

文章编号:1001-9014(2006)06-0465-04

高光谱成像系统在中医舌诊中的应用研究

李庆利^{1,2}, 薛永祺², 王建宇², 岳小强³

- (1. 上海交通大学 电子信息与电气工程学院, 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:舌诊是传统中医诊病的重要方法,然而传统舌诊中存在一个很大的问题是具有主观性,难于进行量化描述.随着计算机技术的发展,图像处理和模式识别技术正在用于舌诊的辅助诊断.目前舌图像的采集方法基本都是使用数码相机,所提供的舌图像包含的病理信息有限,使得分析算法非常复杂且效果不甚理想.针对这种情况,提出使用高光谱成像系统代替数码相机进行舌图像的采集.由于高光谱舌图像具有丰富的图谱信息,初步试验表明了这一方法的有效性,为中医舌诊提供了一种新方法.

关键词:高光谱成像系统;舌像;舌诊;传统中医
中图分类号:TP79 **文献标识码:**A

APPLICATION OF HYPERSPECTRAL IMAGING SYSTEM IN TONGUE ANALYSIS OF TRADITIONAL CHINESE MEDICINE

LI Qing-Li^{1,2}, XUE Yong-Qi², WANG Jian-Yu², YUE Xiao-Qiang³

- (1. Dept. of Automation, Shanghai JiaoTong Univ., Shanghai 200030, China;
2. Shanghai 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: Tongue diagnosis is an important diagnostic method in traditional Chinese medicine (TCM). However, one important problem in tongue diagnosis is that its practice is subjective, qualitative and difficult in automated diagnosis. Recently it is a trend to utilize the image processing and pattern recognition technology in aid of the quantitative analysis of tongue image. As the tongue image is often acquired by a commercial digital camera, the pathological information that the image can provide is very limited. In this study, a hyperspectral imaging system, instead of a digital camera was used to acquire the image of the patient's tongue. Experimental results demonstrate that the hyperspectral tongue image acquired by the hyperspectral imaging system has more pathological information of the tongue. It is a new approach for tongue inspection of TCM.

Key words: hyperspectral imaging system; tongue image; tongue diagnosis; traditional Chinese medicine

引言

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断方法,为历代中医所重视,是辩证论治的主要依据^[1].传统的舌诊依赖于医生定性观察,具有主观性,重复性也差,给舌诊的进一步发展带来严重的困难.

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.近十余年来,舌诊客观化的研究受到普遍重视,已有的工作已经证明图像分析技术用于舌诊客观化的可行性.但是这些方法都是围绕数码相机或者其他设备拍摄的RGB舌图像进行分析,由于图像信息有限,再加上外界光源的变化、设备的随机噪声等影响因

收稿日期:2005-12-21,修回日期:2006-04-29

Received date: 2005-12-21, revised date: 2006-04-29

基金项目:国家863高技术计划(2001AA131090)资助项目

作者简介:李庆利(1977-),男,山东平邑人,博士研究生,主要研究方向为高光谱成像技术在生物医学上的应用.

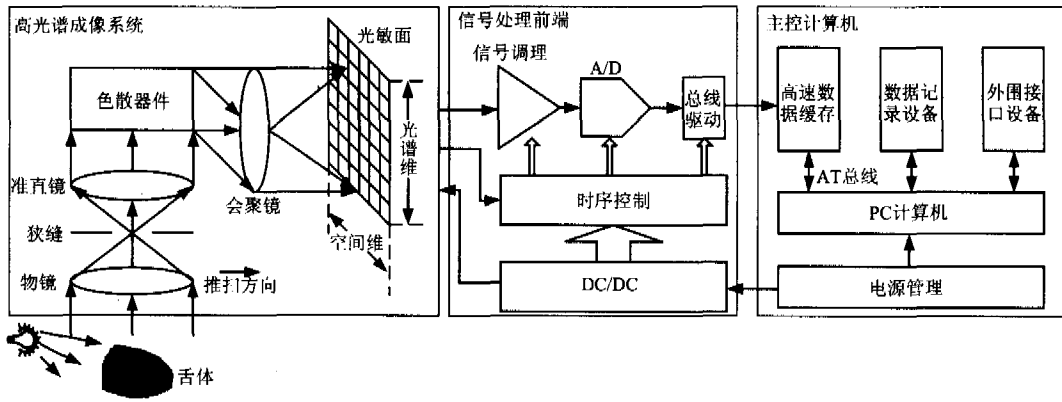


图1 高光谱舌象采集系统
Fig.1 Schematic diagram of hyperspectral imaging system

素,使得舌图像分析算法非常复杂,而且效果并不是很理想,制约了舌诊现代化的进一步发展。

针对中医舌诊现代化中存在的问题,本研究使用高光谱成像技术代替数码相机进行舌图像的采集.通过试验初步获得了部分高光谱舌图像,并从图、谱结合的角度分析高光谱舌图像在中医舌诊中的应用,为中医舌诊的客观化提供了一种新的途径。

