

舌下赘生物轮廓提取方法初步研究^①

朱煥超^{②*} 闫子飞^{③***} 张大鹏^{***} 李乃民^{****}

(* 哈尔滨工业大学机电工程学院媒体技术与艺术系 哈尔滨 150001)

(** 哈尔滨工业大学航天学院控制科学与工程系 哈尔滨 150001)

(*** 香港理工大学计算学系 香港 999077)

(**** 解放军第二一一医院普外科 哈尔滨 150080)

摘 要 研究了一种从彩色舌下图像中提取舌下赘生物的方法。根据舌下图像的特点,方法中首先对舌面反光区域检测方法进行改进,提出了针对提取舌下赘生物的反光区域强检测方法,并运用反距离权重插值法对检测出的反光区域进行填充;然后应用自适应直方图均衡化,结合多阈值大津法进行粗分割,得到候选赘生物区域;进而,采用几何测度对不符合舌下赘生物特点的区域进行初步筛选;最后,通过观察赘生物隆起会在其临近区域产生阴影的舌质特征划定最终轮廓。实验结果表明,上述方法能有效地分离目标区域,较为准确地刻画舌下赘生物的轮廓边界。

关键词 计算机化舌诊,舌下赘生物,反距离权重插值,多阈值大津法,面积交迭度(AOM)

0 引 言

舌体是人身中唯一裸露在外的脏器,是中医“望诊”中舌诊的重要诊查对象。为克服传统舌诊所面临的缺乏客观化、定量化等问题,建立一套舌诊的客观化诊断体系十分必要。目前,计算机化舌诊的研究绝大部分是针对舌面开展的,Pang^[1]和 Ning^[2]等实现了对舌面轮廓的分割;卢谢吉^[3]针对舌面图像进行了瘀斑瘀点特征的检测研究,何苗^[4]等对舌面的红刺进行了分类研究,蔡铁珩^[5]对舌苔润燥进行了分析,Huang^[6]通过几何特征对舌形进行分类。而针对舌腹面即舌背部诊断特征的客观化方法的相关研究仍较少,其中闫子飞^[7,8]等对舌下静脉轮廓进行提取,并初步分析了舌下静脉的颜色特征。

舌下赘生物是重要的舌象特征,可辅助诊断多种病症,例如在辨别血瘀症的过程中,单纯用舌色来确定瘀症是比较薄弱的,结合赘生物等指标可以综合判定血瘀程度;原发性肝癌的舌象特点之一是舌下赘生物增多,舌脉饱满或扩张;肺、胸膜结核性疾病的舌象特点是舌脉饱满,舌下赘生物增多^[9]。由上所述,舌下赘生物对于病证的辅助诊断是一个不

可缺少的指标,但计算机化舌诊对舌下赘生物特征的提取与量化方面的研究仍然较少,本文主要对舌下赘生物的轮廓提取方法进行初步探讨。由于舌下质凹凸不均,夹杂静脉、舌系带等干扰,同时需要卷舌采集图像导致诸多阴影的产生,这些都使对舌下图像处理的难度相对舌面图像处理会更大。本文首先对图像进行预处理,使用改进的反光点强检测方法对舌腹面反光点和高亮区域进行反光检测并填充,以尽可能消除反光的干扰;然后,应用自适应直方图均衡化方法增强去反光后的舌腹面区域的对比度,并运用多阈值大津法对有可能含有舌下赘生物的区域特征检测出准确的舌下赘生物轮廓,并应用面积交迭度方法对实验结果进行评价。

1 舌下图像预处理

1.1 含赘生物舌下图像特征分析

舌下赘生物是中医舌诊中病证诊断的一种辅助特征,但它并非从所有舌下图像中都能检测到,因此,本文主要考察含有舌下赘生物的区域轮廓分割处

① 国家自然科学基金(61102037, 61001037)资助项目。

② 男,1990年生,硕士生;研究方向:图像处理,人机交互技术;E-mail: amber_1980@163.com

③ 通讯作者,E-mail: cszyan@gmail.com

(收稿日期:2013-09-24)

