

基于舌象色谱比较分析的舌诊方法

尚文文¹, 王亚伟², 薛双双², 彭光威², 韩豪¹, 徐媛媛^{2*}

¹江苏大学机械工程学院, 江苏 镇江 212013;

²江苏大学理学院, 江苏 镇江 212013

摘要 传统的舌诊信息主要由临床主观判断获取, 缺乏客观、定量的度量手段, 而且被诊人员自我状态的复杂性也会影响诊断结果的准确性。对此, 提出一种基于自我舌象色谱比较分析的诊断方法。利用图像处理技术对健康舌象的正片与病变舌象的彩色负片进行叠加, 选取舌象的信息敏感区域, 同时采集数据, 借助 RGB 和 CIE Lab 色彩模型之间的转换关系, 得到离散的色谱分布特征, 并结合定量参数范围进行健康状态的诊断。仿真与实验分析验证了该方法的可行性和正确性。该方法能够有效地改善舌象诊断效果, 有利于推动中医舌诊技术的进一步发展。

关键词 医用光学; 比较研究; 色谱分析; 合成片; 诊断方法

中图分类号 O432

文献标志码 A

doi: 10.3788/LOP57.031701

Tongue Diagnosis Method Based on Comparative Analysis of Tongue Image Chromatography

Shang Wenwen¹, Wang Yawei², Xue Shuangshuang², Peng Guangwei²,
Han Hao¹, Xu Yuanyuan^{2*}

¹School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China;

²Faculty of Science, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China

Abstract Traditional tongue diagnosis information is mainly obtained by clinical subjective judgment, lacking objective and quantitative measures. Moreover, complexity of the patient self-state also affects accuracy of the diagnostic results. In this regard, a diagnostic method under the comparative analysis of self-tongue image chromatography is proposed. That is, use image processing techniques to overlay positive films of healthy tongue images and colored negative films of unhealthy tongue images, select the information sensitive area of the tongue images, collect the data, use the conversion relationship between RGB and CIE Lab color model, obtain the discrete chromatography distribution characteristics, and combine the quantitative parameter range to diagnose the health state. Through simulation and experimental analysis, the feasibility and correctness of the method are verified. The method proposed can effectively improve the tongue image diagnosis effect and is useful for the further development of tongue diagnosis in traditional Chinese medicine.

Key words medical optics; comparative study; chromatographic analysis; synthetic films; diagnostic methods

OCIS codes 170.1420; 170.1610; 100.2000; 100.2960

1 引言

进入新世纪以来, 人们对健康越来越重视。舌诊是通过观察舌象特征来了解人体病理状况, 进行健康状态诊断。作为中医望诊的主要内容, 舌诊凭借其诸多优势在中医辨证论治中发挥着极其重要的

作用^[1]。其中舌色作为主要特征, 具有重要的研究价值。长期以来, 舌诊方法主要依赖于医生直观的定性观察, 存在主观依赖性强和可重复性差等不利因素^[2]。

近年来, 随着信息技术的迅速发展及人们对健康的高度重视, 舌诊技术的研究内涵越来越丰

收稿日期: 2019-06-17; 修回日期: 2019-07-17; 录用日期: 2019-08-05

基金项目: 国家自然科学基金(11604127, 11874184)

* E-mail: yuanyuanxulark@126.com

富,获得大量国内外学者的密切关注。他们提出了一系列方法,主要是借助颜色空间与色度学理论,并结合计算机图像分析技术对舌色展开研究^[3]。例如:许家佗等^[4]采用 RGB 和 HIS 颜色空间进行舌色分析,但得到的结果不能真正反映视觉上的舌色变化情况;张衡翔等^[5]通过 HSV 和 XYZ 颜色空间之间的转化,提出了一种同时包含位置和颜色信息的舌象特征表征方法;杨新宇等^[6-7]借助 CIE Lab 和 CIE LCH 颜色空间对各类舌色的数据及分布特征进行探讨;Li 等^[8]在不同色度空间中使用不同的聚类尺度对舌象进行颜色匹配,为舌色研究提供了有效方法;王爱民等^[9]借助学习矢量量化神经网络分类器,李晓宇等^[10]借助支撑向量机技术均实现了对舌色的自动分类。由于舌色与人们的健康状态及个人体质密切相关,所以舌色识别的精确性仍存在的问题。21 世纪初,光谱技术的发展对还原舌色信息具有重要意义,为中医舌诊现代研究提供了新的思路^[11]。孔猛等^[12]使用可见光反射光谱系统来获取舌尖颜色数据的色度坐标参数和色度分布图,证明了舌尖颜色数据在重复性和再现性方面的可行性。赵静等^[13]通过计算舌象反射光谱的反射率和归一化反射率增强样本之间的差异性,从而反映人体的生理和病理状况。另外,高光谱成像技术作为一种新型的、非接触式的光学诊断技术,将成像技术和光谱技术相结合来获取多维信息,在生物医学中得到了广泛的应用^[14]。为了获取更丰富的舌象图谱信息,Li 等^[15]采用高光谱成像系统代替数码相机进行舌象采集,准确率有所提高。Yamamoto 等^[16]开发了一种对舌色谱进行区域图像分析的高光谱成像系统,并提出了一种算法来量化舌象的色谱,适用于舌色分析。付立婷等^[17]依据新型高光谱图像实现了快速实时的目标检测与分类。