1 高光谱舌象采集系统

本研究中采集舌象使用的高光谱成像仪根据推帚式成像光谱仪的原理进行设计^[2],系统原理图如图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柯勒照明系统照明,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 光敏面平行于狭缝的一维称为空间维,垂直于狭缝的一维称为光谱维,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帚.用于航空遥感的推帚式成像光谱仪是借助飞机的向前运动来完成推帚的.本高光谱舌象采集系统是利用仪器的平动来实现对目标的推帚成像,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.仪器的推帚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.通过平动装置对样品进行推扫,就得到整个样品的二维图像及光谱数据,即图像立方体(如图2).图像中每一个像素点都有两个属性,一个是光谱属性;另一个是亮度属性.系统的光谱范围 400 ~ 800 nm,有效象元数 652 × 488,共 120 个波段,光谱分辨率优于 5nm,完全满足舌图像采集的要求。

2 高光谱舌象在舌诊中的应用

2.1 高光谱舌象采集方法

为了验证系统的有效性,根据高光谱成像系统需要推帚的特点,结合现有的舌图像采集方法,设计了如下的高光谱舌图像采集方法。

(1) 舌象检查的时间固定在清晨 6:30 ~ 7:50h 进行,嘱接受检查的患者在拍摄前 2h 内不进食,不吸烟,不刷牙和漱口,不饮用有刺激性或有颜色的药水及饮料(可以饮少量清水),以免影响检查结果。

(2) 调节头部固定架与成像系统镜头的位置,去除由于距离变化对成像的影响。

(3) 对病人伸舌姿势进行统一训练和示范,让病人坐在检查椅上,调节操作台高度,使病人下颌舒

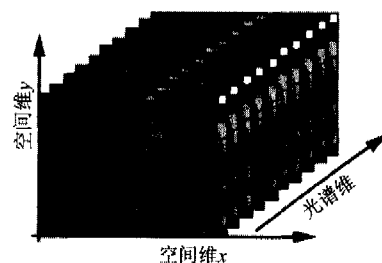


图2 高光谱舌图像立方体
Fig.2 Hyperspectral tongue imagery data cube

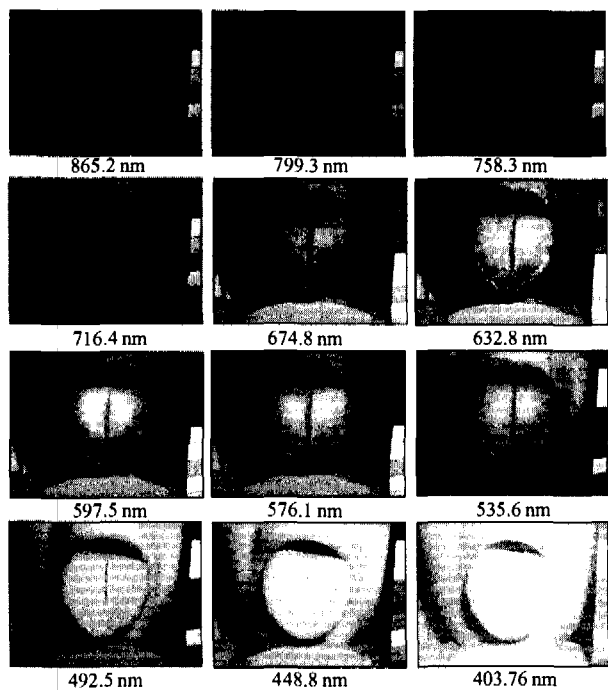


图3 | 不同波段的舌图像

Fig. 3 Images of tongue collected at various wavelengths using the hyperspectral imaging system

