

舌象裂纹提取及特征分析

施展,周昌乐

(厦门大学软件学院,福建 厦门 361005)

摘要:舌面的裂纹是一项重要的舌诊指标。文中提出的算法创新点在于用识别器能快速判断舌面是否存在裂纹;对于存在裂纹的舌象,用改进的 Confidence Connected 区域生长算子能有效提取裂纹区域;最后由分析器从可见性和深浅两方面分析表征裂纹特征。总体试验结果令人满意。

关键词:中医舌诊;裂纹;区域分割;区域生长

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)05-0245-04

Fissure Extraction and Analysis of Image of Tongue

SHI Zhan, ZHOU Chang-le

(Software School, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The fissure on a tongue image is an important feature in the Traditional Chinese Medical diagnosis. The algorithm this paper proposed has a creative perspective, it uses a fast detector to judge if there is fissure on the tongue or not. For those images which have fissure, a modified region growing operator based on Confidence Connected could extract fissure region out. Finally, an analyzer calculates FVI (fissure visibility index) and FDI (fissure depth index) to present fissure properties. As a whole, the final experimental results are satisfying.

Key words: tongue feature diagnosis in Traditional Chinese Medicine; tongue's fissure; region segmentation; region growing

0 引言

中医学具有二千多年的丰富实践经验,形成了独特的理论体系,对疾病的认知具有疾病认知综合性、认知手段主观性、诊疗个性化的特点。随着现代科技的发展,中医现代化已是必然趋势,其中诊疗手段技术的客观化、标准化成为中医现代化的主要内容之一。

中医的诊断主要有望闻问切四诊,舌诊是望诊的一个部分,通过对舌与苔的观察,可以获得脏腑气血各种病理变化的情况,而为辨证与论治的一种凭证。

舌面的裂纹是一项重要的舌诊指标。中医对于裂纹舌的定义是:舌面见多少不等、深浅不一、形状各异的裂纹,称裂纹舌。现代研究认为舌上浅裂纹主要是由于舌粘膜萎缩,使舌上皮层失去正常结构,部分乳头变扁平而融合,部分则萎缩断裂形成裂纹,舌的深裂纹则为较严重的舌萎缩性病变^[1]。裂纹舌是一种典型的特殊舌面纹理,在图像表现上形态各异、变化多端,

文中在提取舌面的裂纹特征时,主要基于裂纹颜色异于舌苔、舌质这一特征,提取及分析过程包括识别器、提取器和分析器三个部分。

识别器实现的是快速算法,力求以最少的计算量判定是否存在裂纹,对于存在裂纹的舌象,提交给提取器。提取器的算法不要求最快,但求在合理的时间尽可能精确地给出裂纹的位置。最后提取出的裂纹由分析器给出特征指数^[2]。

1 预处理

试验使用的舌象库由上海中医药大学提供。

每张图片有其特殊的光照、颜色、纹理信息,所以确定典型灰度值应采用自适应的算法,并尽量避免其他特征的影响^[3]。预处理的过程目的就是使进入识别器的图像保留裂纹区域信息的同时尽量少包含甚至不包含影响裂纹分析的其他信息。

在预处理中做好舌体切割(提取),这一步骤结合自动分析算法和手工的调整,由于不是文中论述内容,将不在这里讨论。最后提取出舌体的舌中部,使得进入识别器的舌象只包含舌中部。舌中部位的切分方法如图1所示^[4]。

收稿日期:2006-08-28

作者简介:施展(1981-),男,福建福州人,硕士研究生,主要研究方向为人工智能技术及应用、数字图像处理;周昌乐,教授,博士生导师,CCF会员,主要研究方向为计算机语言学、理论脑科学和计算机视觉。

