



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106023151 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(21)申请号 201610300494.4

(22)申请日 2016.05.09

(71)申请人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路422号

(72)发明人 黄晓阳 郑丰 王博亮 王彦晖

(74)专利代理机构 厦门南强之路专利事务所
(普通合伙) 35200

代理人 马应森

(51)Int.Cl.

G06T 7/00(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

权利要求书5页 说明书12页 附图1页

(54)发明名称

一种开放环境下中医舌象目标检测方法

(57)摘要

一种开放环境下中医舌象目标检测方法,涉及医学图像处理。1)输入在开放环境下采集的图像A;2)对采集的图像A进行颜色校正,得到校正图像B;3)对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割;4)对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断;5)对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断。首先对图像进行颜色校正的预处理,减少因外界光源色温带来的影响;然后对图像进行分割,得到多个连通区域;并对各连通区域进行特征判断,得到候选舌体区域;最后通过比较区域纹理特征进行判断,判断该候选舌体区域是否为舌象。最终达到对图像中的舌象进行目标检测的目的,即判断当前图片中有没有舌象,如果有,舌象目标在哪。

1. 一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征包括以下步骤:

- 1) 输入在开放环境下采集的图像A;
- 2) 对采集的图像A进行颜色校正,得到校正图像B;
- 3) 对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割,得到图像C;
- 4) 对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断,得到候选舌体区域D;
- 5) 对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断。

2. 如权利要求1所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征是在步骤2)中,所述对采集的图像A进行颜色校正的具体方法如下:

(1) 在标准光照环境下采集舌象图像S1,计算舌象图像S1的RGB三个颜色通道均值分别与舌象图像S1的整体均值 K_s 的比值 α_r 、 α_g 、 α_b :

$$\alpha_r = \frac{R_{avgS}}{K_s}$$

$$\alpha_g = \frac{G_{avgS}}{K_s}$$

$$\alpha_b = \frac{B_{avgS}}{K_s}$$

其中,舌象图像S1的整体均值 $K_s = (R_{avgS} + G_{avgS} + B_{avgS}) / 3$; R_{avgS} 、 G_{avgS} 、 B_{avgS} 分别为标准光照环境下采集舌象图像S1的RGB三个颜色通道的均值;

(2) 按下式调整图像A的RGB三个颜色通道的均值,得到校正图像B;

$$K = (R_{avg} + G_{avg} + B_{avg}) / 3$$

$$R_d = \frac{K \times \alpha_r}{R_{avg}} R_s$$

$$G_d = \frac{K \times \alpha_g}{G_{avg}} G_s$$

$$B_d = \frac{K \times \alpha_b}{B_{avg}} B_s$$

其中, K 为图像A的整体均值, R_{avg} 、 G_{avg} 、 B_{avg} 分别为图像A的RGB三个颜色通道的均值; R_d 、 G_d 、 B_d 为校正图像B每个像素点的RGB三个颜色通道的值, R_s 、 G_s 、 B_s 为图像A每个像素点的RGB三个颜色通道的值, α_r 、 α_g 、 α_b 为步骤2)第(1)部分所求得的比值。

3. 如权利要求2所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征是在步骤2)第(1)部分中,所述标准光照采集环境为D65光源,色温为6500K。

4. 如权利要求1所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征是在步骤3)中,所述对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割的具体方法如下:

(1) 将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1;

(2) 将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2;

(3) 采用RGB三色分量方差法对校正图像B进行阈值分割,得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3;

(4)对图像B1、图像B2、图像B3三个图像进行逻辑“与”运算,得到图像C。

5.如权利要求4所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤3)第(1)部分中,所述将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1的具体步骤如下:

a)将校正图像B转换到灰度空间图像fB1;

b)对于灰度空间图像fB1,设灰度空间图像fB1的灰度G的取值范围 $G=[0,L-1]$,各灰度值出现的概率为 P_i ,阈值为T,阈值T对灰度空间图像fB1进行二值化后分成 f_0 和 f_1 : $f_0=[0,T]$, $f_1=[T+1,L-1]$, f_0 和 f_1 的概率分别为 $\alpha_0 = \sum_{i=0}^T P_i$ 和 $\alpha_1 = 1-\alpha_0$,平均灰度值分别为 $\mu_0 = \sum_{i=0}^T iP_i/\alpha_0$ 和 $\mu_1 = \sum_{i=T+1}^{L-1} iP_i/\alpha_1$,则 f_0 和 f_1 的最大类间方差为: $g^2(T) = \alpha_0(\mu_0 - \mu)^2 + \alpha_1(\mu_1 - \mu)^2 = \alpha_0\alpha_1(\mu_0 - \mu_1)^2$,其中 $\mu = \sum iP_i$,求出g取最大值时的阈值T,对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得分割图像B1'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r,g,b)$:

$$f_{x,y}(r,g,b) = \begin{cases} (255,255,255) & \text{if } fB1(x,y) > T \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

其中, $fB1(x,y)$ 表示灰度空间图像fB1像素点的取值,T为阈值;

c)对分割图像B1'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B1;图像B1中的像素值 $g1(x,y)$ 为:

$$g1(x,y) = \text{erode}(\text{dilate}(f1(x,y), \text{element}))$$

$$g1(x,y) = \text{bitwise_not}(g1(x,y))$$

其中, $f1(x,y)$ 为分割图像B1'中的像素值,element定义为形态学运算中的结构元素;dilate定义为形态学运算中的膨胀操作;erode定义为形态学运算中的腐蚀操作;bitwise_not定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

6.如权利要求4所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤3)第(2)部分中,所述将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2的具体步骤如下:

a)将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2;

b)采用下式对图像fB2进行色调阈值分割,得到分割图像B2'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r,g,b)$:

$$f_{x,y}(r,g,b) = \begin{cases} (255,255,255) & \text{if } h_{x,y} \in [T_1, T_2] \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

其中, $h_{x,y}$ 表示图像fB2中H通道像素点取值, T_1 和 T_2 表示设定的阈值;

c)对分割图像B2'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B2;图像B2中的像素值 $g2(x,y)$ 为:

$$g2(x,y) = \text{erode}(\text{dilate}(f2(x,y), \text{element}))$$

$$g2(x,y) = \text{bitwise_not}(g2(x,y))$$

其中, $f2(x,y)$ 为分割图像B2'中的像素值,element定义为形态学运算中的结构元素;dilate定义为形态学运算中的膨胀操作;erode定义为形态学运算中的腐蚀操作;bitwise_

not定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

7.如权利要求4所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤3)第(3)部分中,所述采用RGB三色分量方差法对校正图像B进行阈值分割,得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3的具体步骤如下:

a)对于校正图像B,假设其大小为 $m \times n$,将校正图像B中每个像素点的RGB取值进行归一化操作,其取值范围为 $[0,1]$,采用下式对校正图像B中的每个像素点计算RGB三色分量方差 $gate(m,n)$,并对校正图像B进行分割,得到分割图像B3'像素点的RGB取值 $f_{m,n}(r,g,b)$:

$$gate(m,n) = (r_{m,n} - g_{m,n}) + (b_{m,n} - g_{m,n}) \times 6 + (r_{m,n} + g_{m,n} + b_{m,n}) / 3$$

$$f_{m,n}(r,g,b) = \begin{cases} (1,1,1) & \text{if } gate(m,n) < 0.627 \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