理后的彩色舌腹面(舌背面)图像,如图1所示,其中,箭头下方白线包围区域内的突起部分为本文所要分割的舌下赘生物。

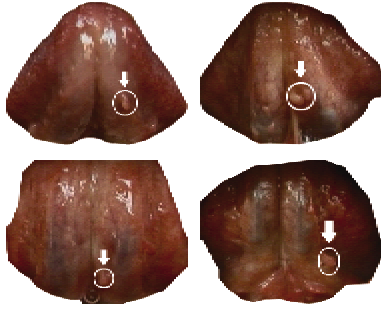


图1 含有舌下赘生物的彩色舌腹面图像

通过对大量舌腹面图像的观察发现,含有舌下赘生物的舌腹面图像具有如下特点:(1)舌下赘生物区域所占比例普遍较小;(2)图像中高亮或反光区域对舌下赘生物的提取存在一定干扰;(3)一些被采集者的舌系带较突出,容易与突出的赘生物特征混淆;(4)赘生物的隆起部分将会在其周围产生局部阴影。鉴于以上特点,在提取赘生物轮廓之前,预处理阶段应尽可能消除舌腹面图像中高亮与反光等区域对赘生物提取的干扰。

1.2 反光区域的强检测

由于舌下赘生物较周围舌质区域更为突出,致使赘生物中心区域亮度较高或易形成反光点。因而,舌腹面其他高亮区域会对赘生物的提取造成很大干扰。舌腹面的高亮区域主要是由于舌体外围所

覆盖的唾液分布不均而在光线的照射下形成的,部分区域亮度很高,而饱和度很低。计算机化舌诊中,检测并填充反光点一般作为提取其他特征的预处理,也常通过舌面反光点的数量来判定舌面的润燥程度。舌面反光点检测方法使用适当的亮度和饱和度阈值判定当前像素点是否为反光点,一般设 T_i 、 T_s 分别为亮度和饱和度所限定的阈值, $\bar{I}$ 、 $\bar{S}$ 分别为图像亮度和饱和度的均值, $I_{\max}$ 、 $S_{\max}$ 分别为亮度和饱和度的最大值, $I_{\min}$ 、 $S_{\min}$ 分别为亮度和饱和度的最小值。 T_i 和 T_s 的具体公式如下:

$$T_i = \begin{cases} \bar{I} + 2\alpha \frac{\bar{I} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (I_{\max} - \bar{I}), & \alpha \leq 0.5 \\ I_{\max} - 2(1 - \alpha) \frac{I_{\max} - \bar{I}}{I_{\max} - I_{\min}} (I_{\max} - \bar{I}), & \alpha > 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

$$T_s = \begin{cases} S_{\min} + 2\beta \frac{\bar{S} - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} (\bar{S} - S_{\min}), & \beta \leq 0.5 \\ \bar{S} - 2(1 - \beta) \frac{S_{\max} - \bar{S}}{S_{\max} - S_{\min}} (\bar{S} - S_{\min}), & \beta > 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

其中 α 、 β 为两个调节参数。

直接采用处理舌面反光点的方法检测舌腹面反光区域的结果,如图2所示。其中,当使用严格的阈值调节参数 $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 0.5$ 时,结果如图2(b)所



(a)原始舌腹面图像 (b)严格舌面反光点检测法的处理结果 (c)宽松舌面反光点检测法的处理结果 (d)反光区域强检测法的处理结果

图2 舌腹面反光点与高亮区域的检测

示;使用宽松的阈值调节参数 $\alpha = 0.5, \beta = 0.8$ 时,结果如图 2(c) 所示。可以看到,通过限定舌面反光点检测公式的调节参数仍能较好地去除绝大部分舌腹面反光点,这对于提取舌腹面中舌下静脉等特征而言是较好的反光检测方法。但对于舌下赘生物这种自身高亮的特征,这种去反光后的图像仍然保留了大量与舌下赘生物相近的高亮区域,没有完全消除舌腹面其他高亮区域的干扰。为此,本文提出了针对舌下赘生物轮廓提取的反光区域强检测方法,以增加高亮区域对饱和度阈值选取的影响,具体公式为

$$T_i = \gamma \frac{I_{\max}}{I_{\max} - I_{\min}} \bar{S} \quad (3)$$

其中, γ 为调节参量,本文实验中 γ 值取 0.595 时处理效果较好。通过反光区域强检测方法去除高亮区域与反光点后的效果如图 2(d) 所示。该方法以损失部分舌下静脉特征为代价,基本去除了与赘生物亮度相近的高亮区域。