适地放于头部固定架的下颌托板上,前额依靠横梁,双手自然下垂或前伸曲肘放在固定架两侧。

(4) 嘱病人吸干舌面水分,张口,自然伸舌,舌尖下垂,充分暴露舌面,利用本系统采集舌面高光谱图像。

(5) 采集过程中肉眼观察病人舌质、舌苔、舌形、舌态、津液及舌下脉等情况并进行记录。

采用以上舌图像采集方法采集高光谱舌图像并存储,根据采集过程中肉眼观察结果进行分类整理,以备试验分析使用。

2.2 高光谱舌图像

按照中医学舌诊的理论,人的不同脏器的健康状况很大程度上可以通过舌质和舌苔来判断。由于采用了高光谱成像系统,使得描述舌象的信息非常丰富,使用本系统获得的其中一景 403.7~865.2nm 光谱范围的高光谱舌图像如图 3 所示。从图中可以看出,在不同波段舌体不同区域都有着不同的表征,只要结合一定的图像处理算法,即可以方便地进行舌体区域分割、舌质舌苔分析、舌裂纹提取等操作。

2.3 舌体分割

尽管在拍摄过程中可以通过调节硬件的状态以获得最大的舌体原始图像,但由于每个被检测人的情况不同,因此非舌体的部分如脸颊、唇和牙齿仍然

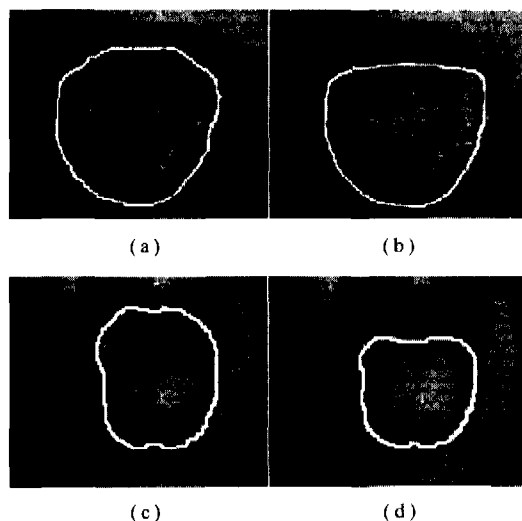


图4 | 舌体分割

Fig. 4 Tongue segmentation

会存在。原始图像中的非舌部分对舌体和舌苔的颜色鉴定以及舌苔的纹理特性有影响,从原始图像中检测与分离出舌图像是很有必要的,因此在进行舌体与舌苔鉴定以前先要将非舌体的部分分离出去。目前已有的分割方法大多数是基于颜色和纹理进行分割^[1,3-7],但是由于嘴唇、脸颊等部位与舌体的颜色相近,分割效果不是很理想,而且算法相对复杂。

在使用高光谱舌图像采集系统后,得到的舌图像包含了丰富的光谱信息,可以采用一种综合光谱特征—图像特征的边缘信息提取方法来进行舌体分割。该方法在进行空间特征分析之前,先进行光谱分解,从而产生一系列的二值图像,步骤如下:

- (1) 产生一系列在给定灰度水平分割的二值图像;
- (2) 使用象元替换方法处理每个二值图像;
- (3) 处理可能的腐蚀或膨胀效果,提取边缘信息并存储结果;
- (4) 对于图像的下一个灰度级别,重复(2)、(3)步骤;
- (5) 合成每个灰度级别的边缘信息,得到最终分割结果。

使用 Snake 方法对第 22 波段图像进行舌体分割的结果如图 4(a) 和(c) 所示,使用本文介绍的方法进行舌体分割的结果如图 4(b) 和(d) 所示。通过比较发现,采用图谱结合的边缘信息提取的效果明显好于传统的边缘检测结果。

2.4 假彩色合成

由于高光谱舌图像具有 120 波段,为了突出舌

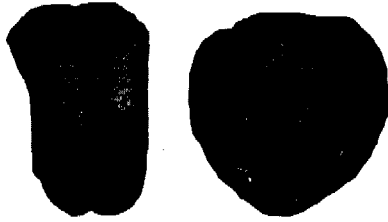


图5 假彩色合成图像

Fig. 5 The pseudocolor tongue images

体某些特征,可以进行假彩色合成.根据各部分光谱特征不同,选择第22波段(中心波长492.5nm),第110波段(中心波长799.3nm)和第77波段(中心波长674.8nm)3个波段合成的舌体假彩色图像如图5所示.从图中可以看出,舌体的不同部分经过假彩色合成后明显得到了增强,为中医舌诊提供了方便.

