

基于超光谱图像的舌体分割算法

李庆利¹, 薛永祺², 王建宇², 岳小强³

- (1. 华东师范大学 信息科学技术学院, 上海 200030;
2. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083;
3. 第二军医大学附属长海医院中医科, 上海 200433)

摘要:舌体分割是实现中医舌诊现代化的一个前提工作, 分割质量直接影响舌象诊断的性能。然而由于舌的生理特征比较复杂, 舌的形态以及舌与嘴唇的连接各不相同, 使得舌体分割比较困难。本文采用超光谱成像系统代替数码相机采集舌图像, 并借鉴光谱角度匹配算法, 发展了基于超光谱图像的舌体分割算法。这一算法通过光谱角度匹配算法将超光谱舌图像立方体转换成光谱角度立方体, 然后采用一维脉冲波形的边沿信息检测出边缘信息, 最后实现了舌体的分割。试验表明, 这种基于超光谱图像的舌体分割算法可以较为准确地将舌体分割出来。

关键词:中医; 舌体分割; 超光谱; 舌诊

中图分类号:TP79 **文献标识码:**A

AUTOMATED TONGUE SEGMENTATION ALGORITHM BASED ON HYPERSPECTRAL IMAGE

LI Qing-Li¹, XUE Yong-Qi², WANG Jian-Yu², YUE Xiao-Qiang³

- (1. School of Information Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China;
3. Department of Traditional Chinese Medicine, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract: The automated segmentation of the tongue body is a premise to establish an automatic diagnosis system according to the features of tongue in traditional Chinese medicine (TCM), whose qualities have great effect on the performance of tongue diagnosis. However, automated tongue segmentation is difficult due to the complexity of pathological tongue, variance of tongue shape and interference of the lips. Here a novel algorithm for automated tongue segmentation was presented based on hyperspectral tongue image data acquired from a hyperspectral imaging system. First, by finding the spectral angle (SA) between each pixel and every other pixel in the original data cube, a transformed data cube was constructed. Thus, each spectrum in the transformed SA cube contained information about spatial changes in the tongue scene. Then, each spectrum in the transformed SA cube was analyzed with a one-dimensional edge-detector. Finally, the whole contour of the tongue was extracted from the hyperspectral tongue image according to the edge detected. Experimental results demonstrate that the novel tongue segmentation algorithm can segment the tongue more accurately.

Key words: traditional Chinese medicine (TCM); automated tongue segmentation; hyperspectra; tongue diagnosis

引言

传统中医的舌诊是通过观察舌象的变化, 了解机体生理功能和病理变化的一种诊察方法, 是中医“四诊”的重要内容。现代图像处理技术已经广泛地应用于医学图像的分析之中, 这为医学诊断提供了有益的帮助。近年来, 舌诊客观化的研究受到普遍重视, 研究

者们已经运用图像处理和模式识别技术对舌体的自动分割、舌象诊断进行了初步的研究并发展了计算机辅助舌诊的实验性平台^[1]。但是这些诊断系统都存在一个共同的问题, 那就是对舌体的分割都没有取得十分满意的效果。

舌体分割是舌象识别诊断系统的前提工作, 分割的好坏直接关系到后续工作的成败。目前已经提出的

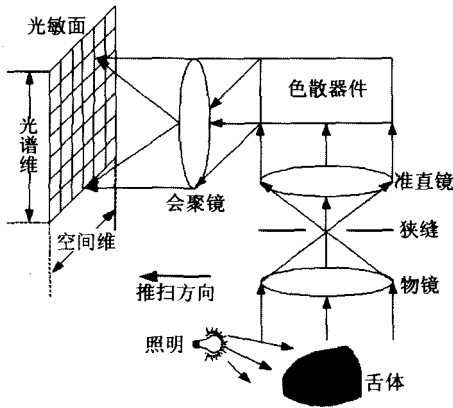


图1 推帚成像原理
Fig.1 Principle of pushbroom imaging

舌体分割方法很多,主要有阈值分割、区域生长法、分水岭算法、可变形模型法(Snake)^[1]、极性边缘检测法^[2]、双椭圆可变形轮廓法(BEDC)^[3]等。但是,这些算法都是基于灰度图像进行的分割,对图像的拍摄环境的要求较高。

本文介绍了一种超光谱舌图像采集系统和基于超光谱图像的舌体分割算法。这种算法使用光谱角度匹配(SAM)算法将超光谱图像立方体变换为光谱角度立方体,使用光谱角度立方体的“光谱”维进行边缘检测,将两维的边缘检测问题转换成了一维的边缘检测问题,使得算法相对简单而且分割效果较好。