1.3 应用反距离权重插值法填充反光区域

检测出反光区域以后一般需要对反光区域进行适当填充以不影响对其他区域的处理。为了达到修复高亮区域使之与周围舌质区域视觉上相近,同时保留舌下赘生物区域在视觉上的显著性,本文采用反距离权重插值法^[10]对反光区域进行填充。该方法在图像空间可以反映图像像素邻域之间的相关性,使插值效果更为平滑,其公式如下:

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^N W_i(x, y) I(x_i, y_i) \quad (4)$$

$$W_i(x, y) = \frac{d_i^{-\alpha}(x, y)}{\sum_{i=1}^N d_i^{-\alpha}(x, y)} \quad (5)$$

式中, W_i 是分配给每个采样点的权重, $I(x_i, y_i)$ 为采样点的灰度值, $I(x, y)$ 为插值点的灰度值, N 为填充区域外轮廓的像素总数, α 表示影响衰减的指数速率, $d_i(x, y)$ 代表插值点与采样点的距离 $d_i(x, y) = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$ 。

反距离权重插值体现了空间的自相关性,距离填充位置越近的点对其影响越大,反之则越小。在填充过程中,以外圈轮廓逐渐向内缩小的方式进行插值,如图 3 所示,插值顺序以从黑向白的方向进行,直到最后区域填充完毕,如图 4 第三行所示。从



图 3 反距离权重插值填充顺序示意图

实验结果可以看出,与舌面反光点填充常用的均值填充法(图 4 中第二行)相比,应用这种方法填充后的舌腹面图像与前面提出的反光区域强检测方法一样,在去除反光点的同时也消除了与赘生物亮度相近区域的影响,其代价就是丢失了部分舌腹面的其他特征,如舌下静脉。但填充后的舌腹面图像整体变化均匀自然,且保留了舌下赘生物的视觉显著性,因此,使用这种方法较适合本文提取舌下赘生物的最终目标。



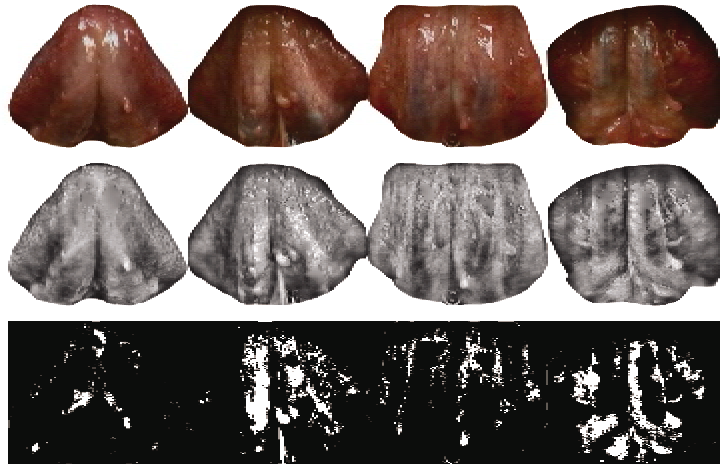
从上至下依次为原始舌腹面图像、平均值填充效果图和反距离权重插值填充效果图

图 4 填充高亮与反光区域

2 舌下赘生物的粗分割

经过上述处理后得到的去除高亮与反光区域影响的舌腹面图像中舌下赘生物的特征得到较完整的保留,为了进一步突出舌下赘生物,此处应用局部自适应直方图均衡化方法^[11]增强舌腹面图像的