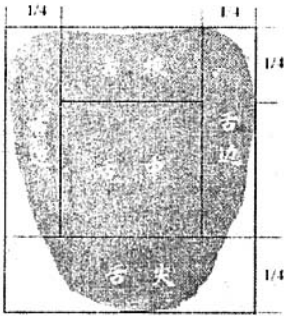


图 1 舌面各部位划分

2 识别器判定是否存在裂纹

识别器通过计算裂纹存在指数和不存在指数来确定是否需要进一步提取裂纹。由于 R 分量是舌象上最重要的颜色数据,所以识别器的计算基于舌象彩色图的 R 分量。

2.1 计算裂纹存在指数

计算存在指数的思路是:假设存在裂纹,那么可以确定一个裂纹区域的典型灰度值,根据这一灰度值划分舌象为裂纹区域 R_f 和非裂纹区域 R_b ,并计算两个区域的对比值。计算公式借鉴了作为区域分割评价标准的区域对比度(Region Contrast)公式^[5]:

$$c = \frac{F_a + F_b}{|F_a - F_b|} \quad (1)$$

其中, F_a 和 F_b 表示 R_f 和 R_b 两个区域的平均灰度值。

确定裂纹区域的典型灰度值的过程是一个迭代的过程,算法的主要思想即:在每次迭代中采用大津(OTSU)阈值法确定当前阈值,数次迭代后,这个阈值就会逐渐逼近裂纹区域的典型灰度值。

大津法由大津(N. Otsu)于 1979 年提出^[6],对一张灰度图像,记 t 为前景与背景的分割阈值,前景像素数占图像比例为 w_0 ,平均灰度为 u_0 ;背景像素数占图像比例为 w_1 ,平均灰度为 u_1 。图像的总平均灰度为:

$$u = w_0 \cdot u_0 + w_1 \cdot u_1 \quad (2)$$

从最小灰度值到最大灰度值遍历 t ,当 t 使得值

$$g = w_0 \cdot (u_0 - u)^2 + w_1 \cdot (u_1 - u)^2 \quad (3)$$

最大时 t 即为分割的最佳阈值。直接应用大津法计算量较大,因此在实现时通常采用等价的公式来替换前文中 g 值的计算公式,比如

$$g = w_0 \cdot w_1 \cdot (u_0 - u_1)^2 \quad (4)$$

大津法选取出来的阈值非常理想,对各种情况的表现都较为良好。虽然它在很多情况下都不是最佳的分割,但分割质量通常都有一定的保障,可以说是最稳定的分割。由上可知,大津算法是一种较为通用的分割算法。

确定裂纹区域的典型灰度值的算法主要思想是:通过大津阈值二值化图像,亮部肯定为非裂纹,暗部包含裂纹,用暗部像素数最多的灰度填充亮部,反复上述迭代过程直到暗部非裂纹像素尽可能地少。伪码表示如下:

```

fisGray ← GET - FISSURE - GRAYSCALE(srcImg)
1 thr ← OtsuThreshold(srcImg)
2 otsuImg ← 以 thr 为阈值二值化 srcImg
3 for i ← 1 to 3
4   ttImg ← srcim
5   ttImg(x, y) ← 255 where otsuImg(x, y) = 255
6   ttHistogram ← ttImg 直方图
7   fillGray ← ttHistogram 的 [0, 254] 灰度级像素点最多的灰度值
8   ttImg(x, y) ← fillGray where ttImg(x, y) = 255
9   thr ← OtsuThreshold(ttImg)
10  otsuImg ← 以 thr 为阈值二值化 ttImg
11  ttImg ← srcim
12  ttImg ← 255 where otsuImg(x, y) = 255
13  ttHistogram ← ttImg 直方图
14  fisGray ← ttHistogram 的 [0, 254] 灰度级像素点最多的灰度值

```

其中, $srcImg$ 为原图像, $OtsuThreshold$ 是大津阈值函数, $ttImg(x, y)$ 表示图 $ttImg$ 中坐标为 (x, y) 的点的灰度值。

这里出于算法对于快速的要求,进行三次迭代,迭代后的裂纹区域形状不作要求,只求裂纹区域的典型灰度值逼近真实值。对典型裂纹舌和非裂纹舌进行测试,结果如图 2(舌中部位的裂纹存在指数识别结果,裂纹存在指数 = 9.3964)和图 3(舌中部位的裂纹存在指数识别结果,裂纹存在指数 = 19.0382)所示。