2.5 光谱曲线

使用高光谱成像系统采集舌图像,不仅可以获得舌的单波段图像信息,而且也可以获得图像上每一点的光谱曲线.图6列出了正常舌质、舌苔和胆囊炎病人舌质、舌苔的典型光谱曲线,其中图6(a)正常舌质的光谱;(b)为正常舌苔的光谱;(c)为胆囊炎舌质光谱;(d)为胆囊炎舌质光谱.通过对比这些光谱曲线可以看出,正常舌与胆囊炎疾病舌的舌质舌苔在400~800nm范围的光谱存在较大的差异.如果通过试验建立各种疾病的舌质舌苔典型光谱库,则可以根据其光谱特征进行疾病的辅助诊断.

3 结语

本文介绍了一种基于推帚式的高光谱成像系统,并对该系统在中医舌诊中的应用进行了初步的探讨.使用该系统采集了部分高光谱舌图像,采用图谱结合的算法进行了舌体分割,同时进行了舌图像假彩色合成.初步试验表明,相对于采用数码相机采集的舌图像,高光谱舌图像采集系统提供了更加丰富的舌图像信息,为舌体区域分割、舌质与舌苔特征提取、舌裂纹提取等舌图像分析提供了一种新的方法,是中医舌诊的一种新途径.在后续研究工作中,我们将采用高光谱图像分析技术从图谱结合的角度进行舌质舌苔特征提取、舌纹分析等,并通过这些分析,结合大量的病例,建立舌象、病症与光谱之间的物理机理联系,最后建成高光谱舌象辅助诊断系统.

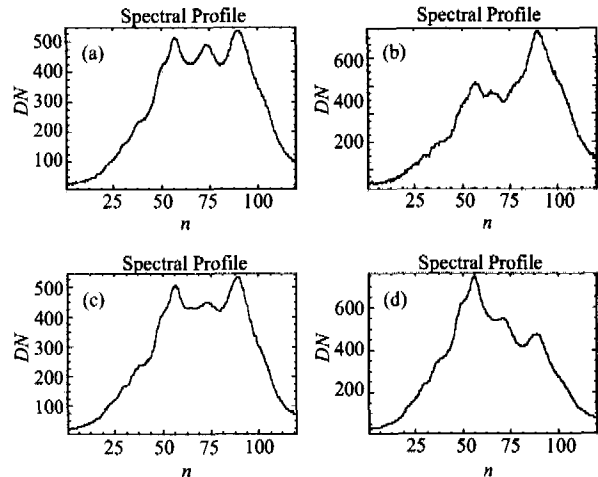


图6 舌体光谱曲线

Fig. 6 Spectrum of tongue

REFERENCES

- [1] YANG Cai. A novel imaging system for tongue inspection [C]. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2002, 159—163.
- [2] 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用前景分析. *红外与毫米波学报*), 2002, 21(6): 429—432.
- [3] LI Qi-Qing, MA Jian-Wen, Hasibagan, et al. Edge extraction method based on features of remote sensing data and pixel swapping [J]. *Computer Applications* (李启青, 马建文, 哈斯巴干, 等. 基于遥感数据光谱和空间特征的边缘提取方法. *计算机应用*), 2003, 23(9): 53—57.
- [4] DU Feng, SHI Wen-Kang, DENG Yong, et al. Fast infrared image segmentation method [J]. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (杜峰, 施文康, 邓勇, 等. 一种快速红外图像分割方法. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(5): 370—373.
- [5] ZHANG Lin, DU Hong-Ya, LIU Yun-Cai. Rotation invariant texture classification of remote sense image [J]. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (张林, 虞红娅, 刘允才. 方向无关遥感影像的纹理分类算法. *红外与毫米波学报*), 2004, 23(3): 189—192.
- [6] ZHANG Bing, CHEN Zheng-Chao, ZHENG Lan-Fen, et al. Object detection based on feature extraction from hyperspectral imagery and convex cone projection transform [J]. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (张兵, 陈正超, 郑兰芬, 等. 基于高光谱图像特征提取与凸面几何体投影变换的目标探测. *红外与毫米波学报*), 2004, 23(6): 441—445.
- [7] YAN Cheng-Xin, SANG Nong, ZHANG Tian-Xu, et al. Image transition region extraction and segmentation based on local complexity [J]. *Journal of Infrared and Millimeter Waves* (闫成新, 桑农, 张天序, 等. 基于局部复杂度的图像过渡区提取与分割. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(4): 312—316.