1 超光谱舌图像采集系统

超光谱舌图像采集系统根据推帚式成像光谱仪的原理进行设计^[4],系统成像原理如图1所示。整个系统由分光计、面阵 CCD 相机、仪器平动装置、数据采集与控制模块等几部分组成。处于固定架上的采集目标被照明系统照明,瞬时视场内的样品条带首先成像于光谱仪的狭缝处,再经过光栅及棱镜分光组件后,在垂直样品条带方向按光谱色散,最后成像于 CCD 像面。CCD 像面空间维每一行光敏元上得到的是样品条带一个光谱波段的像,这样面阵 CCD 相机每帧图像便对应于一个样品条带的多光谱图像。

要获得整个观测目标的二维图像,还必须对另一维进行推扫。本超光谱舌象采集系统利用仪器的平动来实现对目标的推扫成像,因此该系统配备了仪器平动装置。为了获得准确的光谱图像,必须对仪器的运动速度进行精确的控制。本系统利用步进电机连接滚珠丝杠,将滚珠丝杠的移动横梁连接到仪器本身,来驱动其运动。仪器的推扫速度通过对步进电机的转速控制来实现,而步进电机的转速控制是通过单片机产

生方波脉冲信号来触发步进电机进行步进旋转。因此,单片机产生的方波脉冲信号频率最终决定了仪器的推扫速度。通过平动装置对舌体进行推扫,就得到整个舌体的二维图像及光谱数据,即图像立方体。图像中每一个象素点都有两个属性,一个是光谱属性;另一个是图像属性,为舌体分割提供了丰富的图谱信息。

2 超光谱舌体分割算法

2.1 光谱角度匹配(SAM)

光谱角度定义两地物光谱矢量之间的广义夹角余弦为相似函数,即为用得较为广泛的广义夹角匹配模型^[5]。将象元 N 个波段的光谱响应作为 N 维空间中的矢量,则可通过计算它与最终光谱单元之间的广义夹角来表征其匹配程度:夹角越小,说明越相似。两矢量广义夹角余弦为:

$$\cos\theta = \frac{X \cdot Y}{\|X\| \|Y\|}$$

其中最终光谱单元可从光谱库中得来,也可直接由图像中通过选择训练区抽取出来。夹角余弦反映了几何上的相似性,对于坐标系的旋转及放大缩小都是不变的。光谱角度匹配是一种基于相关/匹配滤波器的分类方法,充分利用了光谱维的信息,强调了光谱的形状特征,大大减少了特征信息,是目前超光谱图像分类中较常用的方法^[6]。

2.2 基于 SAM 的超光谱舌体分割算法

本研究使用超光谱成像系统采集舌图像后,借鉴光谱角度匹配可以反映图像几何上的相似性的特点,设计了基于 SAM 的舌体分割算法。由于在该算法中使用 SAM 的目的是为了检测边缘并进行舌体分割而不是分类,所以在此将超光谱舌图像上每两个象素点

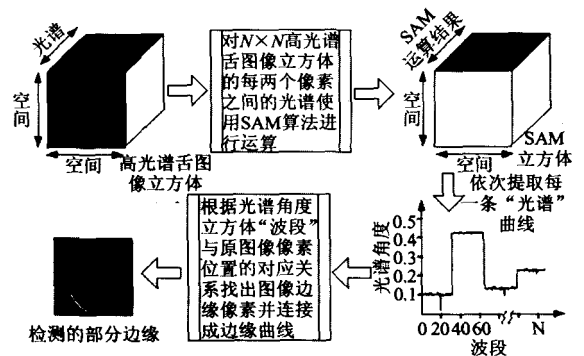


图2 核心分割算法
Fig.2 The core of the automated tongue segmentation algorithm

处的光谱进行角度匹配,将超光谱舌图像立方体转换成光谱角度立方体,然后根据光谱角度立方体进行边缘检测,其核心算法如图 2 所示.

经过变换得到的光谱角度立方体,其“波段 1”包含了对应于原超光谱舌图像立方体中像素点(1,1)处的光谱与所有其他像素点处光谱的光谱角度值;“波段 2”包含了对应于超光谱舌图像立方体中像素点(1,2)处的光谱与所有其他像素点处光谱的光谱角度值,以此类推;其“光谱”则包含了原图像中不同部分之间的变化信息,由于“光谱”是一条曲线,通过使用一维脉冲波形的边沿信息即可检测出这些变化信息.由于光谱角度立方体的“光谱”波段号对应于原图像立方体的像素点位置,当通过分析 SAM 立方体的“光谱”检测到边缘后,该边缘处对应的“波段号”即可转换到原图像立方体中像素点的位置信息,该像素即为检测出的边缘点.通过这种变换,将二维的边缘检测问题转换成了一维脉冲的边沿检测问题,只要根据需要设定一个合适的阈值,即可以将需要的边缘检测出来.