对比度:首先把图像划分为若干子块,然后对每个子块进行直方图均衡化,并使用双线性插值的方法抑制子块之间的边界效应,经自适应直方图均衡处理后的舌腹面灰度图像如图5中第二行所示。尽管增强对比度后的舌腹面图像中舌下赘生物区域较其他舌下区域更为明显,但自动选取适当的单阈值将其从舌质背景中提取出来仍是一个难题。



从上至下依次为原始舌腹面图像,经自适应直方图均衡化处理后的舌腹面图像和多阈值大津法分割中最高层二值图

图5 多幅图像的多阈值分层处理

大津法常应用于灰度图像目标和背景的自动分割,它是在灰度直方图基础上用最小二乘法原理推导出来的,用以选取具有统计意义上的最佳分割阈值。然而,由图5可以看出,与赘生物区域亮度相近的区域较多,且赘生物区域内部的亮度变化亦不均匀,直接在自适应直方图均衡化处理后的舌腹面图像上进行单阈值大津法无法分割出赘生物的全部有效区域。因此,本文使用多阈值大津法在直方图的相邻波峰之间寻找最佳波谷,将赘生物与舌质分离,以实现舌下赘生物的粗分割,旨在尽可能多地获取赘生物的有效区域的同时,抑制舌下其他区域的干扰。本文使用极值峰值^[12]的思想来确定多阈值进行分割,具体实现如下:

(1)令 $\{0,1,2,\dots,255\}$ 表示舌下图像256个灰度级并统计舌腹面图像的灰度直方图,在统计直方图的极大值中有很多是没有意义的伪峰值,去掉它们的做法是检查与极大值相邻的极小值,当左右两个极小值都大于给定的阈值时,认为该极大值是一个独立峰值,否则把它与前一个或后一个极大值比较,取大者作为峰值。

(2)步骤(1)完成后极大值依然很多,故此处理定在一定的灰度级范围内选择最大极值点进行分

割。

(3)应用大津法计算两两独立峰值之间最佳分割阈值。假设独立的峰值为 η_1, η_2 , 阈值 k 把相邻独立峰值之间处理为 C_1 和 C_2 两类,根据 σ^2 类间方差公式确定分割点,公式如下:

$$\sigma^2(k) = P_1(m_1 - m_c)^2 + P_2(m_2 - m_c)^2 \quad (6)$$

其中, m_c 为整幅图像的平均灰度, $P_1(k)$ 为类 C_1 发生的概率, $P_2(k)$ 为类 C_2 发生的概率, m_1, m_2 分别是 C_1 和 C_2 类的平均灰度。公式如下:

$$m_c = \sum_{i=0}^{255} ip_i$$

$$P_1(k) = \sum_{i=\eta_1}^k p_i$$

$$P_2(k) = \sum_{i=k+1}^{\eta_2} p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=0}^{255} n_i}$$

$$m_1 = \frac{1}{P_1(k)} \sum_{i=\eta_1}^k ip_i$$

$$m_2 = \frac{1}{P_2(k)} \sum_{i=k+1}^{\eta_2} ip_i$$

式中 p_i 为各级像素占总像素数的概率, n_i 表示灰度级为 i 的像素数。逐渐变化 k 值使 σ^2 类间方差值最大, 此时的 k 便是区分这两个类的最佳分割阈值。得到所有独立峰值的分割点, 从高到低用白至黑的灰阶显示各分割结果便产生了“层”的概念, 分割阈值越大, 用来显示分割结果区域的灰阶越高, 越接近白色, 其实现的结果如图 6 所示, 可见赘生物被分割于最高层的白色区域, 阴影被分割于最低层的黑色区域。

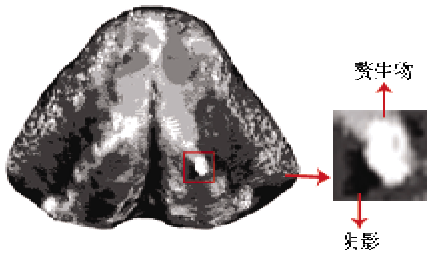


图 6 多阈值大津法分割结果示意图

至此, 赘生物已经被粗分割出来, 将除最高层 (白色) 外的区域置黑, 如图 5 第三行所示。与原始舌腹面图像比对可知, 应用该方法粗分割得到的舌下赘生物候选区域保留了赘生物的完整区域信息, 且赘生物区域与周围舌质背景分属不同“层”。

