

一种有效的舌体提取算法研究

张志顺^{1,2}, 奚建清², 刘 勇³

(1 嘉应学院 医学院, 广东 梅州 514031; 2 华南理工大学 软件学院, 广东 广州 510006;

3 华南理工大学 计算机科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 针对在舌象中较难准确分离舌体的问题, 提出从舌体的颜色、形状、位置等先验知识出发, 采用 HIS 色彩模型去除舌象中的嘴唇、脸部等信息, 获得舌体初始轮廓, 然后用舌体修正模型修正舌体初始轮廓, 最后用改进的 GAC 算法提取舌体。通过舌体提取实验及分析, 表明该方法在舌体提取时, 不仅能克服嘴唇和脸部的影响, 而且在舌体凹陷区域和边缘模糊区域均能取得较好的提取效果。舌体的准确提取为下一步舌质舌苔的分离打下了良好基础。

关键词: 舌体提取; 先验知识; HIS 色彩模型; 舌体修正模型; GAC 算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)04-0116-04

Study of an Effective Tongue Body Extraction Algorithm

ZHANG Zhi-shun^{1,2}, XI Jian-qing², LIU Yong³

(1 School of Medicine, Jiaying College, Meizhou 514031, China; 2 School of Software, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China; 3 School of Computer science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In order to solve the problem of segmenting the tongue body from a tongue picture, a novel algorithm is proposed, which is based on prior knowledge of color, shape and position of tongue body. Using HIS color model, our algorithm preserves the contour of tongue body while information of lip and face tissues are removed accurately. After that, the contour is refined by a regularization model of tongue body. Finally, the tongue body is extracted by an improved GAC algorithm. Experiments show that the proposed method works well in presence of lip and face tissues. In addition, good results are obtained by the proposed algorithm in spite of the sunken area and blurred contour of tongue body. Accurate segmentation of tongue body plays an important role of preparing good extraction of coating on the tongue.

Key words: the tongue body extract; priori knowledge; HIS color model; tongue correction model; GAC algorithm

1 引言

舌诊是中医最常用的诊断方法之一, 通过观察舌头, 医生可以了解人体生理和病理变化, 并因此知道病人的身体状况。传统舌诊主要依靠医生的经验和知识, 这使得诊断带有主观性^[1]。因此, 建立一个基于数字图像处理的中医诊疗系统是非常必要的。现有研究表明, 图像分析技术应用于中医舌诊

是可行的, 而且取得一定成果^[2]。

通过数字图像处理技术进行舌诊的前提是从舌象中准确分离舌体。由于舌象包含嘴唇、脸部、下巴等部位, 因此, 从舌象中准确分离舌体并不容易^[3]。针对舌的特殊性, 研究者提出多种舌体分割方案, 如用阈值分割算法提取舌体^[4], 它的分割速度快, 可自适应能力差, 不能很好地舌体提取出来^[5]; 文献^[6]中采用参数化活动轮廓模型 (Snake 算法) 结合特征提取的方法, 能快速得到舌体, 但收敛性受初始

收稿日期: 2014-07-23; 修回日期: 2014-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60973084); 广东省自然科学基金项目 (9151064101000106)

轮廓的影响很大;文献[7]中采用梯度矢量流场(Gradient Vector Flow, GVF)作为外力的 GVF Snake 算法,克服了 Snake 算法不能收敛到舌体凹型区域的问题,但对噪声敏感,不能识别正、负阶跃边缘,分割效果不够理想.对于上述问题,人们做了不少尝试和改进^[8-10],但这些改进不是要确定外力参数,就是参数的最优选择需要运行多次分割算法,收敛速度慢.文献[11]中提出了非参数化主动轮廓模型(Geodesic Active Contour, GAC 算法),避免了对外力参数最优选择的多次运算,收敛速度快,但对噪声敏感,对于边界模糊的舌象较难获得理想的效果.

针对在中医舌象在舌体提取中存在的问题,提出一种新的舌体提取算法——从舌体的先验知识出发,用阈值分割算法从 HIS 色彩模型的 Hue 分量中获得舌体初始轮廓,用舌体修正模型对初始轮廓修正,最后用改进的 GAC 算法提取舌体.

2 提取舌体初始轮廓

HIS 色彩模式中的 Hue 分量代表人的感官色彩,它可以很容易分辨出舌体和脸部,所以选择 HIS 色彩模型来分割舌体和背景.