其中, $r_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的R通道的取值, $g_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的G通道的取值, $b_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的B通道的取值;

b)对分割图像B3'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面公式计算,得到图像B3;图像B3中的像素值 $g3(x,y)$ 为:

$$g3(x,y) = erode(dilate(f3(x,y), element))$$

其中, $f3(x,y)$ 为分割图像B3'中的像素值, $element$ 定义为形态学运算中的结构元素; $dilate$ 定义为形态学运算中的膨胀操作; $erode$ 定义为形态学运算中的腐蚀操作。

8.如权利要求1所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤4)中,所述对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断的具体方法如下:

(1)对于图像C中的每一个连通域,计算该连通域的凸包(S_i);

(2)计算每一个凸包(S_i)的面积 $area_{S_i}$ 与图像C的面积 $area_c$ 的比例: $area = area_{S_i} / area_c$,删除面积比小于0.02的连通域;

(3)计算每个连通域凸包(S_i)的质心(C_i)与图像C中心(C_0)的欧式距离:

$$dis = \sqrt{(C_{ix} - C_{0x})^2 + (C_{iy} - C_{0y})^2};$$

其中, C_{ix} 、 C_{iy} 分别表示凸包(S_i)质心的横坐标与纵坐标, C_{0x} 和 C_{0y} 分别表示图像C中心的横坐标与纵坐标;

(4)计算每个连通域凸包(S_i)最小外接矩形的长宽比 $scale = w/h$;

其中 w 表示最小外接矩形的宽, h 表示最小外接矩形的长;

(5)计算每个连通域凸包(S_i)的7个Hu不变矩 $m_i (i \in [1,7])$;

所述Hu不变矩定义如下:

对于大小为 $M \times N$ 的图像 $f(x,y)$, $f(x,y)$ 的二维 $(p+q)$ 阶矩定义为:

$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x,y)$$

相应的 $(p+q)$ 阶中心矩定义为:

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x,y), \text{ 其中 } \bar{x} = m_{10} / m_{00}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

由 η_{pq} 表示的归一化中心矩定义为:

$$\eta_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^\gamma, \text{ 其中 } \gamma = (p+q)/2 + 1$$

Hu用归一化中心矩的线性组合构造具有平移、伸缩、旋转不变的7个Hu不变矩 $\varphi_i(i \in [1,7])$,

$$\begin{cases} \varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \\ \varphi_2 = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \varphi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ \quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \varphi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21}) \\ \varphi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - \\ \quad (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{cases}$$

(6)人工选择一张正常形状舌象图像(S_0),计算舌象图像(S_0)的7个Hu不变矩 $M_i(i \in [1, 7])$,计算匹配度 $\text{match}(S_i, S_0) = \sum_{i=1}^7 \left| \frac{1}{m_i} - \frac{1}{M_i} \right|$;

(7)根据下面三个公式依次计算每个连通域凸包(S_i)的相似度score,选择相似度score的最大值,该相似度score的最大值对应的连通域凸包(S_i)为选出的候选舌体区域D:

$$\text{score} = \begin{cases} 1 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} < 0.6 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.5] \text{ and scale} < 0.3 & \text{or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} < 0.6 \\ 2 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} \in [0.6, 0.8] & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.5] \text{ and scale} \in [0.3, 0.6) \text{ or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} > 0.6 \\ 3 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} > 0.8 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.3) \text{ and scale} > 0.6 \\ 4 & \text{if area} \in [0.3, 0.5) \text{ and scale} > 0.6 \end{cases}$$

$$\text{score} = \begin{cases} \text{score} + 2 & \text{if dis} < 20 \\ \text{score} + 1 & \text{if dis} \in [20, 60) \\ \text{score} - 1 & \text{if dis} \in [150, 200) \\ \text{score} - 2 & \text{if dis} > 200 \end{cases}$$

$$\text{score} = \begin{cases} \text{score} + 3 & \text{if match} < 0.1 \\ \text{score} + 2 & \text{if match} \in [0.1, 0.5) \\ \text{score} - 1 & \text{if match} \in [10, 20) \\ \text{score} - 2 & \text{if match} > 20 \end{cases}$$

其中,area为在步骤4)第(2)部分所求得的比例;scale为步骤4)第(4)部分所求得的长宽比;dis为步骤4)第(3)部分所求得的欧式距离;match为步骤4)第(6)部分所求得的匹配度。

9.如权利要求8所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤4)第(6)部分中,所述正常形状舌象图像(S_0)为中医医生根据经验和相关专业选择选择的正常形状舌象图像。

10.如权利要求1所述一种开放环境下中医舌象目标检测方法,其特征在于在步骤5)中,所述对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断的具体方法如下:

(1)分别计算候选舌体区域D的水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布;

(2) 设灰度共生矩阵的联合概率密度分布记为 $[P_{mn}]_{L \times L}$, 其中 L 为灰度取值范围, $m = [0, L-1]$, $n = [0, L-1]$; 根据联合概率密度分布计算得到 6 个纹理特征, 所述 6 个纹理特征包括角二阶矩、对比度、熵、逆差矩、中值和灰度相关;

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{角二阶矩} \quad \text{ASM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n}^2 \\ \text{对比度} \quad \text{CON} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n} (m-n)^2 \\ \text{熵} \quad \text{ENT} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n} (-\log P_{m,n}) \\ \text{逆差矩} \quad \text{IDM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} \frac{P_{m,n}}{1+|m-n|^k} \\ \text{中值} \quad \text{MID} = (\mu_m + \mu_n)/2 \\ \text{灰度相关} \quad \text{COR} = \frac{1}{\sigma_m \sigma_n} (\sum_{m,n=0}^{L-1} mn P_{m,n} - \mu_n \mu_m) \end{array} \right.$$

其中, $\mu_m = \sum_{m,n=0}^{L-1} m P_{m,n}$, $\mu_n = \sum_{m,n=0}^{L-1} n P_{m,n}$, $\sigma_m^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (m - \mu_m)^2 P_{m,n}$, $\sigma_n^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (n - \mu_n)^2 P_{m,n}$;

(3) 对步骤 5) 第 (1) 部分得到的三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布分别按照步骤 5) 第 (2) 部分的方法计算 6 个纹理特征, 共得到候选舌体区域 D 的 18 个纹理特征量 f_i ($i \in [0, 17]$);

(4) 人工选择若干幅标准光照环境下采集的舌象图像, 对每一幅标准光照环境下采集的舌象图像, 手工分割出其中的舌体区域 SD , 得到若干个舌体区域 SD , 对每一个舌体区域 SD 分别计算其水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布; 对这三种联合概率密度分布分别按照步骤 5) 第 (2) 部分的方法计算纹理特征, 每一个舌体区域 SD 共得到 18 个纹理特征量; 对这些舌体区域 SD 计算得到的 18 个纹理特征量, 求每个纹理特征量的平均值 f_i ($i \in [0, 17]$);