3 基于区域特征提取舌下赘生物轮廓

由于粗分割后的候选赘生物区域仍存在部分干扰区域, 考虑到这些区域的随机性和舌下赘生物图像特征, 本文使用面积、几何测度以及邻域阴影检测等区域特征辅助赘生物轮廓的准确提取。

3.1 面积的筛选

由于采集舌下图像时需被采集者上卷舌并抵住上牙, 舌体始终位于口中, 而舌下赘生物属于舌下局部微小突起, 赘生物区域的面积一般较小。此外, 由于不同个体能伸展舌的程度不同, 赘生物的大小虽相对固定, 但舌腹面的区域大小不定, 致使很难使用某个比例值通过舌腹面的面积来限定赘生物的面积。通过实验发现, 在我们的舌下图像数据库中, 舌下赘生物区域的像素面积一般在 35 到 900 之间。因此, 像素面积在此范围之外的候选赘生物区域将被剔除。

3.2 几何测度的筛选

观察赘生物图像特征发现, 其边缘较规整, 一般呈圆状或宽长条状凸起, 因此, 可采用圆形度、矩

形度以及扁度等几何测度进一步剔除干扰区域。圆形度^[13]反映了物体接近圆形的程度 (见表 1), 其中 A 为区域面积, P 为周长。在相同面积下, 较光滑的图形边界较短; 圆形度较大, 表明形状较紧致。计算圆形度时先填充各区域孔洞, 计算区域的实心面积, 周长用图像中区域轮廓的像素数表征, 依据赘生物图像特征剔除圆形度较小的区域。矩形度^[14]定义为待测区域面积 A_0 与待测区域的最小外接矩形的面积 A_R 之比, 利用矩形度可以剔除不规则形状的干扰区域。此外, 舌腹面上除可能有赘生物外一般都有较狭长的舌系带, 由于舌系带较为突出的生理特点也会对赘生物的提取造成干扰, 运用前面的方法很难将其筛选掉, 故在此使用扁度^[15]对其进行剔除, 式中 a 为待测区域长轴, b 为待测区域短轴, 分别用待测区域最小外接矩形的长边和短边定义, 利用这种方法可去掉类似舌系带的扁且狭长的区域。

表 1 几何测度及其计算公式

几何测度	计算公式
圆形度	$C = \frac{4\pi A}{P^2}$
矩形度	$R = \frac{A_0}{A_R}$
扁度	$e = 1 - \frac{b}{a}$

3.3 邻域阴影检测

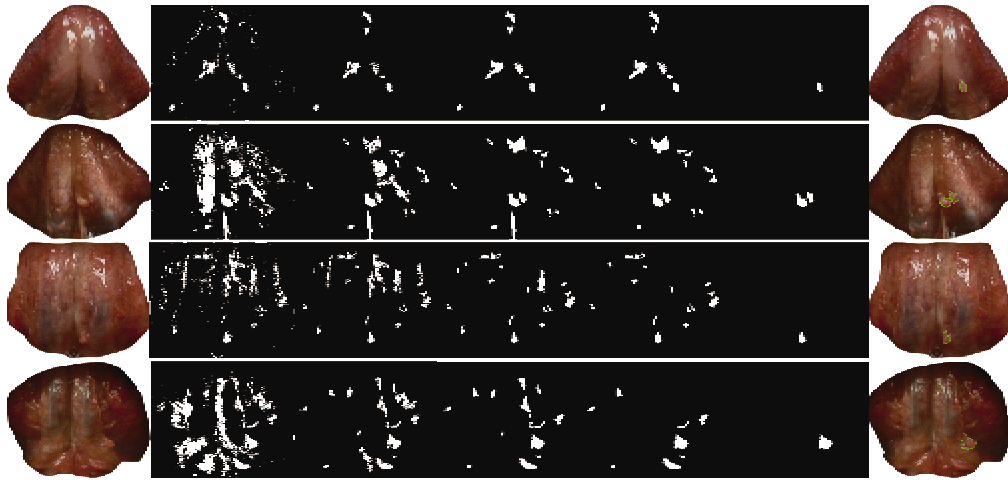
能够识别赘生物不仅仅因为其灰度、形状的特殊性, 另外一个重要的特点是赘生物的隆起可以在其临近处产生阴影, 故可利用这个特点对赘生物候选区域进行筛选。