除此以外,还有一些其他技术方法用于舌色分析。比如:鲜岗等^[18]采用孟塞尔颜色系统对舌色进行标定,以达到舌色的标准化,并设计了舌色标定系统软件;郭松等^[19]利用视觉心理物理学的相关方法对中医舌色进行分析;刘师师^[20]基于稀疏表示和粒子滤波的思想提出了一种词典优化算法,通过粒子的相似度来确定舌象的颜色分类;覃海松^[21]利用彩色舌图像 R 通道的直方图巴氏距离和最小距离分类器实现对正常舌与异常舌的自动分类。

虽然上述研究成果丰富并推动了舌诊技术的发

展,但是不同人群在不同状态下的舌象变化存在着一定的复杂性,使舌色定量化判断尚无统一的标准技术,而舌象分析需要高维参数的支撑。因此,本文提出了一种基于光色谱分析的自我舌象定量比较判读方法,该方法能够有效区分舌色,鲁棒性强。通过对舌象合成片的分析,可得到各类舌色对应的参数量化范围和色谱表达式,定量表征舌象特征与人体病理状况之间的联系,有效提升舌象分类判断的准确性,促进中医现代化进程。

2 理论基础

2.1 舌象基础

舌由肌肉、血脉和经络所构成,三者均与脏腑有着密切联系。如舌尖属心肺,舌中属脾胃,舌边属肝胆,舌根属肾。舌色,一般有淡红(健康舌象)、淡白、红、绛、青和紫(颜色病变舌象)。为了便于研究舌象各部位的特征,将舌象均匀地分成舌尖(A)、舌中(BCD)、舌边(EFG)和舌根(H)五个区域,如图 1 所示。临床上舌诊顺序一般是舌尖—舌中—舌边—舌根。

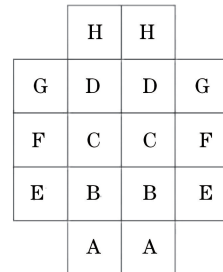


图 1 舌象分割图

Fig. 1 Tongue image segmentation

2.2 舌象色谱与健康的关系

舌色与健康之间有密切联系,通过辨别舌色可及时发现人体已经发生或即将发生的病症,对预防与治疗有着重要作用。中医学认为:淡红舌,舌色淡红润泽,气血调和;淡白舌,气血不足所致;红绛舌,气血上壅所致;青紫舌,气血瘀滞所致。人类体质分为平和质、气虚质、阳虚质、阴虚质、痰湿质、湿热质、血瘀质、气郁质和特禀质,其中平和质组与三种偏颇体质组(痰湿质、湿热质、阴虚质)的色度值之间存在差异性^[22]。舌色与体质之间的关系见表 1,色度值的国际标准单位是度。其中, \bar{x} 和 s 分别为舌象色度值的平均值和允许的误差范围; L^* 为最终的 CIE Lab 色彩空间的光亮度通道色度值; a^* 、 b^* 为最终的 CIE Lab 色彩空间的色度通道色度值。

表1 舌色色度值与体质的关系

Table 1 Relationship between tongue chroma value and physique

Physique	Chroma value	Light red ($\bar{x} \pm s$)	Light white ($\bar{x} \pm s$)	Red/twilight ($\bar{x} \pm s$)	Cyan-blue/purple ($\bar{x} \pm s$)
Peace quality	L^*	55.91±1.46	64.02±4.26	49.13±2.07	42.67±5.46
	a^*	37.39±2.66	29.54±2.37	45.60±1.70	31.07±2.77
	b^*	18.93±2.45	14.06±2.06	21.51±2.05	8.56±2.26
Sputum wet quality	L^*	57.55±1.97	59.99±1.77	48.55±2.47	44.62±2.58
	a^*	36.47±2.01	27.61±2.79	44.00±2.99	29.92±3.37
	b^*	17.51±3.11	10.92±1.70	20.76±2.53	6.87±3.61
Wet heat quality	L^*	56.87±1.79	60.35±2.06	48.64±5.29	46.37±5.96
	a^*	35.90±2.35	25.20±3.83	42.85±3.85	30.21±2.63
	b^*	18.94±2.20	10.76±2.52	20.58±2.43	6.19±1.87
Yin deficiency quality	L^*	56.01±1.36	61.51±2.16	49.75±2.89	46.16±3.48
	a^*	39.02±2.90	28.00±4.05	45.48±2.50	30.16±1.08
	b^*	18.44±2.11	12.28±2.23	21.98±2.18	7.39±1.48