(5) 计算步骤 5) 第 (3) 部分求得的纹理特征量 f_i ($i \in [0, 17]$) 与步骤 5) 第 (4) 部分求得的纹理特征量的平均值 F_i ($i \in [0, 17]$) 的纹理相似度, 采用下列公式计算, 若结果 E 小于设定的阈值 T_3 , 则判断为舌象, 否则采集的图像 A 中不存在可供分析的舌象:

$$E = \sum_{i=0}^{17} \frac{|F_i - f_i|}{|F_i| + |f_i|}$$

一种开放环境下中医舌象目标检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医学图像处理,尤其是涉及一种开放环境下中医舌象目标检测方法。

背景技术

[0002] 舌象即人伸出舌头后呈现的舌头图像,传统中医舌象的获取主要依靠医生肉眼观察,近年来,信息技术的发展推动了中医舌象分析客观化、数字化和自动化的进程。国内外学者对此进行了许多有益的探索,并开发了一些舌象分析系统,取得了较好的效果(蒋依吾.电脑化中医舌诊系统[J].中国中西医结合杂志,2000,20(2):145-147;蔡轶珩,刘长江,沈兰荪.新型舌象分析仪的设计方案[J].测控技术,2005,24(5):34-36.),但这些系统的拍摄环境通常是固定的,即在密闭、光照稳定的环境下拍摄采集,且这些设备仪器大都比较笨重,不易携带,价格较为昂贵,具有一定的局限性(刘峰.中医舌诊辅助中成药使用系统中的舌象分析研究[D].厦门:厦门大学,硕士学位论文,2007.)。随着智能手机、平板电脑等移动设备的普及,通过移动设备在开放的自然环境下进行舌象采集,获得个人健康信息逐渐成为一个发展方向。但随之而来的问题是,由于在开放环境下采集舌象,存在光源色温、光线强弱、拍摄角度、设备差异等诸多不确定因素的影响,使得最终获取的图像同固定环境相比,采集的舌象图像往往存在较大差异,对后续的分析带来困难,甚至由于拍摄者的原因,采集的图像中可能不存在可供分析的舌象图像。因此,在开放环境下采集舌象进行分析时,增强系统的容错率与鲁棒性显得十分重要。在对舌象进行分析前,对图像进行舌象目标检测有助于提高系统后续的分析速度和准确率,也有助于中医医生直观、准确、方便的观察舌象,提高诊断的速度。舌象目标检测目的是判断采集的图像中是否存在合适的可供后续分析的舌象,如果采集的图片中存在舌象,需检测出在图像的哪个位置。舌象的目标检测的准确性直接影响整个系统的容错率。

[0003] 目前,针对开放环境下中医舌象目标检测展开的研究并不多,与本发明方法最接近的技术为厦门强本科技有限公司设计的一种基于移动终端的中医舌象分析系统(王博亮.一种基于移动终端的中医舌象分析系统:中国发明专利公开,2014200304657[P].2014-12-03.),对移动设备采集的舌象进行检测、分析。该系统虽然实现了舌象检测功能,但也存在一些不足之处:

[0004] 1、需要对待检测目标切分小块,转换到霍夫空间投票,算法复杂,检测速度慢;而在开放环境下采用移动设备进行舌象采集、检测,往往对处理过程的实时性要求较高;

[0005] 2、处理过程中需要用较多的参数来描述舌象模型,比较复杂,实现比较困难;

[0006] 3、需要有监督的训练大量数据,需要人工手动标记出前景和背景,从而建立检测模型,训练过程难度大;

[0007] 4、进行数据训练时,要求样本尽可能多,对数据集的依赖性高。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于针对现有的在开放环境下采集舌象过程中存在诸多不足之处,

如:光源色温、光线强弱、拍摄角度、设备差异等诸多不确定因素的影响,使得最终获取的图像同固定环境相比,采集的舌象图像往往存在较大差异,对后续的分析带来困难,甚至由于拍摄者的原因,采集的图像中可能不存在可供分析的舌象图像等问题。本发明提供一种开放环境下中医舌象目标检测方法,该方法可快速并准确地判断采集的图像中是否存在合适的可供后续分析的舌象,如果采集的图像中存在舌象,判断舌象在图像的位置。

[0009] 本发明包括以下步骤:

[0010] 1)输入在开放环境下采集的图像A;

[0011] 2)对采集的图像A进行颜色校正,得到校正图像B;

[0012] 在步骤2)中,所述对采集的图像A进行颜色校正的具体方法如下:

[0013] (1)在标准光照环境下采集舌象图像S1,计算舌象图像S1的RGB三个颜色通道均值分别与舌象图像S1的整体均值 K_s 的比值 α_r 、 α_g 、 α_b :

$$[0014] \quad \alpha_r = \frac{R_{avg_s}}{K_s}$$

$$[0015] \quad \alpha_g = \frac{G_{avg_s}}{K_s}$$

$$[0016] \quad \alpha_b = \frac{B_{avg_s}}{K_s}$$

[0017] 其中,舌象图像S1的整体均值 $K_s = (R_{avg_s} + G_{avg_s} + B_{avg_s}) / 3$; R_{avg_s} 、 G_{avg_s} 、 B_{avg_s} 分别为标准光照环境下采集舌象图像S1的RGB三个颜色通道的均值;所述标准光照采集环境可为D65光源,色温为6500K;

[0018] (2)按下式调整图像A的RGB三个颜色通道的均值,得到校正图像B;

$$[0019] \quad K = (R_{avg} + G_{avg} + B_{avg}) / 3$$

$$[0020] \quad R_d = \frac{K \times \alpha_r}{R_{avg}} R_s$$

$$[0021] \quad G_d = \frac{K \times \alpha_g}{G_{avg}} G_s$$

$$[0022] \quad B_d = \frac{K \times \alpha_b}{B_{avg}} B_s$$

[0023] 其中,K为图像A的整体均值, R_{avg} 、 G_{avg} 、 B_{avg} 分别为图像A的RGB三个颜色通道的均值; R_d 、 G_d 、 B_d 为校正图像B每个像素点的RGB三个颜色通道的值, R_s 、 G_s 、 B_s 为图像A每个像素点的RGB三个颜色通道的值, α_r 、 α_g 、 α_b 为步骤2)第(1)部分所求得的比值;

[0024] 3)对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割,具体方法如下:

[0025] (1)将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法(参见文献:OHTSU N.A threshold selection method from gray-level histograms[J].System Man& Cybernetics IEEE Transactions on,1979,9(1):62-66.)对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1;

[0026] 在步骤3)第(1)部分中,所述将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1的具体步骤如下:

[0027] a)将校正图像B转换到灰度空间图像fB1;

[0028] b)对于灰度空间图像fB1,设灰度空间图像fB1的灰度G的取值范围 $G=[0,L-1]$,各灰度值出现的概率为 P_i ,阈值为T,阈值T对灰度空间图像fB1进行二值化后分成 f_0 和 f_1 : $f_0=[0,T]$, $f_1=[T+1,L-1]$, f_0 和 f_1 的概率分别为 $\alpha_0 = \sum_{i=0}^T P_i$ 和 $\alpha_1 = 1-\alpha_0$,平均灰度值分别为 $\mu_0 = \sum_{i=0}^T iP_i/\alpha_0$ 和 $\mu_1 = \sum_{i=T+1}^{L-1} iP_i/\alpha_1$,则 f_0 和 f_1 的最大类间方差为: $g^2(T) = \alpha_0(\mu_0 - \mu)^2 + \alpha_1(\mu_1 - \mu)^2 = \alpha_0\alpha_1(\mu_0 - \mu_1)^2$,其中 $\mu = \sum iP_i$,求出g取最大值时的阈值T,对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得分割图像B1'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r,g,b)$:

$$[0029] \quad f_{x,y}(r,g,b) = \begin{cases} (255,255,255) & \text{if } fB1(x,y) > T \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