2.2 计算裂纹不存在指数

计算裂纹不存在指数的思路是:假设舌象不存在裂纹,那么舌中部位是完整的舌苔或舌质区域,具有相对一致(相比存在裂纹的情况)的颜色、纹理特征,那么将舌中部位作为一个区域计算区域一致性指标。计算公式借鉴用于区域分割评价标准的区域一致性公式^[7]:

$$u = \sum_i \frac{1}{A_i \cdot f(x, y)} \left(\sum_{(x, y) \in R_i} [f(x, y) - \overline{f(x, y)}]^2 \right) \quad (5)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, m$, m 表示区域个数; R_i 表示第 i 个区域; A_i 表示第 i 个区域的像素总数; $f(x, y)$ 是坐标

为 (x, y) 的像素的灰度值。

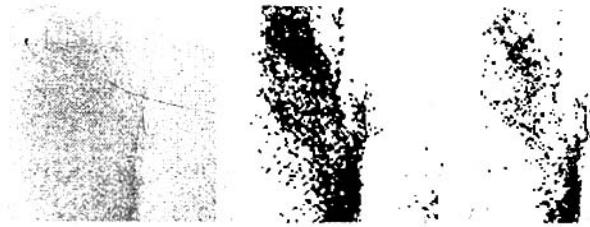


图 2 裂纹舌象

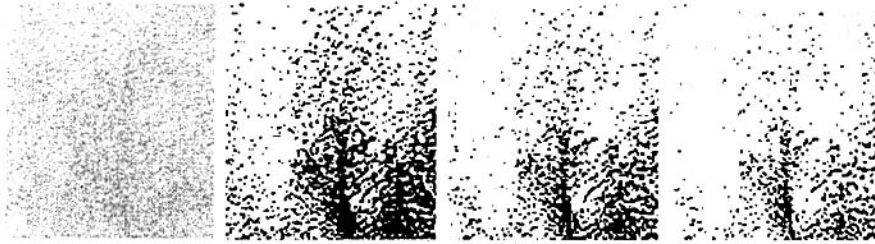


图 3 非裂纹舌

由于事实上假定舌中为一个区域,所以上述公式可以改写成:

$$u = \frac{1}{A_i \cdot \overline{f(x, y)}} \left(\sum_{(x, y)} [f(x, y) - \overline{f(x, y)}]^2 \right) \quad (6)$$

2.3 测试样本结果

从舌象库选取典型裂纹舌 30 张,典型非裂纹舌 30 张,计算裂纹存在指数和裂纹不存在指数,试验结果如表 1 所示。

表 1 裂纹存在指数和不存在指数试验结果

	存在指数				不存在指数			
	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差
裂纹舌象	8.0902	11.4747	9.7539	1.2273	1.0683	1.7039	1.2727	0.2026
非裂纹舌	13.5775	26.0097	19.4457	4.5437	0.3456	0.9766	0.559	0.2279

试验结果表明:对于裂纹存在指数,裂纹舌象的计算结果明显小于非裂纹舌象,裂纹舌的裂纹存在指数在 10 左右,而非裂纹舌的裂纹存在指数在 20 左右;对于裂纹不存在指数,裂纹舌象的计算结果明显大于非裂纹舌象,裂纹舌的裂纹不存在指数 >1 ,而非裂纹舌的裂纹不存在指数 <1 。

3 提取裂纹区域

在经过裂纹识别器计算后,若存在裂纹,那么对原图进行进一步的裂纹区域的提取。提取器主要由两部分组成,基于大津阈值法的迭代算子和区域生长算子。

3.1 基于大津法的迭代算子

对舌象提取裂纹的同时,极易受到舌象边缘的影响,为避免这样的影响,采用和检测器类似的方法——

在舌中部位提取裂纹,这样就可以避免受边缘的影响,

经观察舌象中的裂纹一般都会有一部分出现在舌中部位,这样以舌中的裂纹区域为种子区域,可以通过区域生长来获得完整的裂纹。

3.2 区域生长算子

区域生长法(Region Growing)的基本思想是把一幅图像划分为许多小的种子区域。这些初始的区域可能是一个像素或是小的区域。在每个区域中,利用恰当定义的能反映一个物体内部