多阈值大津法最低层所表示的即为阴影区域, 利用这个特点, 当对待测区域进行小范围形态学膨胀处理后会与阴影重合, 符合这个条件的区域便可确定为赘生物。实验结果发现该方法能去除大部分干扰区域, 最终赘生物得到了有效提取, 如图 7 所示。

4 实验结果分析

面积交迭度 (area overlap measure, AOM)^[16]方法可用来分析分割轮廓围成的区域与真实轮廓围成区域之间的差异, 其定义如下:

$$AOM(A, B) = \frac{Area\{S_A \cap S_B\}}{Area\{S_A \cup S_B\}} \quad (7)$$



从左至右依次为原始舌腹面图像、多阈值大津法分割最高层二值图、面积筛选结果、圆形度筛选结果、矩形度及扁度筛选结果、邻域阴影检测结果和最终的赘生物轮廓

图7 应用区域特征提取赘生物轮廓

式中 S_A 和 S_B 分别表示本文方法所提取的赘生物轮廓的内部区域与手工分割的赘生物轮廓的内部区域,其面积值可由该区域包含的像素点数目表示。从式(7)可以看出,当 S_A 与 S_B 重合时, AOM 取得最大值1;当 S_A 与 S_B 不相交时, AOM 取得最小值0。因此,面积交迭度的取值范围是 $[0, 1]$,当面积交迭度越趋近于1时,则表示算法分割的质量越好。

在开展计算机化舌诊研究的初期,主要模拟中医日常诊断环境,在自然光下采集舌面与舌下图像。随着研究的深入,应用文献[17]中介绍的舌图像获取设备在标准化采集环境下采集了大量适合舌诊客观化研究的舌图像。但是,由于舌下赘生物是特定疾病患者才具有的舌下特征,目前采集到的含有舌下赘生物的舌腹面图像仍较为稀少。因此,为了分析本文提出的舌下赘生物分割方法的有效性,实验

采用了两组含有赘生物的舌腹面图像。实验组1由文献[17]中介绍的舌图像获取设备所采集的21幅具有舌下赘生物特征的彩色舌腹面图像构成;实验组2由自然光下采集的30幅具有舌下赘生物特征的彩色舌腹面图像构成。首先,由中医医师以手工描点的方式将舌腹面图像中的赘生物区域描画出来,作为该舌腹面图像中赘生物区域的准确分割依据;然后,使用本文提出的舌下赘生物轮廓提取方法对两组实验图像进行处理;最后,应用 AOM 方法对两组舌腹面图像中赘生物的分割结果进行评价。

为了比较本文提出的反光区域强检测方法与舌面反光点检测方法对舌下赘生物轮廓提取的有效性,实验中分别对两组图像使用这两种方法进行高亮区域的剔除,得到分割结果后进行面积交迭度分析,如图8所示。在图中使用反光区域强检测方法