2.3 颜色空间的图像处理方法

色彩是光刺激眼睛所引起的视觉效应。舌色需要借助颜色空间进行提取和分析,一般选用 RGB 和 CIE Lab 色谱来描述舌象的色度学特征。

RGB 颜色空间是基于颜色发光原理,由红、绿、蓝三个颜色通道组成的模型,可看作三维笛卡儿坐标系中的一个单位正方体。RGB 色彩模型几乎包括了人类视力所能感知的所有颜色,是目前运用最广的颜色系统之一。根据三基色原理,用基色光单位来表示光的量,则在 RGB 色彩空间,任意色光 F 都可以用 R、G、B 三色不同分量的相加混合而成即

$$F = r[R] + g[G] + b[B], \quad (1)$$

式中: r 、 g 、 b 为基色光单位,用来表示任意光 F ; R 、 G 、 B 为像素的三个颜色通道分量。

CIE Lab 颜色空间是基于人眼对颜色的视觉感觉而设计的,由 a^* 、 b^* 和 L^* 三个要素组成。其中 L^* 的值域为 $[0, 100]$, 表示从纯黑到纯白的范围; a^* 、 b^* 的值域均为 $[-128, +127]$, 分别表示从洋红色到绿色、黄色到蓝色的范围。所有颜色均可由这三个值交互变化组成。Lab 模型色域宽阔,包含了 RGB 和 CMYK 的所有色域,还弥补了 RGB 模型色彩分布不均的不足。由于其对颜色的描述更接近中医舌色诊断的实际过程,所以对舌色特征的分析均是基于 CIE Lab 均匀色彩模型进行的。

RGB 与 CIE Lab 模型之间的转换需要借助 XYZ 颜色空间,即

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\begin{cases} L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \\ a^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right] \\ b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \end{cases}, \quad (3)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & t > 0.008856 \\ 7.7870t + 0.1379, & t < 0.008856 \end{cases}, \quad (4)$$

式中: n 为各通道中第 n 个像素点; R 、 G 、 B 的取值范围均为 $[0, 255]$; t 值由 X 、 Y 、 Z 三个通道的值决定^[23]; X_n 、 Y_n 和 Z_n 一般默认为 95.047, 100 和 108.883。通过(2)~(4)式将原始数据从 RGB 颜色空间先转换到 XYZ 颜色空间,再转换到 Lab 颜色空间。

3 基于自我舌象比较分析的判断方法

由于舌色变化复杂,传统的舌象色谱分析会影响诊断的准确性,因此提出基于自我舌象比较分析的色谱判读方法。该方法是将人们健康状态下的舌象正片与各自发生病变时的舌象负片叠加,进行舌体各部位的色谱分析,达到分类的目的。

正片是用来印制照片、幻灯片等感光胶片的总称,其影像的明暗与被摄物体相同。负片是经曝光和显影加工后得到的影像,其影像的明暗与被摄物体相反。彩色负片的颜色与实际物体的颜色是互补的,黑白负片的颜色与实际物体的颜色是相反的。

利用 MATLAB 读取一舌象图,对图像中的每一个像素进行取反,将处理后的像素值重新读入数组,组成新的图像,即完成正负片的转换。设舌象正

片的图像函数是 $f(x, y)$, 其中 $x, y \in (0, 255)$ 。则该舌象负片的图像函数 $g(x, y)$ 表示为

$$g(x, y) = 255 - f(x, y). \quad (5)$$

完成正负片转换后, 分别读取两张大小相同的正负片, 使其对应坐标的像素两两相加, 将处理后的像素值重新读入数组, 组成新的图像, 即完成正负片的叠加。在健康状态下采集舌象 P_1 , 待该舌象发生颜色病变时, 在相同条件下采集同样大小的舌象 P_2 , 并将其转换成负片 N_2 。设函数 $f(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 分别表示大小为 $M \times N$ 的舌象正片 P_1 和负片 N_2 , 则舌象正负片叠加后的图像函数 $h(x, y)$ 表示为

$$h(x, y) = f(x, y) + g(x, y). \quad (6)$$

当正负片叠加后的像素值大于 255 时, 合成片显示为白色。因为未发生颜色变化的舌象部位在正负片叠加后也显示为白色, 为避免出现混淆的情况, 统一将正负片的像素值取半后再进行叠加, 防止像素溢出, 达到图像增强的效果。此时, 舌象正负片叠加后的图像函数 $h(x, y)$ 可转换为

$$h(x, y) = f(x, y) \times 50\% + g(x, y) \times 50\%. \quad (7)$$

对于舌象负片 N_2 , 其未发生颜色变化的部位和正片 P_1 叠加后, 合成片显示为灰色 ($R=G=B$); 其

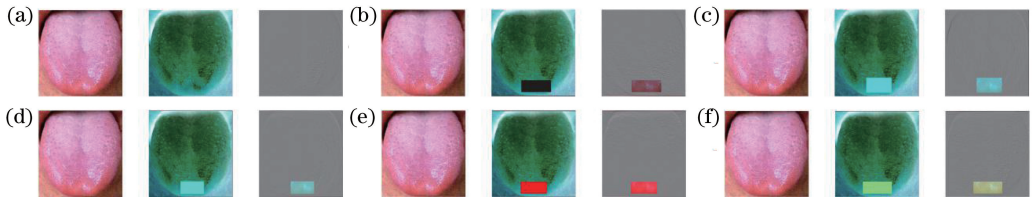


图 2 舌象正负片叠加仿真图。(a)淡红;(b)淡白;(c)红;(d)绛;(e)青;(f)紫

Fig. 2 Simulation diagrams of the superposition of tongue image positive and negative films. (a) Light red; (b) light white; (c) red; (d) twilight; (e) cyan-blue; (f) purple

