与舌色交错,色度阈值法检测得到的舌苔区域也较多,区域大小不一而且不连续,在颜色均一性上也较好地表现了舌色与苔色的色度差异,为进一步舌色与苔色的准确量化奠定了良好的基础。同时,苔质分布范围的大小也可以作为舌苔厚薄的判断依据之一:厚苔的舌苔覆盖面积较大,交错区域少甚至无;薄苔面积较小但交错分布的范围较大。两者交错分布的程度反映了舌苔“见底”“不见底”的性质——即厚薄属性。所以区域的交错程度可以进一步量化用以判断舌苔的厚薄与否。



图 3 色度阈值法舌苔舌质分割的舌象

3 讨论

中医舌诊是在长期医疗实践过程中形成的,以中医理论为指导的一种疾病认识方法。舌诊信息化技术在中医临床中的应用研究已经逐渐展开,图像技术是重要实现手段^[9]。图像信息处理是人类视觉延续的重要手段,并在某种程度上延伸了人类视觉器官的功能。舌诊具体内容丰富,但传统的舌诊依赖于主观经验,在属性的判断和分类上又具有相对性特点,因此两种方法关于阈值的选取都极为重要。

计算视觉的一个重要步骤是要通过参数化描述来刻划构成图像的几何组块。为了产生一个有用的描述,当然必须把这些点集有效地组织起来,边缘检测是一个方面,区域生成则是将景物图像分割为有意义或相关组块的另一个方面。图像分割和边缘检测一样也是一种图像分析的手段。在实际图像中往往存在一些具有某种均匀一致性的区域,如颜色、纹理等。这种一致性构成的特征向量可用于区分图像的各个区域。图像分割就是利用这些特征向量来检验区域的一致性,从而达到将图像分割成不同区域的目的。图像区域分割的实质就是要正确划分属性空间,使得具有不同属性的元素归属不同的区域。本研究主要采用“分裂-合并算法”和“色度阈值法”两种方法进行区域分割,两者在实验中都产生了较好的分割效果。两者在实验中的区别不在于算法的不同,而是两者在区域分割方面的最佳适应性不同:前者对舌苔舌质区域相对明显的舌象,在颜色融合的基础上产生的分割区域具有较好的区域连通性,同时又不失其颜色特征;后者则对舌苔舌质交错的舌象——薄白苔分离效果最佳,分离的效果很好地体现了舌苔薄而“见底”的特性。通过舌象的区域分割实现了舌苔与舌质的分离,为舌象颜色、纹理等的进一步量化奠定了基础。

区域分割的目的是区分舌质与舌苔,目前对于区域分割是以舌整体为分割对象。由于区域的分割是

以颜色为主要判断依据,所以如果舌质或舌苔本身就具有两种以上的颜色表现,如舌边尖红但其他部位淡红或淡白,或舌苔黄白相间或白、黄、灰苔同时出现等,此时分割的效果就不理想,单色分量融合后的颜色变化也较大,对舌色与苔色的描述偏差很大。针对这种情况,在今后的设计中可以在舌尖、舌边、舌中和舌根不同部位进行分割,最后将分割的结果在颜色、数量等方面进行综合与判断,以得到一个相对完善的分割结果。

舌色与苔色的判断识别实际是人视觉识别的重现,所以人眼识别过程中所遇到的一些问题在计算机识别中同样也会出现,如舌色定义范围的相对性、颜色区域相对性、多颜色区域交错的出现等。这些情况为舌色、苔色的准确判断带来了一定的困难,在实验过程中应该充分考虑。

参考文献:

- [1] Xu JT, Tu LP, Ren HF. A Diagnostic Method Based on Tongue Imaging Morphology[C]. ICBBE2008, Shanghai: 2008.
- [2] 许家伦,周昌乐,方肇勤,等. 舌像颜色特征的计算机分析与识别研究[J]. 上海中医药大学学报, 2004, 18(3): 43-47.
- [3] 王爱民,赵忠旭,沈兰荪. 中医舌象自动分析中舌色、苔色分类方法的研究[J]. 北京生物医学工程, 2000, 19(3): 136-141.
- [4] 荆其诚,焦书兰,喻柏林,等. 色度学[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 226-231.
- [5] 周昌乐. 视觉计算原理[M]. 杭州: 杭州大学出版社, 1996: 95-111.
- [6] Castleman KR. Digital Image Processing[M]. New York: Prentice Hall Inc, 1996: 375-404.
- [7] 黄贤武,王加俊,李家华. 数字图像处理与压缩编码技术[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2000: 113-121.
- [8] Ohta Y, Kanade T, Sakai T. Color Information for Region Segmentation[J]. Comput Graphics and Image Processing, 1980, 13: 224-241.
- [9] 张志枫,周昌乐,许家伦,等. 舌色视觉计算方法在中成药疗效评估中的应用[J]. 上海中医药大学学报, 2005, 19(3): 45-48.

编辑:肖元春

收稿日期:2009-02-16

Identification of Tongue Body and Fur Based on Color Image Region Separation

XU Jia-tuo¹ TU Liping¹ ZHANG Zhi-feng¹ ZHOU Chang-le² ZHANG Li¹

1. Shanghai University of Traditional Chinese Medicine

2. Xiamen University, Fujian

ABSTRACT The recognition of tongue color image is essential for the computerization of tongue data. The identification of tongue body and fur is an important procedure in the computerization of tongue diagnosis, and also the premise for analyzing the color of tongue body and fur as well as its texture characteristics in the late stage. This paper, on the basis of color image region separation method, employs division-combination method and chrominance-threshold method to distinguish the tongue body and fur, as a result to contrast and separate them. The results show that the two methods work well in the separation of tongue body and fur.

KEY WORDS Tongue diagnosis; region separation; division-combination method; chrominance-threshold method