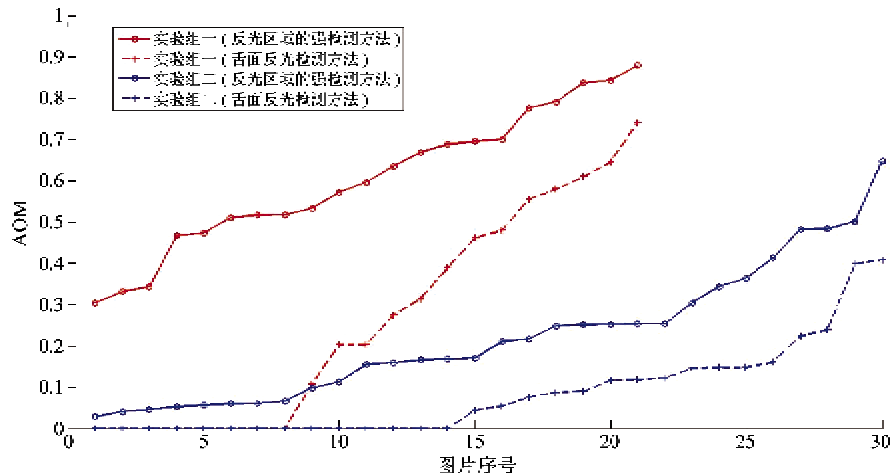


图8 两种不同采集环境下应用反光区域强检测方法与舌面反光点检测方法处理后的舌下赘生物轮廓分割 AOM 评价

后进行赘生物轮廓分割的分析结果以空心圆点线表示,使用舌面反光点检测方法后进行赘生物轮廓分割的分析结果以十字点线表示。其中,横坐标为图像的序号,按计算得到的面积交迭度由小到大的顺序显示。经两种高亮与反光区域检测方法处理后的舌下赘生物轮廓分割的平均准确度如表 2 所示。

表 2 两种不同采集环境下反光区域强检测方法与舌面反光点检测方法处理后的平均分割准确度统计

	舌面反光点检测方法	反光区域强检测方法
第一组	26.49%	60.40%
第二组	8.59%	22.22%

虽然从表 2 中看到应用本文提出的赘生物提取方法仅能达到约 60.40% 的平均准确率,但从图 8 可以看出,除了少数连肉眼都较难区分的赘生物区域,以及实验组 2 中非标准化采集环境下获取的部分反光过强的舌腹面图像,大部分标准化采集环境下获取的具有赘生物特征的舌腹面图像(实验组 1)都得到了较准确的赘生物轮廓,最高准确度达到 87.92%。但是,每次对反光区域的填充都需要计算其反距离权重,导致整个分割过程耗时较长。此外,以中医医师手工描点方式标注的舌腹面赘生物图像为基准,对两组舌腹面图像应用本文所提方法进行舌下赘生物提取的平均错检率与平均漏检率统计如表 3 所示。从表 3 可以看出,本文所提方法对两组图像的舌下赘生物的错检率均较低,实验组 2 中非标准采集环境下获取的舌腹面图像由于图像质量原因导致舌下赘生物漏检率较高。从实验结果可以看出,本文针对舌下赘生物提出的反光区域的强检测方法较舌面反光点检测方法更适合辅助赘生物轮廓的提取。

表 3 本文所提方法对两种不同采集环境下获取的舌腹面图像中赘生物的平均错检率与平均漏检率统计

	平均错检率	平均漏检率
第一组	0.65%	17.48%
第二组	1.30%	61.37%

5 结 论

舌下赘生物是中医舌诊中重要的舌象诊查特征之一,舌下赘生物轮廓提取具有重要意义。本文提出了一种舌下赘生物轮廓提取的有效方法。该方法

首先根据舌下赘生物的高亮特征进行针对舌下赘生物的反光区域强检测;然后使用反距离权重插值法对反光区域进行填充,平滑高亮干扰区域的同时保留赘生物的视觉显著性;进而使用多阈值大津法选取候选赘生物“层”实现对赘生物区域的粗分割,保留赘生物的完整性;最后基于区域特征特别是赘生物的邻域阴影检测实现对赘生物区域的完整分割。实验结果表明,该方法能有效地提取出标准化舌图像采集环境中获取的具有舌下赘生物的舌腹面图像中的赘生物区域,使今后在计算机化舌诊中量化舌下赘生物特征进行疾病诊断成为可能。

然而,由于舌下赘生物的形态特征导致其在图像中所表现出的高亮度特点,使得赘生物区域的颜色、梯度、边缘、边界等图像特征被弱化,因而本文方法中使用了较多的先验知识,利用多种区域描述特征辅助其轮廓提取。如何利用人类视觉特性,设计出快速准确且尽量减少使用先验知识的舌下赘生物轮廓提取方法是将来需要进一步研究的内容。