[0030] 其中, $fB1(x,y)$ 表示灰度空间图像fB1像素点的取值,T为阈值;

[0031] c)对分割图像B1'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B1;图像B1中的像素值 $g1(x,y)$ 为:

$$[0032] \quad g1(x,y) = \text{erode}(\text{dilate}(f1(x,y), \text{element}))$$

$$[0033] \quad g1(x,y) = \text{bitwise_not}(g1(x,y))$$

[0034] 其中, $f1(x,y)$ 为分割图像B1'中的像素值,element定义为形态学运算中的结构元素;dilate定义为形态学运算中的膨胀操作;erode定义为形态学运算中的腐蚀操作;bitwise_not定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

[0035] (2)将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2;

[0036] 在步骤3)第(2)部分中,所述将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2的具体步骤如下:

[0037] a)将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2;

[0038] b)采用下式对图像fB2进行色调阈值分割,得到分割图像B2'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r,g,b)$:

$$[0039] \quad f_{x,y}(r,g,b) = \begin{cases} (255,255,255) & \text{if } h_{x,y} \in [T_1, T_2] \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

[0040] 其中, $h_{x,y}$ 表示图像fB2中H通道像素点取值, T_1 和 T_2 表示设定的阈值;

[0041] c)对分割图像B2'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B2;图像B2中的像素值 $g2(x,y)$ 为:

$$[0042] \quad g2(x,y) = \text{erode}(\text{dilate}(f2(x,y), \text{element}))$$

$$[0043] \quad g2(x,y) = \text{bitwise_not}(g2(x,y))$$

[0044] 其中, $f2(x,y)$ 为分割图像B2'中的像素值,element定义为形态学运算中的结构元素;dilate定义为形态学运算中的膨胀操作;erode定义为形态学运算中的腐蚀操作;bitwise_not定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

[0045] (3)采用RGB三色分量方差法(参见文献:蒋依吾.电脑化中医舌诊系统[J].中国中西医结合杂志,2000,20(2):145-147)对校正图像B进行阈值分割,得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3。

[0046] 在步骤3)第(3)部分中,所述采用RGB三色分量方差法对校正图像B进行阈值分割,

得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3的的具体步骤如下:

[0047] a)对于校正图像B,假设其大小为 $m \times n$,将校正图像B中每个像素点的RGB取值进行归一化操作,其取值范围为 $[0, 1]$,采用下式对校正图像B中的每个像素点计算RGB三色分量方差 $gate(m, n)$,并对校正图像B进行分割,得到分割图像B3'像素点的RGB取值 $f_{m,n}(r, g, b)$:

$$[0048] \quad gate(m, n) = (r_{m,n} - g_{m,n}) + (b_{m,n} - g_{m,n}) \times 6 + (r_{m,n} + g_{m,n} + b_{m,n}) / 3$$

$$[0049] \quad f_{m,n}(r, g, b) = \begin{cases} (1, 1, 1) & \text{if } gate(m, n) < 0.627 \\ (0, 0, 0) & \text{else} \end{cases}$$

[0050] 其中, $r_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m, n) 的R通道的取值, $g_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m, n) 的G通道的取值, $b_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m, n) 的B通道的取值;

[0051] b)对分割图像B3'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面公式计算,得到图像B3;图像B3中的像素值 $g3(x, y)$ 为:

$$[0052] \quad g3(x, y) = erode(dilate(f3(x, y), element))$$

[0053] 其中, $f3(x, y)$ 为分割图像B3'中的像素值, $element$ 定义为形态学运算中的结构元素; $dilate$ 定义为形态学运算中的膨胀操作; $erode$ 定义为形态学运算中的腐蚀操作。

[0054] (4)对图像B1、图像B2、图像B3三个图像进行逻辑“与”运算,得到图像C。

[0055] 4)对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断,具体方法如下:

[0056] (1)对于图像C中的每一个连通域,计算该连通域的凸包(S_i);

[0057] (2)计算每一个凸包(S_i)的面积 $area_{S_i}$ 与图像C的面积 $area_C$ 的比例:
 $area = area_{S_i} / area_C$,删除面积比小于0.02的连通域;

[0058] (4)计算每个连通域凸包(S_i)的质心(C_i)与图像C中心(C_0)的欧式距离:

$$[0059] \quad dis = \sqrt{(C_{ix} - C_{0x})^2 + (C_{iy} - C_{0y})^2};$$

[0060] 其中, C_{ix} 、 C_{iy} 分别表示凸包(S_i)质心的横坐标与纵坐标, C_{0x} 和 C_{0y} 分别表示图像C中心的横坐标与纵坐标;

[0061] (4)计算每个连通域凸包(S_i)最小外接矩形的长宽比 $scale = w/h$;

[0062] 其中 w 表示最小外接矩形的宽, h 表示最小外接矩形的长;

[0063] (5)计算每个连通域凸包(S_i)的7个Hu不变矩 $m_i (i \in [1, 7])$ (参见文献:Hu M. Visual Pattern Recognition by Moment Invariants[J]. Information Theory and Transactions on, 1962, 8(2):179-187.);

[0064] 所述Hu不变矩定义如下:

[0065] 对于大小为 $M \times N$ 的图像 $f(x, y)$, $f(x, y)$ 的二维 $(p+q)$ 阶矩定义为:

$$[0066] \quad m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x, y)$$

[0067] 相应的 $(p+q)$ 阶中心矩定义为:

$$[0068] \quad \mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y), \text{ 其中 } \bar{x} = m_{10} / m_{00}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

[0069] 由 η_{pq} 表示的归一化中心矩定义为:

$$[0070] \quad \eta_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^\gamma, \text{ 其中 } \gamma = (p+q)/2 + 1$$

[0071] Hu用归一化中心矩的线性组合构造具有平移、伸缩、旋转不变的7个Hu不变矩 $\varphi_i(i \in [1,7])$,

$$[0072] \begin{cases} \varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \\ \varphi_2 = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \varphi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ \quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \varphi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21}) \\ \varphi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - \\ \quad (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{cases}$$

[0073] (6)人工选择一张正常形状舌象图像(S_0),计算舌象图像(S_0)的7个Hu不变矩 $M_i(i \in [1,7])$,计算匹配度 $\text{match}(S_i, S_0) = \sum_{i=1}^7 \left| \frac{1}{M_i} - \frac{1}{M_i} \right|$,所述正常形状舌象图像(S_0)可为中医医生根据经验和相关专业知识的正常形状舌象图像;