按照上述方法依次完成舌尖、舌中、左右舌边和舌根的模拟叠加, 分别提取淡红、淡白、红、绛、青、紫色合成片对应敏感区域的 RGB 数值, 并利用(2)~(4)式将数据转换到 Lab 颜色空间, 得到对应的 L^* 、 a^* 、 b^* 参数值。具体参数范围如表 2 所示(取整)。

表 2 合成片的仿真参数范围

Table 2 Simulation parameter range of synthetic films

Tongue color	L^*	a^*	b^*
Light red	[50, 58]	[-2, 2]	[-1, 1]
Light white	[33, 44]	[14, 28]	[-9, 14]
Red	[68, 72]	[-26, -20]	[-21, -5]
Twilight	[69, 75]	[-25, -18]	[-16, -4]
Cyan-blue	[52, 60]	[61, 72]	[21, 50]
Purple	[73, 82]	[-19, -6]	[16, 34]

发生颜色变化的部位和正片 P_1 叠加后, 合成片显示为不均匀的色彩。由此可根据不同的合成片颜色在离散空间的色谱分布特征, 实现舌色的分类识别。

一般的医学图像处理过程大致分为图像预处理、图像分割、特征提取、特征选择、训练分类器及对测试集进行测试^[24]。本文基于图像处理技术先对舌象正负片进行转换和叠加, 再以舌象合成片为研究对象, 以 Lab 模型为平台, 通过仿真和实验对各类舌色进行定量分析和比较, 最后根据参数的量化范围、空间分布特征及曲线表达式实现对舌色的分类和比较。

4 仿真与实验验证

4.1 仿真实验

选取一健康舌象正片, 对其信息敏感区域取样, 将取样区域分别填充为淡白色(240, 240, 240)、红色(255, 0, 0)、绛色(160, 20, 50)、青色(0, 255, 255)和紫色(128, 0, 128), 模拟相应的舌色变化。运用正负片转换和叠加的计算方法, 先将颜色变化的舌象正片转换成负片, 再与健康状态下的淡红舌正片进行叠加。图 2 以舌尖为例, 分别模拟淡红舌正片与淡红舌、淡白舌、红舌、绛舌、青舌和紫舌负片两两叠加, 形成合成片。

为了更直观地描述舌色分布情况及各舌色之间的差异性, 根据表 2 中的数据绘制 L^* 、 a^* 、 b^* 三个通道色度值的柱形图, 如图 3 所示。从图 3 可以发现, 舌色参数的取值范围都较小, 且各舌色之间三个色度值均有较大差异, 几乎不存在相互重叠的部分, 对分辨颜色有极大的帮助。特别是在 L^* 通道和 a^* 通道中这一特点比较明显, 也说明了 Lab 模型适用于区分舌色。

4.2 实验验证

基于 4.1 节对舌色的仿真研究, 选取 55 例临床上典型的数字舌图进行实验探究。舌象来源主要是江苏大学医学院实验室及《零基础学舌诊》^[25]。其中涉及的主要病种有慢性胃火、慢性支气管炎、月经不调(痛经)、肺部感染、冠心病、肺心病、慢性肝病、

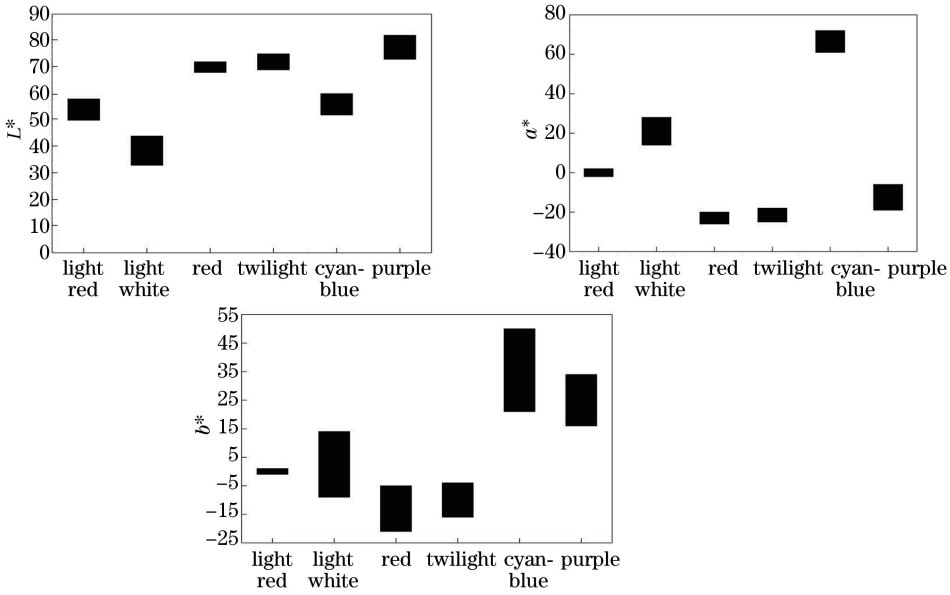


图3 合成片仿真参数 L^* 、 a^* 、 b^* 的差异

Fig. 3 Difference of synthetic film simulation parameters L^* , a^* , and b^*

糖尿病、贫血、消化道溃疡、肿瘤、高血压等。采集的图像中有淡红舌 6 例,淡白舌 8 例,红舌 16 例,绛舌 14 例,青舌 4 例,紫舌 7 例。图 4 是一组健康舌象正片分别与淡红舌、淡白舌、红舌、绛舌、青舌和紫舌负片叠加的示意图。