在标准环境(日光光源为 D65,色温为 6 500 K,显色指数为 95)下取得舌象,如图 1(a)所示,其颜色质量为 32 bit,大小 600×600 pixel.从图中可以看出,唇缘和舌体之间存在一块暗区,它的饱和度分量非常明显.将原始图像转换成 HIS 图像,如图 1(b)所示,获取它的 Hue 分量(包括一部分脸、嘴唇和下巴等部位),如图 1(c)所示.

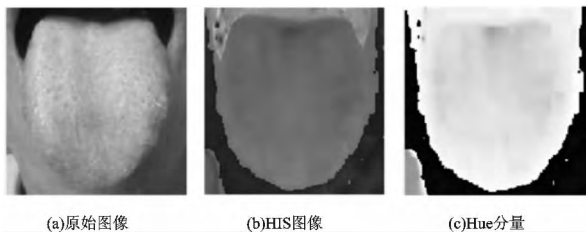


图1 HIS 颜色模型的转换

利用阈值分割算法^[12]从 Hue 分量中获得舌体粗边缘,如图 2 所示.得到的舌体轮廓不连续,比较粗糙,包含除舌头以外的其他部分,噪点较多.为了消除上述缺陷,引入舌体修正模型^[13].

3 修正舌体初始轮廓

根据舌体初始轮廓,以 O 为中心点作舌头模板的水平线来设置参考轴,如图 3 所示.给定一个点

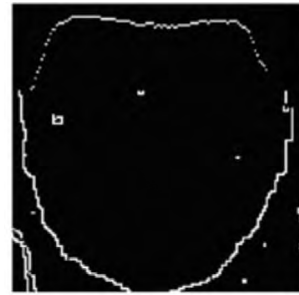


图2 舌体初始轮廓

Q ,想确定下一个点 P ,则需知道 $\overrightarrow{OQ}$ 和 $\overrightarrow{OP}$ 的长度和角度,并计算出 $\overrightarrow{OQ}$ 和 $\overrightarrow{OP}$ 的长度差,步骤如下:

(1) 通过式(1)式,得出 $\overrightarrow{OM}$ 和 $\overrightarrow{ON}$ 的长度,代入式(2),得出两者的长度差.

$$|\overrightarrow{OM}| = |\overrightarrow{OQ}| \cos \alpha, |\overrightarrow{ON}| = |\overrightarrow{OP}| \cos \beta \quad (1)$$

$$\text{diff} = |\overrightarrow{MN}| = ||\overrightarrow{OM}| - |\overrightarrow{ON}|| \quad (2)$$

(2) 判断 diff 的结果是否比阈值大,如果 $\text{diff} < \text{阈值}$,则进入步骤(4),否则转到步骤(3).

(3) 根据式(3)计算新的 diff,并重复步骤(2),直到 $\text{diff} < \text{阈值}$ 为止.

$$\text{diff} = |\overrightarrow{MN}| \cos \beta \quad (3)$$

(4) 执行式(4)得到最终的结果.

$$|\overrightarrow{OP}| = |\overrightarrow{OQ}| + \text{diff} \quad (4)$$

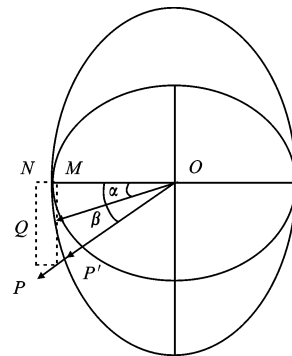


图3 舌体修正模型

通过上述步骤,可得到相对连续、封闭的舌体轮廓,如图 4 所示,它修正了粗糙的舌边缘,得到的舌体轮廓线更符合舌体的几何特征.

由于舌像的获取过程受光照不均等因素的影响,得到的图像存在边缘模糊的情况,因此,可用改进的 GAC 算法提取舌体.