部成员隶属关系的准则对邻近的像素进行判断,判断它们是否也是物体的一部分。如果是,则它们也被加入区域。这个过程一直持续到没有新的像素被加入区域为止^[8,9]。

区域生长算法判定一个像素是否属于一个区域,关键在于确定三个策略标准:用来判断像素是否属于区域的评价标准;用来决定邻接(adjacent)关系的连通类型;访问邻近像素的策略。根据这些策略标准的不同,区域生长算法有许多变种^[10],以下为几个重要的区域生长算法。

3.2.1 Connected Threshold

Connected Threshold 是判断像素是否属于区域的最简单的方法,其评价标准是:测试像素的灰度值是否落在指定的阈值区间^[11]。

$$I(x, y) \in [\text{lower}, \text{upper}] \quad (7)$$

其中, $I(x, y)$ 表示坐标为 (x, y) 的像素的灰度值, $[\text{lower}, \text{upper}]$ 表示灰度阈值的上下限。

3.2.2 Neighborhood Connected

上述的 Connected Threshold 方法只要像素灰度值落在阈值区间,即认定其包含在区域。Neighborhood Connected 方法要求像素的所有邻接像素都包含在指定区间时,才认为它包含在区域。从某种程度上,可以认为 Neighborhood Threshold 是在 Connected Threshold 方法的结果上进行了一次形态学上的腐蚀。

3.2.3 Confidence Connected

Confidence Connected 方法的评价标准是基于当前区域的统计特性。首先计算初始区域的均值 m 和标准差 μ ,然后算法接受一个运行参数 f ,重复下述的迭代过程:将满足条件

$$I(x, y) \in [m - f\mu, m + f\mu] \quad (8)$$

的点纳入区域,重新计算 m 和 μ ,直到迭代区域不再增大为止。

3.2.4 Isolated Connected

上述的方法需要指定种子点,而 Isolated Connected 方法同时需要提供种子点和规避点,生长区域与种子点相连,并且避开规避点,不会与其相连。这种方法适合于分割图像的两个区域邻近且不易分的情形。

文中使用改进的 Confidence Connected 方法,算法不再接受种子点,而直接接受种子区域,并且根据统计特征生长区域时,还要求待加入区域的像素与已划分在区域中的像素相邻。

改进的 Confidence Connected 方法伪码表示如下:
MODIFIED - CONFIDENCE - CONNECTED(srcImg, seedRgn)

```

1  $m \leftarrow \text{seedRgn 平均灰度}$ 
2  $\mu \leftarrow \text{seedRgn 标准差}$ 
3  $\text{srcImg}(x, y) \leftarrow 1$  where  $\text{seedRgn}(x, y) \neq 255$ 
4  $\text{srcImg}(x, y) \leftarrow 0$  where  $\text{seedRgn}(x, y) = 255$ 
5 while true
6    $\text{rgnGrowPixels} = 0;$ 
7   for  $i = 1$  to Height
8     for  $j = 1$  to Width
9       if  $(i, j)$  已作标记 then continue;
10      if not  $m - f * \mu \leq f(x, y) \leq m + f * \mu$  then continue;
11      if 四连通(或八连通)邻接点已标记 then
12         $\text{seedRgn}(i, j) \leftarrow 1$ 
13      对标记的新的种子区域重新计算  $m, \mu$ 
```

应用改进的 Confidence Connected 方法进行分割,种子区域可在上文检测器运行时确定,设因子 $f = 2.5$,迭代 10 次后停止,结果如图 4 所示。