分别对 55 组舌象合成片的舌尖、舌中、左右舌边和舌根区域进行数据采集,获得对应的 L^* 、 a^* 、

b^* 通道色度值。共采集 30 个淡红舌数据,40 个淡白舌数据,80 个红舌数据,70 个绛舌数据,20 个青舌数据和 35 个紫舌数据,依次对每组数据进行分类汇总,如表 3 所示。从表 3 可以发现,各舌色参数的取值范围分布均匀,且相互之间重叠的部分较少。这也说明了 Lab 颜色空间对于区分舌色具有普适性。

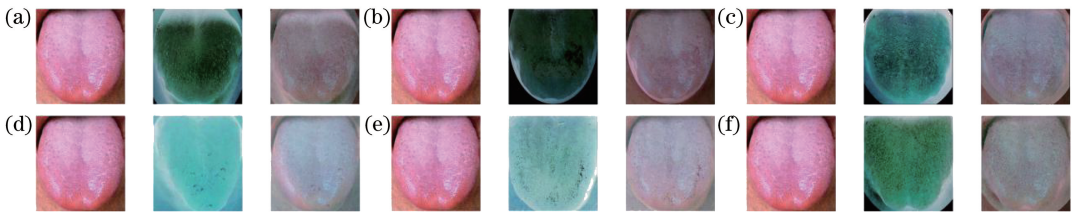


图4 舌象正负片叠加实验结果。(a)淡红;(b)淡白;(c)红;(d)绛;(e)青;(f)紫

Fig. 4 Experimental results of superposition of tongue image positive and negative films. (a) Light red;

(b) light white; (c) red; (d) twilight; (e) cyan-blue; (f) purple

表3 合成片的实验参数范围

Table 3 Experimental parameter range of synthetic films

Tongue color	L^*	a^*	b^*
Light red	[50, 57]	[-2, 11]	[-8, 2]
Light white	[45, 49]	[3, 19]	[-18, -2]
Red	[59, 67]	[-3, 11]	[-17, -3]
Twilight	[62, 70]	[-3, 9]	[-15, -2]
Cyan-blue	[53, 59]	[3, 16]	[-16, 3]
Purple	[76, 83]	[-1, 11]	[-16, 4]

为了深入探究舌色的空间分布规律,根据采集的色度值绘制各舌色的三维散点图,如图 5 所示。从图 5 可以发现,6 种舌色在三维空间上分布较为

规整,且具有各自固定的取值范围。

将 55 组合成片数据汇总绘制三维散点图,如图 6 所示。从图 6 可以发现,6 种舌色的分布特征比较规律,均有各自固定的取值范围。由于临床所采集的舌色是一个颜色渐变的连续过程,不同舌色之间有过渡的部分,难免会出现不同的交叉和重叠区域。当然这也与样本点的数量有关系。总之,这 6 种合成片的舌色分类效果是比较可观的。

最后,将合成片的舌色数值进行拟合汇总,分别得到对应的空间曲线方程,如表 4 所示。其中,曲线方程中的 o, p, q 分别对应舌象的 L^* 、 a^* 、 b^* 。在

