

# 基于图象处理的舌苔润燥分析方法的研究\*

苏开娜 卢翔飞

(北京工业大学计算机学院计算机技术系,北京 100044)

**摘要** 二分光反射模型描述了物体的光反射机理,它认为物体表面的颜色由面反射和体反射组成。为了采用图象处理技术进行舌苔润燥分析,提出一种基于二分光反射模型的有效方法;研究了亮斑的成因及 CCD 摄像机特性对彩色图象成像的影响,较好地解决了亮斑的检测和识别问题;并进一步对这种舌苔润燥分析方法的应用结果进行了探讨。

**关键词** 图象处理 舌苔润燥分析 二分光反射模型 亮斑

## 0 引言

舌诊是通过观察舌象的变化了解人体生理功能和病理变化的诊察方法,是中医四诊的重要步骤。利用先进的数字图象处理技术自动进行舌象病理检查,这对客观化、定量化研究舌象,丰富中医舌诊医学宝库,进一步发展祖国传统医学有着重要的意义。而且由于舌图象的复杂性和模糊性代表着一种典型的中医图象,所以这项研究必将对计算机技术在中医诊疗领域的发展及图象处理技术与传统中医学的结合起着推动作用。

大陆及台湾在基于图象处理技术的舌诊定量化研究方面已取得一些有意义的结果,为智能舌诊系统的深入研究奠定了基础,如舌质、舌苔颜色特征的测量统计分类等<sup>[1]</sup>,但尚未见到有关利用图象处理技术进行舌苔润燥分析研究的报道。

舌苔是舌表面的一层覆盖物,其湿润或干燥是观察体内水湿过多或失水程度的重要指标,而且还直接影响它的光反射特性。因此本文通过分析物体的光反射机理,提出一种有效的基于二分光反射模型的舌苔润燥分析方法。

## 1 二分光反射模型

在景物图象中,物体颜色主要取决于物体的光反射特性,二分光反射模型<sup>[2-4]</sup>较客观地反映了不

透明非均质物体的光反射机理,认为物体上各点的颜色由面反射和体反射两个分量线性组合而成。

### 1.1 面反射和体反射

对于不透明非均质物体,入射光在物体表面部分地发生反射,面反射系指在两种物质(即空气和不透明物质)接口处发生的反射;而体反射则是物体本身的反射。图1表示两种反射过程。

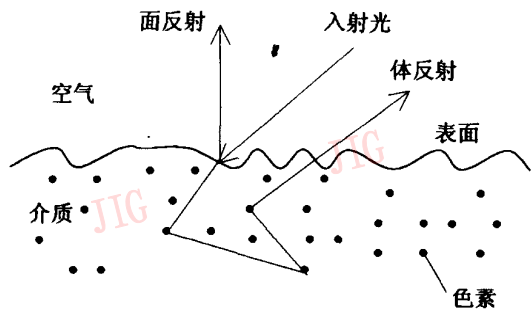


图1 面反射与体反射

根据菲涅耳定律,面反射的反射光强取决于物体的折射率、物体周围介质的折射率、入射光的方向、表面取向、观察方向等因素。分析物体表面的几何结构,如果物体表面是完全光滑的,那么反射光线就只有一个方向,形成镜面反射,并引起物体表面颜色的突变而形成亮斑,且亮斑的颜色与光源的颜色

\* 受北京市科委资助(No. 953300600)

收稿日期:1998-11-12;收到修改稿日期:1999-02-09

一致(因为采集舌苔图象的光源为白色,故舌苔上的亮斑为白色);反之,如果表面粗糙,就不会形成亮斑。

对于体反射,由于折射进入物体内部的光线穿越介质时,与存在于介质中的色素颗粒发生碰撞,有些波长的光被色素颗粒吸收,另一些则被色素颗粒散射,改变了光线的方向。对单一颜色物体而言,若色素颗粒在介质中随机分布,体反射光线具有相同的颜色(人眼观察到的物体的本色)。由于舌苔为非单一颜色物体,体反射光线具有不同的颜色,从而使舌苔润燥分析的难度大大增加。

### 1.2 二分光反射模型

由前面的分析可知,物体的光反射由面反射和体反射组成。面反射可形成亮斑或较亮区域,体反射则决定物体的本色。假设从物体某点反射出的光线为  $L$ ,其中面反射为  $L_s$ ,体反射为  $L_b$ , $\lambda$  为波长, $i$ 、 $e$  分别为入射角和反射角, $g$  为入射光和反射光的夹角(如图2所示),则:

$$L(\lambda, i, e, g) = L_s(\lambda, i, e, g) + L_b(\lambda, i, e, g) \quad (1)$$