图 4 裂纹舌、裂纹种子区域与区域生长的计算结果

4 分析裂纹特征

对于提取器提取出来的裂纹区域,用可见性指数表征裂纹数量的多寡,用深浅指数来反映裂纹的深浅特征。

4.1 可见性指数

可见性指数的计算公式如下:

$$\text{FVI} = k_v \cdot \frac{\text{裂纹区域面积}}{\text{非裂纹区域面积}} \quad (9)$$

其中 FVI 表示可见性指数, k_v 为常数因子,这里设值为 10。

从计算结果来看,可见性指数值分布在 0.1~0.8 之间。FVI 值越大,裂纹区域在舌面所占面积越大。

4.2 深浅指数

深浅指数的计算公式如下:

$$\text{FDI} = \left(\frac{\text{非裂纹区域平均灰度}}{\text{裂纹区域平均灰度}} - 1 \right) \cdot k_d \quad (10)$$

其中 FDI 表示深浅指数, k_d 为常数因子,这里设值为 2。公式通过进行归一化,FDI 值越大,裂纹越深。

从舌库中提取典型的裂纹舌象 30 张,分析可见性指数及深浅指数,结果如表 2 所示。

表 2 裂纹特征试验结果

	最小值	最大值	平均值	标准差
可见性指数	0.1906	0.7828	0.3869	0.1407
深浅指数	0.1881	0.4566	0.3522	0.0831

要表征舌面裂纹特征,两个指数缺一不可,可见性指数值高(0.6828,均值 0.3869)可能是因为较浅的小裂纹多,深浅指数不一定高(0.3140,均值 0.3522);在舌面存在较深的一条裂纹的情况下,裂纹区域集中,可见性指数低(0.1960,均值 0.3869)、深浅指数却较高(0.4566,均值 0.3522)。

5 结 论

尽管由于人的个体差异,其舌的形状、颜色及其他生理特征会有所不同,但是文中的识别器在判断裂纹是否存在上具有普遍的适应性,基本都能达到较准确的判断,这将使得此算法在将来的临床试验中有更实用的意义。将来的研究工作除了尽量解决裂纹区域提取器还存在的不足之处以外,需要将裂纹分析同其它的特征分析更好地结合在一起,形成一整套完整的分析体制,真正实现舌诊客观化的目标。研究证明,计算机图像分析与中医舌诊结合,对于中医诊断缺乏量化的薄弱环节是个有利的补充。有效地利用计算机技术,将成为舌象计算机识别研究的主要方向。

参考文献:

- [1] 朱文锋. 中医诊断学[M]. 北京:中国中医药出版社,2004.
- [2] 沈兰荪. 图像分析技术在舌诊客观化中的应用[J]. 电子学报,2001(12):1762-1765.
- [3] 许家伦. 舌象辨证信息的计算机识别与量化及其应用研究

(下转封三)

中才能体现,广泛地开拓 PSO 的应用领域,也对深化研究 PSO 算法非常有意义。

参考文献:

[1] Kennedy J, Eberhart R C. Particle Swarm Optimization[C]//Proc. IEEE International Conference on Neural Networks, IV. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 1995: 1942 - 1948.

[2] 曾建潮, 介婧, 崔志华. 微粒群算法[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[3] 张丽平, 陈德钊. 粒子群优化算法的理论与实践[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.

[4] 汪镭, 康琦, 吴启迪. 群体智能算法总体模式的形式化研究[J]. 信息与控制, 2004, 33(6): 694 - 697.

[5] Van den Bergh F. An Analysis of Particle Swarm Optimizers [D]. South Africa: Department of Computer Science, University of Pretoria, 2002.

[6] Eberhart R C, Shi Y. Guest Editorial Special Issue on Particle Swarm Optimization[J]. IEEE Transaction on Evolutionary Computation, 2004, 8(3): 201 - 203.

[7] Higashi N, Iba H. Particle Swarm Optimization with Gaussian Mutation[C]//Proceedings of the 2003 Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2003: 72 - 79.

[8] Mendes R, Kennedy J. The Full Informed Particle Swarm: Simpler, Maybe Better [J]. IEEE Transaction on Evolutionary Computation, 2004, 8(3): 204 - 210.