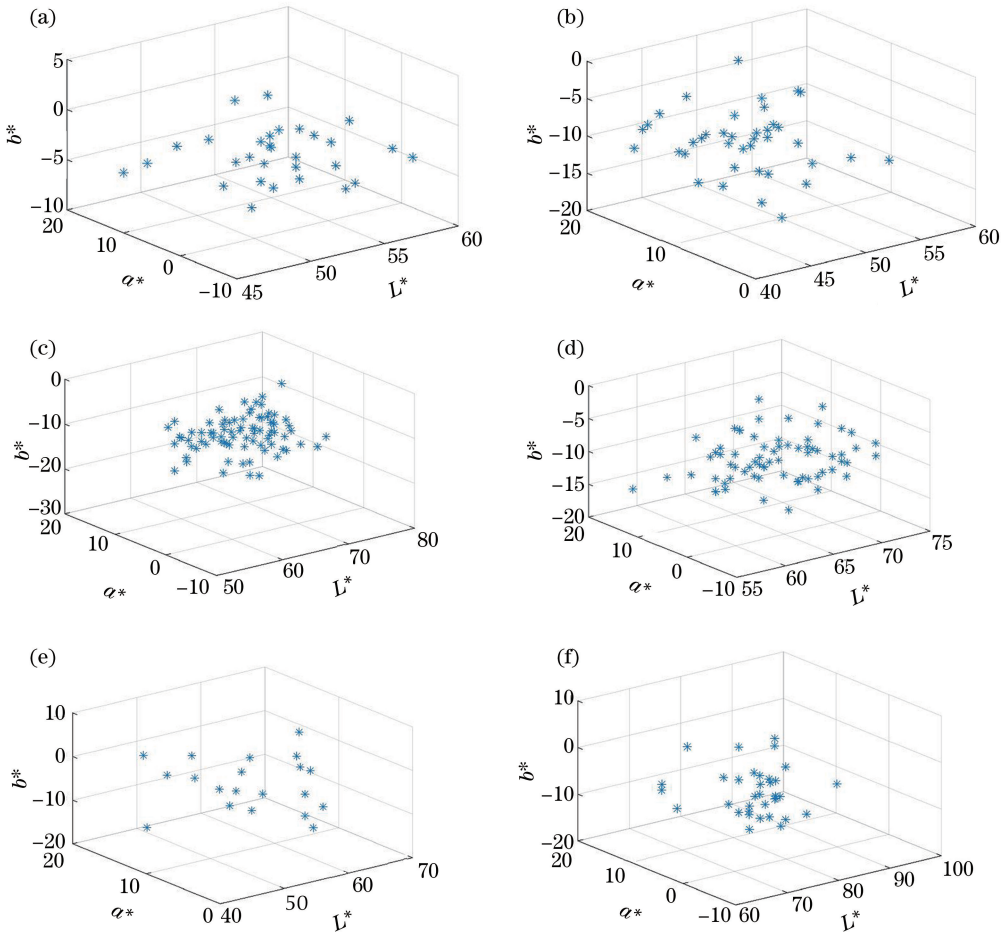


图 5 色谱空间分布散点图。(a)淡红;(b)淡白;(c)红;(d)绛;(e)青;(f)紫

Fig. 5 Scatter plot of chromatographic spatial distribution. (a) Light red; (b) light white; (c) red; (d) twilight; (e) cyan-blue; (f) purple

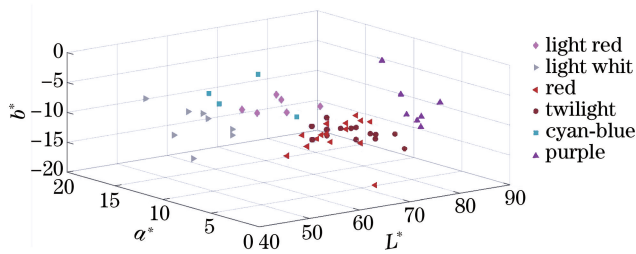


图 6 合成片的舌色分类散点图

Fig. 6 Scatter plot for tongue color classification of synthetic films

表 4 舌象合成片的拟合方程汇总

Table 4 Summary of fitting equations for tongue image synthetic films

Tongue color	Internal organ	Fitting equation
Light red	Normal	$q = -0.05753o^2 - 0.1177op + 6.785o - 0.07655p^2 + 7.28p - 205$
Light white	Kidney	$q = 0.04205o^2 + 0.06796op - 4.7o - 0.006757p^2 - 3.011p + 118.2$
Red	Heart	$q = -0.009147o^2 + 0.03776op + 1.084o - 0.009451p^2 - 2.461p - 41.55$
Twilight	Stomach	$q = -0.01078o^2 + 0.01269op + 1.287o + 0.01275p^2 - 1.112p - 47.06$
Cyan-blue	Lung	$q = 0.05644o^2 + 0.09939op - 7.252o - 0.08967p^2 - 3.703p + 215.3$
Purple	Heart	$q = 0.005532o^2 - 0.007552op - 1.026o + 0.008415p^2 + 0.5093p + 39.53$

允许有误差的情况下,各舌色的拟合效果都是最大程度的优化。结合表 1,将舌色变化、参数范围及人体病理部位和体质相关联,为临床上的舌诊提供理论依据。

4.3 误差分析

综合上述仿真与实验研究,选取 L^* 值作为区分舌色的主要参数。对于表 2 和表 3 中相邻两种合成片之间舌色参数值重合部分或未叠加部分,选取中间值进行划分作为最终的各舌色参数量化范围。从表 5 可以看出: L^* 值从低到高依次为淡白、淡红、青、红、绛、紫,各自合成片的舌色参数具有比较固定的取值范围,且仿真和实验数据的量化参数范围比较一致。

表 5 仿真与实验量化参数 L^* 的比较

Table 5 Comparison of quantitative parameter L^* between simulation and experiment

Tongue color	Simulation data	Experimental data
Light red	[47, 55]	[50, 55]
Light white	[33, 47]	[45, 50]
Red	[64, 70]	[59, 65]
Twilight	[70, 74]	[65, 73]
Cyan-blue	[55, 64]	[55, 59]
Purple	[74, 82]	[73, 83]