具体的分割算法流程如图 3 所示,首先读入超光谱舌图像,然后定义一个 $N \times N$ 的移动窗,对于每一个 $N \times N$ 的数据立方体计算其对应的光谱角度立方体,通过光谱角度立方体检测出 $N \times N$ 移动窗内的边缘信息并记录.移动 $N \times N$ 移动窗继续进行边缘检测,直至所有图像数据处理完成,即可以检测出完整的舌体轮廓.

3 试验结果

为了验证该舌体分割算法的有效性,分别使用极性边缘检测算法 (polar edge detection)^[2] 和 BEDC 算法^[3] 对第 22 波段(中心波长 492.5nm)图

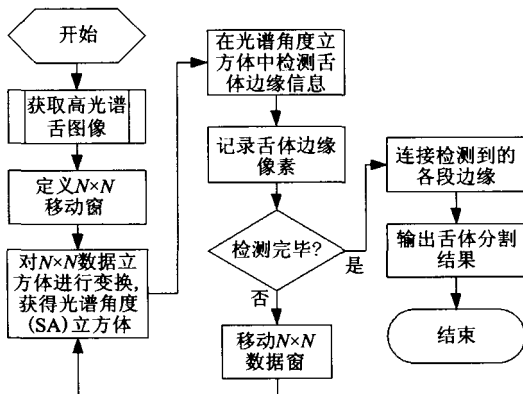


图 3 舌体分割流程
Fig. 3 Flowchart for automated tongue segmentation

像进行了舌体分割,并使用本文介绍的算法对相应的超光谱舌图像立方体进行舌体分割,部分分割结果如图 4 所示.共选取了 4 景舌图像,从形态上观察,第 1、2 景是较为典型的舌图像,第 3 景是包含有较多牙齿的舌图像,最后一景是舌态有变化的舌图像;从病理上分,第 1、4 景是正常人舌图像,第 2 景是胆囊炎疾病舌图像,第 3 景是高血压的舌图像.其中(a)(d)(g)(j)是采用极性边缘检测算法进行舌体分割结果,(b)(e)(h)(k)是采用 BEDC 算法进行舌体分割的结果,(c)(f)(i)(l)是采用本文算法获得的舌体分割结果.对比 3 种算法的分割结果可以看出,本文介绍的舌体分割算法能够更准确地将舌体分割出来,并且分割算法相对简单.

4 结论

将超光谱成像技术应用于舌图像采集后,获得的超光谱舌图像比数码相机采集的彩色图像具有丰富的图谱信息,只要采用适当的图像处理和模式

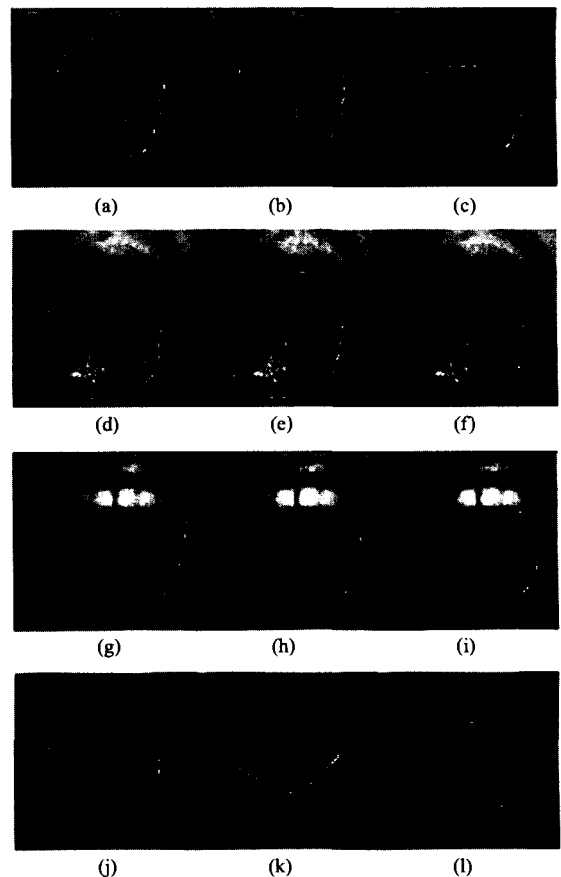


图 4 分割算法比较 Fig. 4 Comparison between the polar edge detection algorithm, BEDC and the new algorithm

识别算法,即可以获得较好的舌体分割结果.本文借鉴宏观遥感图像分析中光谱匹配的思想,采用SAM算法对超光谱舌图像进行变换,将两维的边缘检测问题转换为一维的边缘检测问题,充分利用了超光谱舌图像的图谱信息.对比试验表明,这种基于超光谱图像的舌体分割算法简单而且分割效果较好.