[9] Shoubo S, Shuho Y V. Particle Swarm Optimization Based on Good Point - Set [C]//International Symposium on Intelligence Computation & Applications. Wuhan, China: [s. n.], 2005.

[10] 潘峰, 陈杰, 甘明刚, 等. 粒子群优化算法模型分析[J]. 自动化学报, 2006, 32(3): 369 - 378.

[11] 窦全胜, 周春光, 马铭. 粒子群优化的两种改进策略[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(5): 897 - 904.

[12] 高鹰, 谢胜利. 免疫粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(6): 4 - 6.

[13] 陈永刚, 杨凤杰, 孙吉贵. 新的粒子群优化算法[J]. 吉林大

学学报, 2006, 24(2): 181 - 184.

[14] Baskar S, Suganthan P N. A Novel Concurrent Particle Swarm Optimization[C]//Proceedings of the 2004 Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2004: 792 - 796.

[15] 赫然, 王永吉, 王青, 等. 一种改进的自适应逃逸微粒群算法及实验分析[J]. 软件学报, 2005, 16(12): 2036 - 2044.

[16] Arumugam M S, RAO M V C. On the Analysis of the Performances of Particle Swarm Optimization Algorithm with Globally and Locally Tuned Inertia Weight Variants[J]. International Journal of Computational Methods, 2006, 3(1): 97 - 114.

[17] Yi Da, Ge Xiurun. An improved PSO - based ANN with simulated annealing techniques[J]. Neurocomputing, 2005, 63(1 - 4): 527 - 533.

[18] Charles E. Structural reliability assessment based on particles swarm optimization[J]. Structural Safety, 2005, 27(2): 172 - 186.

[19] 李爱国. 多粒子群协同优化算法[J]. 复旦学报, 2004, 43(5): 923 - 925.

[20] 王向军, 向东, 蒋涛, 等. 一种双种群进化规划算法[J]. 计算机学报, 2006, 29(5): 835 - 840.

[21] 夏蔚军, 吴智铭. 基于混合微粒群优化的多目标柔性 Job2Shop 调度[J]. 控制与决策, 2005, 20(2): 137 - 141.

[22] 高海兵, 周驰, 高亮. 广义粒子群优化模型[J]. 计算机学报, 2005, 28(12): 1980 - 1987.

[23] Skokos C H. Particle swarm optimization: an efficient method for tracing periodic orbits in three-dimensional galactic potentials[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2005, 359(1): 251 - 260.

[24] Hu X, Shi Y, Eberhart R C. Recent Advance in Particle Swarm [C]//Proceedings of the 2004 Congress on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2004: 90 - 97.

[25] Moore P W, Venayagamoorthy G K. Evolving Digital Circuits Using Hybrid Particle Swarm Optimization and Differential Evolution[J]. International Journal of Neural Systems, 2006, 16(3): 163 - 177.

(上接第 248 页)

[D]. 上海: 上海中医药大学, 2002.

[4] 许家伦. 基于图像处理的舌象分析与识别[D]. 博士后出站报告. 上海: 复旦大学, 2005.

[5] Kohler R. A Segmentation System Based on Thresholding [J]. Computer vision, graphics and image processing, 1981, 15: 319 - 338.

[6] Ostu N. A Threshold Selection Method from Gray Level Histograms[J]. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1): 62 - 66.

[7] Sahoo P K, Soltani S, Wong A K C. Survey of Thresholding Techniques[J]. Computer Vision, Graphics and Image Pro-

cessing, 1988, 41: 233 - 260.

[8] Gonzales R C, Woods R E. Digital Image Processing SE[M]. [s. l.]: Prentice Hall, 2003.

[9] 孙扬. 一种基于分裂-合并方法的中医舌像区域分割算法及其实现[J]. 中国图像图形学报, 2003(12): 1395 - 1399.

[10] 陈昱. 基于临床 CT 数据的虚拟肝脏及手术计划系统关键技术研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2006.

[11] Ibanez L, Schroeder W, Ng L, et al. The ITK Software Guide [C/OL]. the Insight Software Consortium. 2005 - 02 - 04. <http://www.itk.org/>.