4 提取舌体

GAC 算法是基于曲线曲率和图像梯度信息驱动曲线形变的非参数化主动轮廓模型.它在分割模糊边界或离散边缘时较难获得理想效果,但采用



图4 舌体修正结果

GAC 算法与区域信息相结合,则可扩展曲线演化的驱动力,避免曲线重新初始化,获得较理想的舌体轮廓.方程可定义为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = & g |\nabla \varphi| \left[\lambda \log \frac{p_1}{p_2} + \mu \operatorname{div} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right) \right] + \\ & \tau \nabla g \cdot \nabla I + |\nabla \varphi| (-\operatorname{sign}(\langle \nabla I, \nabla \varphi \rangle) \Delta I) + \\ & v(\Delta \varphi - \operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|})) \end{aligned} \quad (5)$$

式中, p_1, p_2 为曲线内、外区域的概率密度估计.其中,右边第一项为区域检测项,用来控制曲线的演化速度;第二项 $\nabla g \cdot \nabla I$ 及第三项 $|\nabla \varphi| (-\operatorname{sign}(\langle \nabla I, \nabla \varphi \rangle) \Delta I)$ 为局部检测因子和配准项,它吸引曲线朝目标的真实边界处演化;第四项为基于符号距离函数属性的隐式初始化因子.

由文献[14]定义的控制力 SPF(signed pressure force, 取值为 $[-1, 1]$) 起到调节感兴趣目标区域内、外压力的作用:当轮廓曲线位于目标外面时,它做收缩演化;当轮廓曲线位于目标内部时,它做扩张演化.演化方程可定义为

$$\operatorname{spf}(I(x)) = \frac{I(x) - \frac{c_1 + c_2}{2}}{\max(|I(x) - \frac{c_1 + c_2}{2}|)}, x \in \Omega \quad (6)$$

式中, c_1, c_2 分别为曲线内外区域的平均灰度值.当曲线内外区域的灰度一致时, $\operatorname{Min}(I(x)) \leq c_1, c_2 \leq \operatorname{Max}(I(x))$, 不论曲线位于什么位置,等号都不同时成立,因此, $\operatorname{Min}(I(x)) < \frac{c_1 + c_2}{2} < \operatorname{Max}(I(x))$.

将控制力 SPF 代入式(5)中的 g , 可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = & \operatorname{spf}(I(x)) |\nabla \varphi| \left[\lambda \log \frac{p_1}{p_2} + \right. \\ & \left. \mu \operatorname{div} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right) \right] + \tau \nabla (\operatorname{spf}(I(x))) \cdot \\ & \nabla I + |\nabla \varphi| (-\operatorname{sign}(\langle \nabla I, \nabla \varphi \rangle) \Delta I) + \end{aligned}$$

$$v(\Delta \varphi - \operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|})) \quad (7)$$

基于曲率项 $\operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|}) |\nabla \varphi|$ 的规则化水平集函数 φ 是距离函数, $|\nabla \varphi| = 1$, 规则化项可表达为

$$\operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|}) |\nabla \varphi| = \Delta \varphi \quad (8)$$

式(8)是基于曲率模式重新初始化的距离函数,等价于对水平集函数 φ 做拉普拉斯算子运算.根据文献[15],在拉普拉斯算子作用下的函数演化等价于对该函数初始条件的高斯核滤波.因此,可使用高斯核滤波代替基于曲率项的规则化模式,规则化强度由高斯核的标准方差大小决定.

基于高斯核滤波的水平集函数在规则化过程中,可以去除演化方程中的曲率项 $\operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|}) |\nabla \varphi|$ 和式(7)中的 $\nabla \operatorname{spf}(I(x)) \cdot \nabla I$.在使用基于区域信息构建驱动曲线演化的外力时,水平集函数可以获得更大的捕捉范围和防止边界泄漏的能力,其演化方程为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = & \operatorname{spf}(I(x)) |\nabla \varphi| (\lambda \log \frac{p_1}{p_2} + \\ & |\nabla \varphi| (-\operatorname{sign}(\langle \nabla I, \nabla \varphi \rangle) \Delta I) + \\ & v(\Delta \varphi - \operatorname{div}(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|})) \end{aligned} \quad (9)$$

改进的 GAC 算法步骤:

(1) 初始化水平集函数为内外区域符号不同的常数值函数:

$$\varphi(x, t = 0) = \begin{cases} -\rho, & x \in \Omega_0 - \partial \Omega_0 \\ 0, & x \in \partial \Omega_0 \\ \rho, & x \in \Omega_0 - \Omega_0 \end{cases} \quad (10)$$

(2) 计算曲线内外区域的灰度平均值.

(3) 根据式(9)驱动曲线演化.

(4) 如果 $\varphi > 0$ 就让 $\varphi = 1$, 否则就让 $\varphi = -1$ (该处理过程具有局部分割能力,如果需要选择性地分割指定目标,则执行该步,否则跳过).

(5) 使用高斯核滤波方式规则化水平集和: $\varphi = \varphi * G_\sigma$.