REFERENCES

- [1] LI Wen-Shu, ZHOU Chang-Le, SUN Zhi-Feng. 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*, 2004, 5501—5505.
- [2] ZUO Wang-meng, WANG Kuan-quan, David Zhang. Combination of polar edge detection and active contour model for automated tongue segmentation [C]. *Proceedings of the Third International Conference on Image and Graphics (ICIG'04)*, 2004, 1—4.
- [3] PANG Bo, David Zhang, WANG Kuan-quan. The bi-elliptical deformable contour and its application to automated tongue segmentation in Chinese medicine [J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2005, 24(8): 946—956.
- [4] LI Hong-Bo, SHU Rong, XUE Yong-Qi. Pushbroom hyperspectral imager and its potential application to oceanographic remote sensing [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (李红波, 舒嵘, 薛永祺. PHI超光谱成像系统及其海洋遥感应应用前景分析. *红外与毫米波学报*), 2002, 21(6): 429—433.
- [5] XUE Wei-Dong, YIN Qiu, KUANG Ding-Bo. Comparison of different spectral match models [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (许卫东, 尹球, 匡定波. 地物光谱匹配模型比较研究. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(4): 296—300.
- [6] GONG Cai-Lan, YIN Qiu, KUANG Ding-Bo, et al. Study on the spectral reflectivity models of different water quality parameters in huangpu river [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (巩彩兰, 尹球, 匡定波, 等. 黄浦江不同水质指标的光谱响应模型比较研究. *红外与毫米波学报*), 2006, 25(4): 282—286.

(上接72页)

畸变.另外,Cr掺杂导致四方 $A_1(2TO)$ 模式、 $E(3TO)$ 模式和 $A_1(3TO)$ 模式的散射强度增加,使三方 R_1 模式的散射强度降低,从而引起三方—四方相变.

3. Raman 散射对于 Cr 掺杂导致的相变和晶格畸变的分析得到 XRD 的验证,Raman 散射是研究掺杂诱导的两相共存压电陶瓷微观结构的一种有效工具.

REFERENCES

- [1] ZHANG Hongxue, Uusimäki A, Leppävuori S, et al. Phase transition revealed by Raman spectroscopy in screen-printed lead zirconate titanate thick films [J]. *J. Appl. Phys.*, 1994, 76(7): 4294—4230.
- [2] WAN You-Bao, YANG Pei-Zhi, WU Yu-Rong, et al. Effects of composition ionic concentration on the Raman spectra of ferroelectric potassium lithium niobate crystals [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (万尤宝, 杨培志, 吴宇容等. 组分离子浓度对铁电铌酸钾晶体 Raman 光谱的影响. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(5): 331—334.
- [3] El-Harrad I, Becker P, Carabatos-Nedelec C, et al. Raman investigation of undoped, niobium-doped, and lanthanum-doped lead zirconate-titanate ceramics [J]. *J. Appl. Phys.*, 1995, 78(9): 5581—5591.
- [4] Souza Filho A G, Lima K C V, Ayala A P, et al. Raman scattering study of the $PbZr_{1-x}Ti_xO_3$ system: rhombohedral-monoclinic-tetragonal phase transitions [J]. *Phys. Rev. B.*, 2002, 66(132107): 1—4.
- [5] Rouquette J, Haines J, Bormand V, et al. P-T phase diagram of $PbZr_{0.52}Ti_{0.48}O_3$ (PZT) [J]. *Solid State Sci.*, 2003, 5: 451—457.
- [6] LI Jian-Kang, YAO Xi. Preparation, structure and characteristics on compositionally graded $Pb(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$ films [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (李建康, 姚熹. $Pb(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$ 成分梯度铁电薄膜的制备、结构及电性能表征. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(4): 250—254.
- [7] LIU Ping, Xu Wen-Lan, LU Wei. Investigation of optical phonons for $PbZr_xTi_{1-x}O_3$ with the virtual crystal approximation [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (刘平, 徐文兰, 陆卫. 锆钛酸铅光学声子的虚晶近似研究. *红外与毫米波学报*), 2002, 21(4): 241—244.