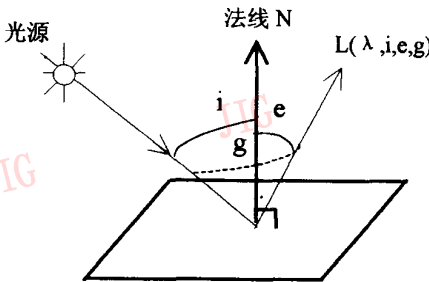


图2 反射模型的几何关系示意图

对于不透明非均质物体,其表面具有相同的光谱特性,因此可以将反射分量的光谱特性和几何特性分离,使得

$$\begin{aligned} L_s(\lambda, i, e, g) &= C_s(\lambda)M_s(i, e, g) \\ L_b(\lambda, i, e, g) &= C_b(\lambda)M_b(i, e, g) \end{aligned} \quad (2)$$

其中,  $M_s$ 、 $M_b$  表示面反射和体反射分量的几何因子(由入射光的方向、表面取向、观察方向决定),决定反射分量的强弱; $C_s(\lambda)$ 、 $C_b(\lambda)$  表示二者的光谱能量分布,它们仅与波长(由波长  $\lambda$  的折射率决定)有关,于是得到二分光反射模型在无限维波长矢量空间的表达式:

$$L(\lambda, i, e, g) = C_s(\lambda)M_s(i, e, g) + C_b(\lambda)M_b(i, e, g) \quad (3)$$

针对舌苔图象,假设光照方向、观察者(摄像机)方向是固定的,当舌苔含有较多水分时,便在舌表面形成一层薄薄的水膜,它决定了舌苔表面介质的折射率及表面取向,从而影响到  $C_s(\lambda)$  和  $M_s(i, e, g)$  的大小,所以  $C_s(\lambda)M_s(i, e, g)$  的大小标志舌苔的润燥程度。

### 1.3 CCD 摄像机对成象的影响<sup>[5]</sup>

CCD 摄像机采集每一幅数字图象时,完成了光谱的无限维矢量空间到有限维 RGB 彩色空间的转换。受摄像机固有性能的限制,实际成象也可能与二分光反射模型有一定的偏差,偏差的起因为:

- (1)颜色截断(当入射光的亮度太高而超出 CCD 摄像机允许的动态范围时,在 RGB 三个颜色通道中的一个、二个或三个发生颜色的截断);
- (2)颜色晕化(因 CCD 传感器的弥散现象,造成物体过亮部分的象明显增大);
- (3)颜色不平衡(在可见光范围内,CCD 摄像机对光谱的响应曲线与人眼生理特性不一致,造成 RGB 三色空间坐标比例不一致)。

## 2 舌苔润燥分析

### 2.1 亮斑特征分析

由于舌苔图象颜色为非单一色调,而且舌面又常出现白颜色的区域,所以把这种白色区域与由舌表面水膜反射造成的白色亮斑区分开来,是舌苔润燥分析首先要解决的难题。

将舌苔图象划分为若干小子区,对各子区象素作如下分析:

- (1)亮斑区具有较高的相对亮度,相对亮度定义为:

$$D_i = \frac{i - I}{I} \quad (4)$$

(小子区的平均亮度为  $i$ , 整个舌苔的平均亮度为  $I$ )

$D_i$  大于零表示小子区平均亮度高于整个舌苔的平均亮度; $D_i$  小于零表示小子区平均亮度低于整个舌苔的平均亮度。

- (2) Gudrun J. Klinker 在文献[4]中介绍,单颜色物体上的本色区域与亮斑区域的象素在 RGB 彩色空间中的分布特征明显不同。虽然舌苔并非单颜色

物体,但经过反复实验,我们发现了如下规律:即亮斑区象素点在 RGB 彩色空间中分布的密度中心位置偏下,靠近坐标原点;而舌苔本身的白色(或灰白)区域的象素分布的密度中心位置偏上,靠近点(255, 255, 255)。进而我们按下式对密度中心的位置进行分析判断:

$$D_c = \frac{|C - (a + b)/2|}{|b - a|} \quad (5)$$

(区域中象素分布的密度中心为  $C$ , 离原点最近的象素为  $a$ , 最远的象素为  $b$ ;  $C$ 、 $a$ 、 $b$  均为向量)  $D_c$  大于零表示密度中心位置偏上;  $D_c$  小于零表示密度中心位置偏下(彩色图版 I 图 3、4 为两个典型的实例)。

从中医学角度讲,当唾液的浆液性分泌减少,则代之以黏液性分泌,舌苔呈干燥类;而且鉴于舌苔表面质地是有差异的(粗糙程度不同),故较平整光滑的燥苔表面也可能有较亮区域(因黏液性分泌引起)。所以如何将此种较亮区域和由水膜形成的亮斑区分开,是舌苔润燥分析要解决的另一个难题。经研究发现,较亮区域的亮度梯度(边缘梯度与内部梯度)较小,而亮斑区域则相反。我们定义:

**边缘梯度**(Gedge)为亮斑或明亮区和本色区之间的亮度梯度;

**内部梯度**(Gin)为亮斑或明亮区内部子区之间的亮度梯度(彩色图版 I 图 5、6 为两个典型例子)。

润苔 (彩色图版 I 图 5 中检测出 5 个有较高亮度的区域)

区域序号	包含子区数目	边缘梯度	内部梯度	结果
1	17	0.0388	0.0150	非亮斑
2	5	0.0611	0.0420	亮斑
3	1	0.0231		非亮斑
4	9	0.0608	0.0430	亮斑
5	4	0.1503	0.1021	亮斑

燥苔 (彩色图版 I 图 6 中检测出 3 个有较高亮度的区域)

区域序号	包含子区数目	边缘梯度	内部梯度	结果
1	7	0.0223	0.0075	非亮斑
2	5	0.0189	0.0046	非亮斑
3	1	0.0393		非亮斑

### 2.2 舌苔润燥识别分析原理

中医将苔之润燥分为三类:燥苔(望之干枯,扪之无津)、润苔(水分适中,不滑不燥)和水滑苔(水分过多,扪之湿滑,伸舌欲滴)。可以看出,舌苔润燥分

析的核心问题是确定舌表面含水量的多少。根据二分光反射模型,舌表面是否有水膜直接影响了它的光反射特性。所以应这样进行舌苔润燥的识别分析:首先应检测出舌苔图象上的较高亮度区域;进而识别出其中真正的亮斑区(参见 2.1 节);再依据亮斑的有无、大小和亮度特性得出舌苔润燥分类结果。虽然有时燥苔上也会有较亮区域,但绝不会形成亮斑;润苔上一定有亮斑;而含水量较多的水滑苔上不仅能形成亮斑,且亮斑具有面积较大和相对亮度较高的特点。

### 2.3 算法简介

首先将舌苔图象均匀分割成若干大小为  $n \times n$  (象素)的子区:

(1) 计算  $D_i$ , 对相同采集条件下的一组苔象,用试探法确定亮度阈值  $D_h$  (经实验,一般取值为 0.08 至 0.17), 根据阈值检测出图象中有较高亮度的子区,并将相邻(按 8 邻域)的较高亮度子区进行归并(采用区域生长法),以得到较高亮度区域(形状不规则)。以下算法均针对这些较高亮度区域进行;

(2) 对上述每一个较高亮度区域,分别求出以下几个平均值:  $D_c$ , Gedge, Gin;

(3) 若  $(D_c > 0) \& (D_i > X \times D_c) \& (Gedge < Y)$ , 则该区域是舌苔本身的白色区域;

(4) 若  $Gedge \times Gin < Z$ , 则该区域亦非水分形成的亮斑区域;

(5) 由 3)、4), 其它区域即为由水分形成的亮斑, 求出这些亮斑的平均相对亮度  $Daver$ ;

(6) 最后, 根据亮斑区域的数目、大小, 以及  $Daver$  的大小来确定舌苔润燥程度并进行分类(燥苔无亮斑,  $Daver < 0.16$  是润苔,  $Daver > 0.16$  为水滑苔)。

至于算法涉及到的阈值  $D_h$ 、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ , 是采用试探法、通过对约 100 幅舌苔图象的反复实验而确定的。

## 3 实验结果及结论

利用上述算法,对在北京市中医院采集的约 100 幅舌苔图象进行了润燥分析的实验,彩色图版 I 图 7~9 展示了其中的几个实例和分析结果(由鼠标确定的矩形给出算法实现所利用的图象区域),北京市中医院的大夫对舌苔润燥分类实结果满意。

综上所述,利用二分光反射模型,通过分析舌苔图象亮斑象素点在 RGB 彩色空间的分布特征及亮度特征,较好地解决了“基于图象处理技术的舌苔润燥分析”这一课题。

### 参考文献

1 陈建仲,蒋依吾,马建中. 中医舌诊现代化研究中影象摄取环境控制之探讨. 中国医药学院杂志(台湾),1997,6(3):193~201.



苏开娜 北京工业大学计算机学院副教授,硕士生导师。1970年清华大学无线电电子学系本科毕业,1984年德国卡尔斯鲁尔大学信息科学系研究生毕业。目前研究方向为图象处理与机器视觉。

- 2 Ruzena Bajcsy 等,乐晨译. 通过多光照、多图象和多色彩图象识别地址块. 图象识别与自动化,1996,48:1~7.
- 3 Steven A S. Using Color to Separate Reflection Components. Color Research and Application. 1985, 10(4):210~218.
- 4 Gudrun J K, Steven A S, Takeo Kanade. A Physical Approach to Color Image Understanding. International Journal of Computer Vision, 1990, (4):7~38.
- 5 周孝宽,周付根,朱晓宇. 彩色图象光斑的识别及分割. 北京航空航天大学学报,1996,22(4):495~499.