[0074] (7)根据下面三个公式依次计算每个连通域凸包(S_i)的相似度score,选择相似度score的最大值,该相似度score的最大值对应的连通域凸包(S_i)为选出的候选舌体区域D:

$$[0075] \text{score} = \begin{cases} 1 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} < 0.6 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.5) \text{ and scale} < 0.3 & \text{or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} < 0.6 \\ 2 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} \in [0.6, 0.8] & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.5) \text{ and scale} \in [0.3, 0.6) \text{ or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} > 0.6 \\ 3 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} > 0.8 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1, 0.3) \text{ and scale} > 0.6 \\ 4 & \text{if area} \in [0.3, 0.5) \text{ and scale} > 0.6 \end{cases}$$

$$[0076] \text{score} = \begin{cases} \text{score} + 2 & \text{if dis} < 20 \\ \text{score} + 1 & \text{if dis} \in [20, 60) \\ \text{score} - 1 & \text{if dis} \in [150, 200) \\ \text{score} - 2 & \text{if dis} > 200 \end{cases}$$

$$[0077] \text{score} = \begin{cases} \text{score} + 3 & \text{if match} < 0.1 \\ \text{score} + 2 & \text{if match} \in [0.1, 0.5) \\ \text{score} - 1 & \text{if match} \in [10, 20) \\ \text{score} - 2 & \text{if match} > 20 \end{cases}$$

[0078] 其中,area为在步骤4)第(2)部分所求得的比例;scale为步骤4)第(4)部分所求得的长宽比;dis为步骤4)第(3)部分所求得的欧式距离;match为步骤4)第(6)部分所求得的匹配度;

[0079] 5)对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断,具体方法如下:

[0080] (1)分别计算候选舌体区域D的水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布;

[0081] (2)设灰度共生矩阵的联合概率密度分布记为 $[P_{mn}]L \times L$,其中L为灰度取值范围, $m = [0, L-1]$, $n = [0, L-1]$;根据联合概率密度分布计算得到6个纹理特征(参见文献:HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image

classification[J].Systems Man&Cybernetics IEEE Transactions on,2010,smc-3(6): 610-621.),所述6个纹理特征包括角二阶矩、对比度、熵、逆差矩、中值和灰度相关;

$$[0082] \left\{ \begin{array}{l} \text{角二阶矩} \quad \text{ASM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n}^2 \\ \text{对比度} \quad \text{CON} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n}(m-n)^2 \\ \text{熵} \quad \text{ENT} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n}(-\log P_{m,n}) \\ \text{逆差矩} \quad \text{IDM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} \frac{P_{m,n}}{1+|m-n|^k} \\ \text{中值} \quad \text{MID} = (\mu_m + \mu_n)/2 \\ \text{灰度相关} \quad \text{COR} = \frac{1}{\sigma_m \sigma_n} (\sum_{m,n=0}^{L-1} mnP_{m,n} - \mu_n \mu_m) \end{array} \right.$$

[0083] 其中, $\mu_m = \sum_{m,n=0}^{L-1} mP_{m,n}$, $\mu_n = \sum_{m,n=0}^{L-1} nP_{m,n}$, $\sigma_m^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (m - \mu_m)^2 P_{m,n}$, $\sigma_n^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (n - \mu_n)^2 P_{m,n}$ 。

[0084] (3)对步骤5)第(1)部分得到的三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布分别按照步骤5)第(2)部分的方法计算6个纹理特征,共得到候选舌体区域D的18个纹理特征量 f_i ($i \in [0,17]$);

[0085] (4)人工选择若干幅标准光照环境下采集的舌象图像,对每一幅标准光照环境下采集的舌象图像,手工分割出其中的舌体区域SD,得到若干个舌体区域SD,对每一个舌体区域SD分别计算其水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布;对这三种联合概率密度分布分别按照步骤5)第(2)部分的方法计算纹理特征,每一个舌体区域SD共得到18个纹理特征量;对这些舌体区域SD计算得到的18个纹理特征量,求每个纹理特征量的平均值 F_i ($i \in [0,17]$);

[0086] (5)计算步骤5)第(3)部分求得的纹理特征量 f_i ($i \in [0,17]$)与步骤5)第(4)部分求得的纹理特征量的平均值 F_i ($i \in [0,17]$)的纹理相似度,采用下列公式计算,若结果E小于设定的阈值T3,则判断为舌象,否则采集的图像A中不存在可供分析的舌象:

$$[0087] \quad E = \sum_{i=0}^{17} \frac{|F_i - f_i|}{|F_i| + |f_i|}$$

[0088] 本发明针对开放环境下中医舌象图像的特点进行舌象目标检测,首先对图像进行颜色校正的预处理,减少因外界光源色温带来的影响;然后对图像进行分割,得到多个连通区域;并对各连通区域进行特征判断,得到候选舌体区域;最后通过比较区域纹理特征进行判断,判断该候选舌体区域是否为舌象。本发明最终达到对图像中的舌象进行目标检测的目的,即判断当前图片中有没有舌象,如果有,舌象目标在哪。

[0089] 颜色校正过程采用改进的灰度世界算法,针对舌象图像特有的颜色特征设定相应的参数值;舌象分割部分采用最大类间方差、色调阈值分割和RGB三色分量差值分割相结合的方法进行图像分割;区域特征判断部分通过对比各区域的形状特征进行判断,得到舌体区域;舌象的纹理特征判断则采用灰度共生矩阵为特征进行检测,对获得的舌体区域进行判断比对,最终达到舌象目标检测的目的。

[0090] 相对于现有技术,本发明的有益效果为:

[0091] 1、本发明根据舌象特征利用改进的灰度世界算法对图像进行颜色校正,减少了因

采集环境颜色偏色带来的影响。

[0092] 2、本发明采用最大类间方差、色调阈值分割和RGB三色分量差值分割相结合的方法进行图像分割；根据舌象形状、位置进行区域特征判断；采用纹理特征进行检测；这些方法都是针对开放环境下的舌象特点进行处理、分析，这些方法相辅相成，结合起来使用能够更加准确地识别舌象目标，具有识别准确率高的优点。

[0093] 3、本发明使用的方法运算量小、程序实现简单，不需要训练大量数据，算法复杂度低，处理速度快，对数据集的依赖程度不高。

[0094] 本发明针对开放环境下舌象图像的特点分多个步骤进行处理、分析，达到舌象目标检测的目的。本发明的图像分割、区域特征判断、纹理特征判断几个步骤在功能上相辅相成，图像分割利用图像的颜色特征进行粗筛选，区域特征判断利用图像的形状、空间特征进行细筛选，纹理特征判断利用图像的纹理特征进行最终判断，通过结合图像的不同特征进行对比，识别的准确率较高，运算速度快，实现简单，取得了新的技术效果。相对于最接近的现有技术，具有明显的区别特征，且具有较明显的优点：本发明的方法不需要霍夫空间投票，算法复杂度低，运算量小，也不需要进行有监督的训练大量数据，因此实现较为简单，对数据集的依赖程度不高，在准确率与处理速度上更优越，更具有实用性。

[0095] 通过本发明获得的结果，有利于提高后续舌诊分析系统的容错率、鲁棒性及系统的分析速度，也便于中医医生直观、准确、方便的观察舌象，提高诊断的速度。本发明的直接目的并不是获得疾病或者健康状况的诊断结果。即使通过本发明获得结果，也只能获得图像中是否存在舌象，以及舌象的位置的结论，并不能直接得出诊断结果，需要后续的舌诊分析系统或者中医医生的进一步分析和判断。因此本发明公开的方法，其直接目的不是诊断，本发明不属于疾病的诊断方法。