参考文献

- [1] Pang B, Zhang D, Wang K. The bi-elliptical deformable contour and its application to automated tongue segmentation in Chinese Medicine. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2005, 24(8): 946-956
- [2] Ning J, Zhang D, Wu C, et al. Automatic tongue image segmentation based on gradient vector flow and region merging. *Neural Computing & Applications*, 2012, 21(8): 1819-1826
- [3] 卢谢吉. 舌图像中瘀斑瘀点检测技术研究: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学计算机学院, 2008. 15-51
- [4] 何苗, 王宽全, 刘春雨. 基于 Gabor 小波和特征加权的红刺舌象分类. *现代生物医学进展*, 2007, 7(11): 1714-1717
- [5] 蔡铁珩, 沈兰荪. 二分光反射模型在中医舌苔润燥分析中的应用. *电子学报*, 2004, 32(6): 1026-1028
- [6] Huang B, Wu J, Zhang D, et al. Tongue shape classification by geometric features. *Information Sciences*, 2010, 180(2): 312-324
- [7] 闫子飞, 王宽全, 李乃民. 基于贝叶斯决策论的自适应舌脉分割方法. *高技术通讯*, 2007, 17(5): 453-457
- [8] Yan Z, Wang K, Li N. Computerized feature quantification of sublingual veins from color sublingual images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2009, 93(2): 192-205
- [9] 李乃民, 张大鹏, 王宽全. 舌诊学. 北京: 学苑出版

- 社, 2006. 232-235, 270-274, 327-329
- [10] He Q, Zhang Z, Yi C. 3D fluorescence spectral data interpolation by using IDW. *Spectrochimica Acta Part A*, 2008, 71: 743-745
- [11] Zuiderveld K. Graphics Gems IV. CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1994. 474-485
- [12] 王祥科, 郑志强. Otsu 多阈值快速分割算法及其在彩色图像中的应用. 计算机应用, 2006, 6(26): 14-15
- [13] 张建恩, 曹长修, 金琼. 图像处理中的圆分析算法. 重庆大学学报(自然科学版), 2005, 28(11): 43-45
- [14] 卢蓉, 范勇, 陈念年等. 一种提取目标图像最小外接矩形的快速算法. 计算机工程, 2010, 36(21): 178-180
- [15] 于殿泓. 图像检测与处理技术. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006. 185-186
- [16] Sahiner B, Petrick N, Chan H. Computer-Aided characterization of mammographic masses: accuracy of mass segmentation and its effects on characterization. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2001, 20(12): 1275-1284
- [17] 张宏志. 舌图像获取与分析技术研究: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学计算机学院, 2007. 20-49

A preliminary research on segmentation of sublingual vegetation

Zhu Huanchao^{*}, Yan Zifei^{* **}, Zhang Dapeng^{***}, Li Naimin^{****}

(^{*} Department of Media Technology and Art, School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

(^{**} Department of Control Science and Engineering, School of Astronautics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

(^{***} Department of Computing, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077)

(^{****} Department of Surgery, No.211 Hospital of PLA, Harbin 150080)

Abstract

A method for segmenting the sublingual vegetation from color sublingual images was studied. Firstly, the light reflecting detection process for tongue surface was proposed based on the image feature of the dorsum of tongue, and a strong detection method was specially designed for sublingual vegetation segmentation for light reflecting regions, and the inverse distance weighting interpolation was used to fill the detected regions. Then, the adaptive histogram equalization combined with the multi-threshold Otsu method was applied to coarse segmentation of the image, and the candidate vegetation regions was obtained. Finally, the final contour of sublingual vegetation was extracted by observation of the shadows produced by the protuberance of the sublingual vegetation in its neighborhood. The area overlap measure was employed to measurement of the similarity of the segmentation results and the ground truth, and the experimental results reveal that the proposed method can effectively isolate the target regions and accurately depict the boundary of sublingual vegetation to a great extent.

Key words: computerized tongue diagnosis, sublingual vegetation, inverse distance weighting interpolation, multi-threshold Otsu method, area overlap measure (AOM)