卢翔飞 1996年青岛大学自动化系本科毕业,北京工业大学计算机学院硕士研究生。目前研究方向为图象处理与机器视觉。

## An Image Processing-Based Method to Analyse Moisture of Tongue-Fur

Su Kaina, Lu Xiangfei

(Computer Institute of Beijing Polytechnic University, Beijing 100044)

**Abstract** The Dichromatic Reflection Model describes the color of the reflected light as a mixture of light from surface reflection and body reflection. In this paper, an effective method using image processing for analyzing moisture of tongue-fur based on the Dichromatic Reflection Model is introduced. The formation of the highlight areas and the influence of the characters of CCD camera to the formatted color image are studied here. The presented method gives a good result to the highlight areas detection and recognition. And the application of this method to analyse moisture of tongue-fur is discussed.

**Keywords** Image processing, Moisture analysis of tongue-fur, Dichromatic Reflection Model, Highlight area

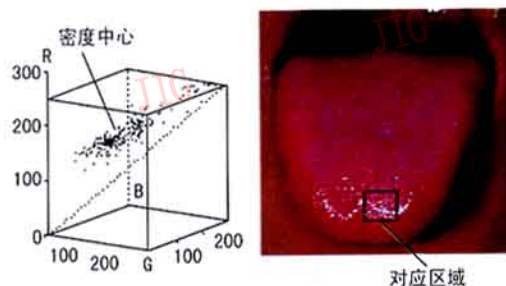


图3 反射造成的亮斑及对应的舌苔

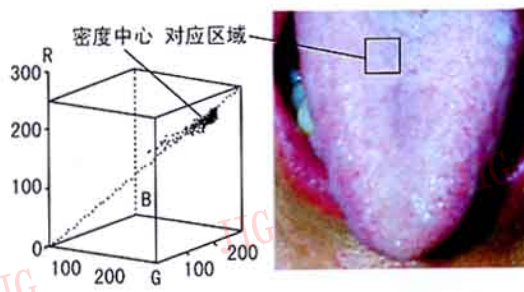


图4 舌苔本身的白色区域



图5 润苔



图6 燥苔

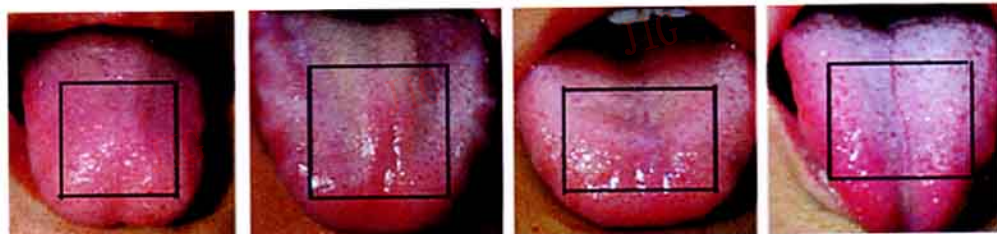


图7 润苔

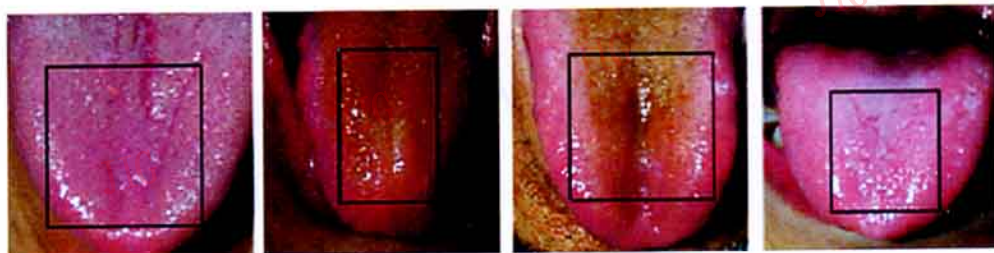


图8 水滑苔

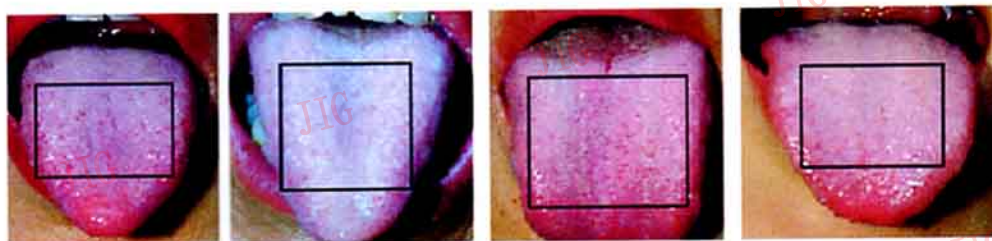


图9 燥苔