附图说明

[0096] 图1为开放环境下采集的图像；

[0097] 图2为步骤3)图像分割的结果；

[0098] 图3为步骤4)筛选得到的候选舌体区域。

具体实施方式

[0099] 下面结合附图和具体实施方式对本发明技术方案做进一步详细描述：

[0100] 本发明实施例包括如下步骤：

[0101] 1)输入在开放环境下采集的图像A，如图1所示；

[0102] 2)对采集的图像A进行颜色校正，得到校正图像B；

[0103] 在步骤2)中，所述对采集的图像A进行颜色校正的具体方法如下：

[0104] (1)在标准光照环境下采集舌象图像S1，计算舌象图像S1的RGB三个颜色通道均值分别与舌象图像S1的整体均值 K_s 的比值 α_r 、 α_g 、 α_b ：

$$[0105] \quad \alpha_r = \frac{R_{avgS}}{K_s}$$

$$[0106] \quad \alpha_g = \frac{G_{avgS}}{K_s}$$

$$[0107] \quad \alpha_b = \frac{R_{avg_s}}{K_s}$$

[0108] 其中,舌象图像S1的整体均值 $K_s = (R_{avg_s} + G_{avg_s} + B_{avg_s})/3$; R_{avg_s} 、 G_{avg_s} 、 B_{avg_s} 分别为标准光照环境下采集舌象图像S1的RGB三个颜色通道的均值;所述标准光照采集环境可为D65光源,色温为6500K;

[0109] 本实施例中,各个参数的取值如下: $\alpha_r = 1.09$ 、 $\alpha_g = 0.95$ 、 $\alpha_b = 0.94$ 。

[0110] (2)按下式调整图像A的RGB三个颜色通道的均值,得到校正图像B;

$$[0111] \quad K = (R_{avg} + G_{avg} + B_{avg})/3$$

$$[0112] \quad R_d = \frac{K \times \alpha_r}{R_{avg}} R_s$$

$$[0113] \quad G_d = \frac{K \times \alpha_g}{G_{avg}} G_s$$

$$[0114] \quad B_d = \frac{K \times \alpha_b}{B_{avg}} B_s$$

[0115] 其中, K 为图像A的整体均值, R_{avg} 、 G_{avg} 、 B_{avg} 分别为图像A的RGB三个颜色通道的均值; R_d 、 G_d 、 B_d 为校正图像B每个像素点的RGB三个颜色通道的值, R_s 、 G_s 、 B_s 为图像A每个像素点的RGB三个颜色通道的值, α_r 、 α_g 、 α_b 为步骤2)第(1)部分所求得的比值;

[0116] 3)对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割,具体方法如下:

[0117] (1)将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1;

[0118] 在步骤3)第(1)部分中,所述将校正图像B转换到灰度空间图像fB1,按照最大类间方差法对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得到分割图像B1',并对分割图像B1'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B1的具体步骤如下:

[0119] a)将校正图像B转换到灰度空间图像fB1;

[0120] b)对于灰度空间图像fB1,设灰度空间图像fB1的灰度G的取值范围 $G = [0, L-1]$,各灰度值出现的概率为 P_i ,阈值为T,阈值T对灰度空间图像fB1进行二值化后分成 f_0 和 f_1 : $f_0 = [0, T]$, $f_1 = [T+1, L-1]$, f_0 和 f_1 的概率分别为 $\alpha_0 = \sum_{i=0}^T P_i$ 和 $\alpha_1 = 1 - \alpha_0$,平均灰度值分别为 $\mu_0 = \sum_{i=0}^T iP_i / \alpha_0$ 和 $\mu_1 = \sum_{i=T+1}^{L-1} iP_i / \alpha_1$,则 f_0 和 f_1 的最大类间方差为: $g^2(T) = \alpha_0(\mu_0 - \mu)^2 + \alpha_1(\mu_1 - \mu)^2 = \alpha_0\alpha_1(\mu_0 - \mu_1)^2$,其中 $\mu = \sum iP_i$,求出g取最大值时的阈值T,对灰度空间图像fB1进行阈值分割,得分割图像B1'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r, g, b)$:

$$[0121] \quad f_{x,y}(r, g, b) = \begin{cases} (255, 255, 255) & \text{if } fB1(x, y) > T \\ (0, 0, 0) & \text{else} \end{cases}$$

[0122] 其中, $fB1(x, y)$ 表示灰度空间图像fB1像素点的取值,T为阈值;

[0123] 本实施例中, $T = 90$ 。

[0124] c)对分割图像B1'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B1;图像B1中的像素值 $g1(x, y)$ 为:

$$[0125] \quad g1(x, y) = \text{erode}(\text{dilate}(f1(x, y), \text{element}))$$

[0126] $g1(x,y)=\text{bitwise_not}(g1(x,y))$

[0127] 其中, $f1(x,y)$ 为分割图像B1'中的像素值, element 定义为形态学运算中的结构元素; dilate 定义为形态学运算中的膨胀操作; erode 定义为形态学运算中的腐蚀操作; bitwise_not 定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

[0128] 本实施例中, element 定义为 $[11 \times 11]$ 的椭圆结构。

[0129] (2)将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2;

[0130] 在步骤3)第(2)部分中,所述将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2,对图像fB2的H通道进行阈值分割,得到分割图像B2',并对分割图像B2'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B2的具体步骤如下:

[0131] a)将校正图像B转换到HSV颜色空间图像fB2;

[0132] b)采用下式对图像fB2进行色调阈值分割,得到分割图像B2'像素点的RGB取值 $f_{x,y}(r,g,b)$:

$$[0133] \quad f_{x,y}(r,g,b) = \begin{cases} (255,255,255) & \text{if } h_{x,y} \in [T_1, T_2] \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

[0134] 其中, $h_{x,y}$ 表示图像fB2中H通道像素点取值, T_1 和 T_2 表示设定的阈值;

[0135] 本实施例中, $T_1=7$ 、 $T_2=29$ 。

[0136] c)对分割图像B2'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面两个公式依次计算,得到图像B2;图像B2中的像素值 $g2(x,y)$ 为:

[0137] $g2(x,y)=\text{erode}(\text{dilate}(f2(x,y),\text{element}))$

[0138] $g2(x,y)=\text{bitwise_not}(g2(x,y))$

[0139] 其中, $f2(x,y)$ 为分割图像B2'中的像素值, element 定义为形态学运算中的结构元素; dilate 定义为形态学运算中的膨胀操作; erode 定义为形态学运算中的腐蚀操作; bitwise_not 定义为对图像的每一个像素点的取反操作。

[0140] 本实施例中, element 定义为 $[11 \times 11]$ 的椭圆结构

[0141] (3)采用RGB三色分量方差法对校正图像B进行阈值分割,得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3。

[0142] 在步骤3)第(3)部分中,所述采用RGB三色分量方差法对校正图像B进行阈值分割,得到分割图像B3',并对分割图像B3'运用形态学运算平滑连通域,得到图像B3的的具体步骤如下:

[0143] a)对于校正图像B,假设其大小为 $m \times n$,将校正图像B中每个像素点的RGB取值进行归一化操作,其取值范围为 $[0,1]$,采用下式对校正图像B中的每个像素点计算RGB三色分量方差 $\text{gate}(m,n)$,并对校正图像B进行分割,得到分割图像B3'像素点的RGB取值 $f_{m,n}(r,g,b)$:

$$[0144] \quad \text{gate}(m,n) = (r_{m,n} - g_{m,n}) + (b_{m,n} - g_{m,n}) \times 6 + (r_{m,n} + g_{m,n} + b_{m,n}) / 3$$

$$[0145] \quad f_{m,n}(r,g,b) = \begin{cases} (1,1,1) & \text{if } \text{gate}(m,n) < 0.627 \\ (0,0,0) & \text{else} \end{cases}$$

[0146] 其中, $r_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的R通道的取值, $g_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的G通道的取值, $b_{m,n}$ 表示校正图像B中像素点 (m,n) 的B通道的取值;

[0147] b)对分割图像B3'运用形态学运算中的闭运算平滑连通域,根据下面公式计算,得

到图像B3;图像B3中的像素值 $g_3(x,y)$ 为:

[0148] $g_3(x,y) = \text{erode}(\text{dilate}(f_3(x,y), \text{element}))$

[0149] 其中, $f_3(x,y)$ 为分割图像B3'中的像素值, element 定义为形态学运算中的结构元素; dilate 定义为形态学运算中的膨胀操作; erode 定义为形态学运算中的腐蚀操作。

[0150] 本实施例中, element 定义为 $[11 \times 11]$ 的椭圆结构

[0151] (4)对图像B1、图像B2、图像B3三个图像进行逻辑“与”运算,得到图像C,如图2所示。

[0152] 4)对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断,具体方法如下:

[0153] (1)对于图像C中的每一个连通域,计算该连通域的凸包(S_i);

[0154] (2)计算每一个凸包(S_i)的面积 area_{S_i} 与图像C的面积 area_C 的比例:

$\text{area} = \text{area}_{S_i} / \text{area}_C$,删除面积比小于0.02的连通域;

[0155] (5)计算每个连通域凸包(S_i)的质心(C_i)与图像C中心(C_0)的欧式距离:

[0156]
$$\text{dis} = \sqrt{(C_{ix} - C_{0x})^2 + (C_{iy} - C_{0y})^2};$$

[0157] 其中, C_{ix} 、 C_{iy} 分别表示凸包(S_i)质心的横坐标与纵坐标, C_{0x} 和 C_{0y} 分别表示图像C中心的横坐标与纵坐标;

[0158] (4)计算每个连通域凸包(S_i)最小外接矩形的长宽比 $\text{scale} = w/h$;

[0159] 其中 w 表示最小外接矩形的宽, h 表示最小外接矩形的长;

[0160] (5)计算每个连通域凸包(S_i)的7个Hu不变矩 $m_i (i \in [1, 7])$;

[0161] 所述Hu不变矩定义如下:

[0162] 对于大小为 $M \times N$ 的图像 $f(x,y)$, $f(x,y)$ 的二维 $(p+q)$ 阶矩定义为:

[0163]
$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x,y)$$

[0164] 相应的 $(p+q)$ 阶中心矩定义为:

[0165]
$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x,y)$$
, 其中 $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$, $\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$

[0166] 由 η_{pq} 表示的归一化中心矩定义为:

[0167]
$$\eta_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^\gamma$$
, 其中 $\gamma = (p+q)/2 + 1$

[0168] Hu用归一化中心矩的线性组合构造具有平移、伸缩、旋转不变的7个Hu不变矩: $\varphi_i (i \in [1, 7])$,

[0169]
$$\begin{cases} \varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \\ \varphi_2 = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \varphi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ \quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \varphi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{03} + \eta_{21}) \\ \varphi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - \\ \quad (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{cases}$$

[0170] (6)人工选择一张正常形状舌象图像(S_0),计算舌象图像(S_0)的7个Hu不变矩 M_i ($i \in [1,7]$),计算匹配度 $\text{match}(S_i, S_0) = \sum_{i=1}^7 \left| \frac{1}{m_i} - \frac{1}{M_i} \right|$,所述正常形状舌象图像(S_0)可为中医医生根据经验和相关专业知识的正常形状舌象图像;

[0171] 本实施例中, M_i ($i \in [1,7]$)的值分别为:[0.167538,0.00155933,0.00032405, 6.71027×10^{-6} , -3.12169×10^{-10} , -2.63866×10^{-7} , -2.15107×10^{-11}]

[0172] (7)根据下面三个公式依次计算每个连通域凸包(S_i)的相似度score,选择相似度score的最大值,该相似度score的最大值对应的连通域凸包(S_i)为选出的候选舌体区域D,如图3所示:

$$[0173] \quad \text{score} = \begin{cases} 1 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} < 0.6 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1,0.5) \text{ and scale} < 0.3 & \text{or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} < 0.6 \\ 2 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} \in [0.6,0.8] & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1,0.5) \text{ and scale} \in [0.3,0.6) \text{ or} \\ & \text{area} > 0.5 \text{ and scale} > 0.6 \\ 3 & \text{if area} < 0.1 \text{ and scale} > 0.8 & \text{or} \\ & \text{area} \in [0.1,0.3) \text{ and scale} > 0.6 \\ 4 & \text{if area} \in [0.3,0.5) \text{ and scale} > 0.6 \end{cases}$$

$$[0174] \quad \text{score} = \begin{cases} \text{score} + 2 & \text{if dis} < 20 \\ \text{score} + 1 & \text{if dis} \in [20,60) \\ \text{score} - 1 & \text{if dis} \in [150,200) \\ \text{score} - 2 & \text{if dis} > 200 \end{cases}$$

$$[0175] \quad \text{score} = \begin{cases} \text{score} + 3 & \text{if match} < 0.1 \\ \text{score} + 2 & \text{if match} \in [0.1,0.5) \\ \text{score} - 1 & \text{if match} \in [10,20) \\ \text{score} - 2 & \text{if match} > 20 \end{cases}$$

[0176] 其中,area为步骤4)第(2)部分所求得的比例;scale为步骤4)第(4)部分所求得的长宽比;dis为步骤4)第(3)部分所求得的欧式距离;match为步骤4)第(6)部分所求得的匹配度;

[0177] 5)对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断,具体方法如下:

[0178] (1)分别计算候选舌体区域D的水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布;

[0179] (2)设灰度共生矩阵的联合概率密度分布记为 $[P_{mn}]_{L \times L}$,其中L为灰度取值范围, $m = [0, L-1]$, $n = [0, L-1]$;根据联合概率密度分布计算得到6个纹理特征,所述6个纹理特征包括角二阶矩、对比度、熵、逆差矩、中值和灰度相关;

$$[0180] \left\{ \begin{array}{l} \text{角二阶矩} \\ \text{对比度} \\ \text{熵} \\ \text{逆差矩} \\ \text{中值} \\ \text{灰度相关} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{ASM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n}^2 \\ \text{CON} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n} (m-n)^2 \\ \text{ENT} = \sum_{m,n=0}^{L-1} P_{m,n} (-\log P_{m,n}) \\ \text{IDM} = \sum_{m,n=0}^{L-1} \frac{P_{m,n}}{1+|m-n|^k} \\ \text{MID} = (\mu_m + \mu_n)/2 \\ \text{COR} = \frac{1}{\sigma_m \sigma_n} (\sum_{m,n=0}^{L-1} mn P_{m,n} - \mu_n \mu_m) \end{array}$$