(6) 如果曲线没有收敛到目标处,则返回(2)继续执行.

5 实验结果与分析

为了验证算法的精确度和鲁棒性,以图 1(a)作为实验对象,分别用阈值分割算法、Snake 算法、GVF Snake 算法、GAC 算法及本文算法进行仿真

实验. 实验的计算机 CPU 为 Pentium E5700 3.0 GHz, 内存为 4 GB, 以 MATLAB 7.7 作为测试平台.

5.1 实验结果

实验结果如图 5 所示. 从图中可以看出, 阈值分割算法提取的舌体不完整, Snake 算法遇到舌体凹陷部位就不能很好提取, GVF Snake 算法容易将舌体的伪边缘误认为实际边缘, 对深度凹陷区域的分割效果不理想, GAC 算法对舌体边缘模糊区域分割效果不好, 本文算法对舌体凹陷区域及边缘模糊区域均能取得较好的提取效果.

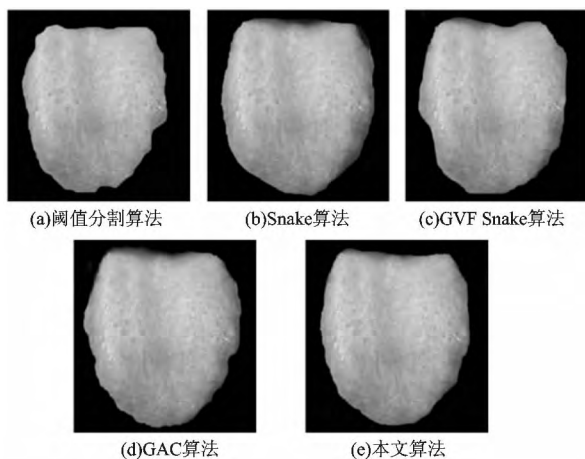


图 5 不同算法的分割结果

5.2 实验分析

为了对实验结果进行科学评价, 对不同算法的性能以定性方式给出, 得出如表 1 所示的评价结果. 等级按 $A^+ > A > A^- > B^+ > B > B^- > C$ 排列, 所用指标如下:

(1) 速度——算法达到预期效果或精度极限所需的运行时间.

(2) 精度——所得舌体边缘的连续性与精确性.

(3) 完整性——在不加人工控制精度情况下获得舌体的完整性.

(4) 综合性——按速度、精度、完整性所占比重依次升高来加权综合性能.

表 1 算法性能比较

算法	速度	精度	完整性	综合性能
阈值分割	A ⁺	C	B ⁻	B
Snake	B ⁺	B ⁻	B	B
GVF Snake	B ⁺	B ⁺	B	B ⁺
GAC	A ⁻	B ⁺	A ⁻	A ⁻
本文算法	B ⁺	A ⁺	A	A

从表 1 可以看出, 阈值分割算法的舌体提取速度较快, 其他方面的性能较差; Snake 算法和 GVF Snake 算法的综合性能一般; GAC 算法的分割速度和获得舌体的完整性都比较好, 但遇到模糊边缘时, 舌体提取效果一般; 本文算法对舌体的提取精度和获得舌体的完整性方面都较好, 但速度慢一些, 综合性能在五种算法中表现最好.

6 结束语

提出一种融合 HIS 色彩模型、阈值分割、舌体修正和改进 GAC 算法的舌体提取算法, 从理论和仿真实验的角度证明它在舌体提取精度、完整性及综合性能方面均优于上述四种算子. 舌体的准确提取为下一步对舌质、舌苔的自动分离和分类识别打下良好的基础.

参考文献:

- [1] 张志顺. 改进的小波变换在中医舌象边缘检测中的研究[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(35): 135-138.
- [2] 李国正, 史淼晶, 李福凤, 等. 舌体图像分割技术的实验分析与改进[J]. 山东大学学报: 工学版, 2010, 40(5): 87-95.
- [3] B Pang, D Zhang, K Wang. Tongue image analysis for appendicitis diagnosis[J]. Information Science, 2005, 175(3): 160-176.
- [4] Wenshu Li, Changle Zhou, Zhifeng Zhang. The segmentation of the body of tongue based on the improved snake algorithm in traditional chinese medicine[C] // Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. [s. l.]: IEEE, 2004: 5502-5505.
- [5] 杨大生, 陈彧晖, 邹丰美, 等. 一种有效的舌体自动化分割算法[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(2): 170-172.
- [6] Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes: active contour models[J]. International Journal of Computer Vision, 1988, 1(4): 321-331.
- [7] Xu C Y, Prince J L. Snakes, Shapes and gradient vector flow[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 1998, 3(7): 359-369.
- [8] Li B, Scott T A. Active contour external force using vector field convolution for image segmentation[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2007, 16(8): 2096-2106.
- [9] Cheng J, Foo S W. Dynamic directional gradient vector flow for snakes[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2006, 15(6): 1563-1571.