根据表 5 的参数范围选取各舌色的中间值绘制折线图,如图 7 所示。不难发现,各舌色的仿真和实验参数中 L^* 值比较吻合,折线趋势相对一致,说明该方法具有一定的可行性。但是,临床上的舌色变化并不完全是单一的,往往掺杂着其他舌色的微小变化,因此对于舌色的描述就会有不准确和相互混淆的可能。同样,舌苔和舌上黏液都会不同程度地影响舌象色谱的变化,导致数据采集过程中存在不可避免的误差。这些均与仿真过程中的理想化设置有所偏差。不过基于本文色谱比较分析的舌色判读方法得到的诊断结果是符合中医学舌色变化规律的。

5 结 论

针对传统舌象分类识别技术准确性不高的问题,利用数字图像处理技术,借助 Lab 均匀色彩模型,基于自我舌象的比较进行正负片的合成,从而通过色谱分析达到舌象分类诊断的目的。该方法首先将所采集的舌象 RGB 数据转换到 Lab 颜色空间,然后在 Lab 空间中采用数值拟合的方法绘制舌色的三维散点图,最后根据参数 L^* 值的量化范围对中医描述的舌色进行分类。实验结果验证了 Lab

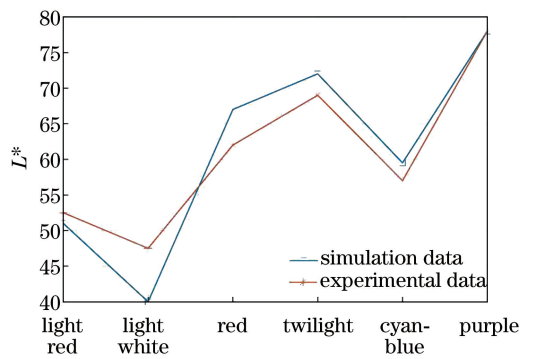


图 7 舌象合成片的参数 L^* 折线图

Fig. 7 Parameter L^* line of tongue image synthetic film
色彩模型对于区分颜色具有较好的适应性。本文方法得到了各类舌色对应的光色谱定量表达式和参数量化范围,以及颜色病变与人体病理部位之间的关系。这表明该方法能够客观有效地描述舌色的实际视觉关系,具有一定的可行性,有助于推动中医舌诊技术的进一步发展。

在肉眼观察的基础上,对不同舌色进行空间分布的描述,得到了舌色定量分析和表征方法,使舌色数据的具体含义更加直观,与临床上的实际观察相呼应,弥补了文字描述的不确定性。

但是,一般临床上会同时出现多种舌色的情况。准确识别颜色重叠的区域是有一定困难的,应该在后续的舌象分析识别中予以充分考虑。此外,两次舌象覆盖区域的差异性也会影响舌诊结果的准确性。对此,后续将开展进一步的深入研究工作,以期获得更好的结果,从而促进中医现代化的发展。

参 考 文 献

- [1] He Y, Wang H B, Qi C C, et al. Research progress on the clinical application of tongue diagnosis [J]. Jiangxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 49(8): 60-62.
何愉, 王河宝, 齐城成, 等. 舌诊临床应用研究进展 [J]. 江西中医药, 2018, 49(8): 60-62.
- [2] Wang Y G, Yang J, Zhou Y, et al. Tongue image color recognition in traditional Chinese medicine [J]. Journal of Biomedical Engineering, 2005, 22(6): 1116-1120.
王永刚, 杨杰, 周越, 等. 中医舌象颜色识别的研究 [J]. 生物医学工程学杂志, 2005, 22(6): 1116-1120.
- [3] Chiu C C. A novel approach based on computerized image analysis for traditional Chinese medical diagnosis of the tongue [J]. Computer Methods and