[0181] 其中, $\mu_m = \sum_{m,n=0}^{L-1} m P_{m,n}$, $\mu_n = \sum_{m,n=0}^{L-1} n P_{m,n}$, $\sigma_m^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (m - \mu_m)^2 P_{m,n}$, $\sigma_n^2 = \sum_{m,n=0}^{L-1} (n - \mu_n)^2 P_{m,n}$

[0182] (3)对步骤5)第(1)部分得到的三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布分别按照步骤5)第(2)部分的方法计算6个纹理特征,共得到候选舌体区域D的18个纹理特征量 f_i ($i \in [0, 17]$);

[0183] (4)人工选择若干幅标准光照环境下采集的舌象图像,对每一幅标准光照环境下采集的舌象图像,手工分割出其中的舌体区域SD,得到若干个舌体区域SD;对每一个舌体区域SD分别计算其水平、垂直、对角偏移量三种灰度共生矩阵的联合概率密度分布;对这三种联合概率密度分布分别按照步骤5)第(2)部分的方法计算纹理特征,每一个舌体区域SD共得到18个纹理特征量;对这些舌体区域SD计算得到的18个纹理特征量,求每个纹理特征量平均值 F_i ($i \in [0, 17]$);

[0184] (5)计算步骤5)第(3)部分求得的纹理特征量 f_i ($i \in [0, 17]$)与步骤5)第(4)部分求得的纹理特征量平均值 F_i ($i \in [0, 17]$)的纹理相似度,采用下列公式计算,若结果E小于设定的阈值T3,则判断为舌象,否则采集的图像A中不存在可供分析的舌象:

$$[0185] \quad E = \sum_{i=0}^{17} \frac{|F_i - f_i|}{|F_i| + |f_i|}$$

[0186] 本实施例中,标准舌象特征向量平均值 F_i ($i \in [0, 17]$)的取值分别为:

[0187] [0.00280036, 59.4779, 0.428998, 2.9444, 136.397, 939.903, 0.00197886, 68.4362, 0.348336, 3.0673, 136.616, 1336.41, 0.00292386, 38.6503, 0.442026, 2.9221, 136.406, 901.906], 阈值T3的取值为4.7。

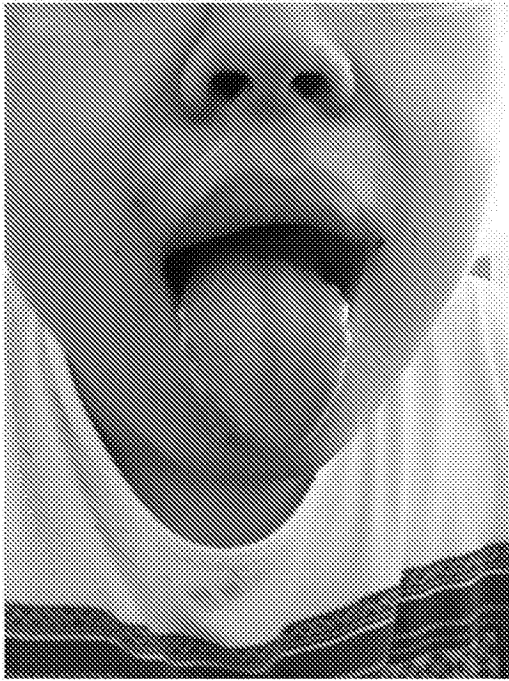


图1

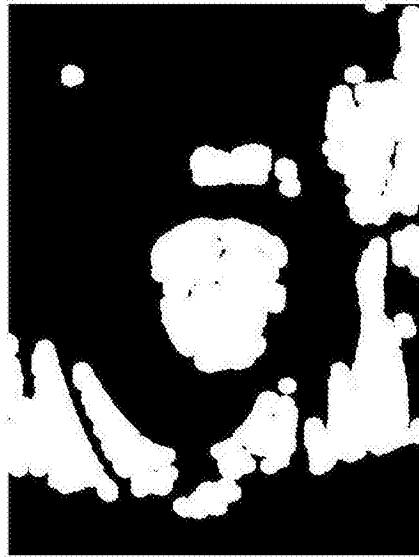


图2

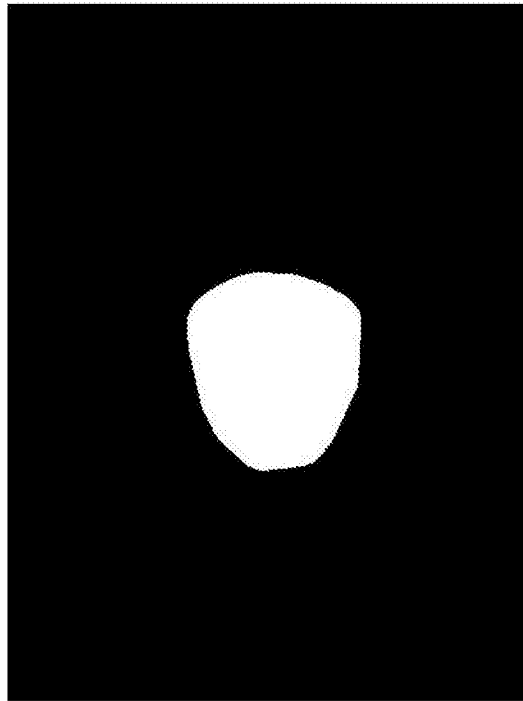


图3

专利名称(译)	一种开放环境下中医舌象目标检测方法		
公开(公告)号	CN106023151A	公开(公告)日	2016-10-12
申请号	CN201610300494.4	申请日	2016-05-09
[标]申请(专利权)人(译)	厦门大学		
申请(专利权)人(译)	厦门大学		
当前申请(专利权)人(译)	厦门大学		
[标]发明人	黄晓阳 郑丰 王博亮 王彦晖		
发明人	黄晓阳 郑丰 王博亮 王彦晖		
IPC分类号	G06T7/00 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0077 G06T7/0012 G06T2207/10024		
其他公开文献	CN106023151B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种开放环境下中医舌象目标检测方法，涉及医学图像处理。1)输入在开放环境下采集的图像A；2)对采集的图像A进行颜色校正，得到校正图像B；3)对步骤2)得到的校正图像B进行图像分割；4)对步骤3)得到的图像C进行区域特征判断；5)对步骤4)得到的候选舌体区域D进行纹理特征判断。首先对图像进行颜色校正的预处理，减少因外界光源色温带来的影响；然后对图像进行分割，得到多个连通区域；并对各连通区域进行特征判断，得到候选舌体区域；最后通过比较区域纹理特征进行判断，判断该候选舌体区域是否为舌象。最终达到对图像中的舌象进行目标检测的目的，即判断当前图片中有没有舌象，如果有，舌象目标在哪。

$$\alpha_r = \frac{R_{avg_s}}{K_s}$$