(下转第 124 页)

5 结束语

提出了一种跳数加权的 DV-HOP 算法,该算法根据相邻节点间的距离对节点间的跳数赋予不同的权值,修正未知节点与锚节点的平均每跳距离;位置估计阶段,通过引入优化选择锚节点的限制条件,选择处于未知节点三角形边缘的锚节点,参与最后的三边定位^[12].通过仿真实验结果可以看出,在不增加额外硬件成本的情况下,改进后的算法优于原算法,提高了定位精度.

参考文献:

- [1] 王新生,赵衍静,李海涛,等.基于 DV-Hop 定位算法的改进研究[J].计算机科学,2011,38(2):76-78,90.
- [2] 张婷婷.基于 WSN 混合定位算法的研究[D].上海:东华大学,2012.
- [3] Niculescu D, Nath B. DV based positioning in ad hoc networks[J]. Kluwer Journal of Telecommunication Systems, 2003(22):267-280.
- [4] Bulusu N, Heidemann J, Estrin D. GPS-less low cost outdoor localization for very small devices[J]. IEEE Personal Communications Magazine, 2000, 7(5):28-34.
- [5] Shang Y, Ruml W, Zhang Y, et al. Localization from mere connectivity[C]// Proceedins of the 4th AcM international Symposium on Mobile ad hoc networking & lomputing. New York, NY, USA; ACM, 2003: 201-212.

(上接第 119 页)

- [10] Wang T, Cheng I, Basu A. Fluid vector flow and applications in brain tumor segmentation[J]. IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 2009, 56(3):781-789.
- [11] Vicent C, Ron K, Guillermo S. Geodesic active contours [J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 22(1):61-79.
- [12] 胡斌,宫宁生.一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J].微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.
- [13] Bo Pang, Kuanquan Wang. On automated tongue image segmentation in chinese medicine[C] // ICPR[s. l.]: IEEE, 2002:616-619.
- [14] Zhang K, Zhang L, Song H, et al. Active contours with selective local or global segmentation[J]. Image and

- [6] He T, Huang C, Blum B M, et al. Range-free localization schemes for large scale sensor networks[C]// Proceedings of the 9th annual international Cnference on Mobile Computing and Networking. New York, NY, USA; ACM, 2003:81-95.
- [7] 周小波,乔钢柱,曾建潮.无线传感器网络中基于 RSSI 的加权 DV-HOP 定位方法[J].计算机工程与应用, 2011,47(14):109-111.
- [8] 谢涛.无线传感器网络中 DV-Hop 算法的改进[D].重庆:西南大学,2011
- [9] 曹生岭.于信号差异的自适应分布式室内定位算法的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008
- [10] 白波.无线传感器网络节点自身定位算法的研究[D].沈阳:东北大学,2008.
- [11] Pi Xing-yu, Yu Hong-yi. Localization performance analysis based on degree of collinearity for wireless sensor networks[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(7):1249-1252.
- [12] 夏心江,胡钢,王烨华.基于同心圆定位算法的改进算法研究[J].计算机科学,2012,39(6):68-71.

作者简介:

蔡丽萍 女,(1980-),硕士,高级工程师.研究方向为无线通信技术.

蒋晶晶 女,(1987-),硕士研究生.研究方向为无线通信技术. E-mail:guobao_2013@126.com.

洪利 男,(1969-),博士,教授.研究方向为无线通信与网络、电力线通信、物联网、智能仪器等.

Vision Computing, 2009, 45(3):56-65.

- [15] Shi Y, Karl W C. Real-time tracking using level sets [C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Sandiego, CA; IEEE, 2005:34-41.

作者简介:

张志顺 男,(1978-),硕士,讲师.研究方向为医学图像处理. E-mail:zzsxbd0835@163.com.

奚建清 男,(1962-),博士后,教授,博士生导师.研究方向为数据库与图像处理.

刘勇 男,(1973-),博士,副教授.研究方向为模式识别与图像处理.