- Programs in Biomedicine, 2000, 61(2): 77-89.
- [4] Xu J T, Zhou C L, Fang Z Q, et al. Computerized analysis and recognition of tongue and its coating color in tongue diagnosis [J]. Acta Universitatis Traditionis Medicalis Sinensis Pharmacologiaeque Shanghai, 2004, 18(3): 43-47.
许家侗, 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.
- [5] Zhang H X, Li B, Yao P, et al. Research on the tongue color classification with automatic tongue analysis in traditional Chinese medicine [J]. Beijing Biomedical Engineering, 2006, 25(1): 47-50.
张衡翔, 李斌, 姚鹏, 等. 中医舌象自动分类方法研究[J]. 北京生物医学工程, 2006, 25(1): 47-50.
- [6] Yang X Y, Liang R, Wang Z P, et al. Current situation and analysis of classification study of tongue color based on colorimetry [J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2012, 35(8): 539-542, 577.
杨新宇, 梁嵘, 王召平, 等. 基于色度学的舌色分类研究现状与分析[J]. 北京中医药大学学报, 2012, 35(8): 539-542, 577.
- [7] Liang R, Chen S H, Huang Q M, et al. The color characteristic study on the typical and complicated tongue color in the CIELAB and LCH color space[J]. Journal of Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, 2008, 20(3): 92-94.
梁嵘, 陈松鹤, 黄庆梅, 等. 基于 CIELAB、LCH 的典型舌色与复杂舌色的颜色特征研究[J]. 江西中医学院学报, 2008, 20(3): 92-94.
- [8] Li C H, Yuen P C. Regularized color clustering in medical image database [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2000, 19(11): 1150-1155.
- [9] Wang A M, Zhao Z X, Shen L S. Research on the tongue color classification in automatic tongue analysis of traditional Chinese medicine [J]. Beijing Biomedical Engineering, 2000, 19(3): 136-142.
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): 136-142.
- [10] Li X Y, Zhang X F, Shen L S. An algorithm study on tongue color recognition of traditional Chinese medicine based on support vector machine [J]. Beijing Biomedical Engineering, 2006, 25(1): 43-46.
李晓宇, 张新峰, 沈兰荪. 基于支撑向量机的中医舌色苔色识别算法研究[J]. 北京生物医学工程, 2006, 25(1): 43-46.
- [11] Jiao W, Cui J, Zhou C L, et al. Study and application overview of spectroscopy method in TCM tongue diagnosis [J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2018, 25(11): 130-134.
焦文, 崔骥, 周昌乐, 等. 光谱法的中医舌诊研究与应用概况[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(11): 130-134.
- [12] Kong M, Zeng C C, Liu Y Z, et al. Colorimetric study on tongue color in Chinese medicine tongue inspection by visible reflection spectrum [J]. World Science and Technology (Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica), 2011, 13(6): 982-987.
孔猛, 曾常春, 刘友章, 等. 应用可见反射光谱法对中医舌诊舌色的色度学研究[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2011, 13(6): 982-987.
- [13] Zhao J, Li Z, Li G, et al. Improving signal to noise ratio of spectroscopy for tongue inspection by reflectivity normalization method [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(6): 1624-1627.
赵静, 李哲, 李刚, 等. 反射率归一化用于提高光谱法舌诊信噪比[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(6): 1624-1627.
- [14] Liu L X, Li M Z, Zhao Z G, et al. Recent advances of hyperspectral imaging application in biomedicine [J]. Chinese Journal of Lasers, 2018, 45(2): 0207017.
刘立新, 李梦珠, 赵志刚, 等. 高光谱成像技术在生物医学中的应用进展[J]. 中国激光, 2018, 45(2): 0207017.
- [15] Li Q L, Liu Z. Tongue color analysis and discrimination based on hyperspectral images [J]. Computerized Medical Imaging and Graphics, 2009, 33(3): 217-221.
- [16] Yamamoto S, Tsumura N, Nakaguchi T, et al. Regional image analysis of the tongue color spectrum [J]. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2011, 6(1): 143-152.
- [17] Fu L T, Deng H, Liu C H. Novel fast real-time target detection and classification algorithms for hyperspectral imagery [J]. Acta Optica Sinica, 2017, 37(2): 0230002.
付立婷, 邓河, 刘春红. 新型高光谱图像快速实时目标检测与分类方法[J]. 光学学报, 2017, 37(2): 0230002.
- [18] Xian G, Xu X J, Li M, et al. The tongue color standardization research based on the Munsell color

- system[J]. *Intelligent Computer and Applications*, 2016, 6(3): 125-126, 129.
- 鲜岗, 徐学军, 李敏, 等. 基于孟塞尔颜色系统的舌色标准化研究[J]. *智能计算机与应用*, 2016, 6(3): 125-126, 129.
- [19] Guo S, Cai Y H. Psychophysical characteristic analysis of tongue color in traditional Chinese medicine[J]. *Beijing Biomedical Engineering*, 2014, 33(6): 570-574.
- 郭松, 蔡轶珩. 中医舌色的视觉心理物理特性分析[J]. *北京生物医学工程*, 2014, 33(6): 570-574.
- [20] Liu S S. The research of tongue feature extraction based on optimization dictionary algorithm [D]. Changsha: Changsha University of Science and Technology, 2016: 31-36.
- 刘师师. 基于词典优化算法对舌象特征提取的研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2016: 31-36.
- [21] Qin H S. Tongue color classification based on histogram Pap address [J]. *Technology Innovation and Application*, 2014(21): 71.
- 覃海松. 基于直方图巴氏距离的舌色分类[J]. *科技创新与应用*, 2014(21): 71.
- [22] Zhang Y. Study on the tongue of mild and three partial physiques[D]. Beijing: Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2012: 55-60.
- 张莹. 平和质与三种偏颇体质的舌象研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2012: 55-60.
- [23] Yang C, Liu B Y. Image foreground-background separation based on texture features extracted in Lab color space[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2019, 56(12): 121001.
- 杨超, 刘本永. 基于 Lab 颜色空间纹理特征的图像前后景分离[J]. *激光与光电子学进展*, 2019, 56(12): 121001.
- [24] Zhang W, Lü X Q, Wu L, et al. Advances in classification technology based on typical medical images[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2018, 55(12): 120007.
- 张薇, 吕晓琪, 吴凉, 等. 基于典型医学图像的分类技术研究进展[J]. *激光与光电子学进展*, 2018, 55(12): 120007.
- [25] Wu Z C. Zero basic tongue diagnosis[M]. Nanjing: Phoenix Science Press, 2018.
- 吴中朝. 零基础学舌诊[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2018.