

## 基于视觉注意和支持向量机的舌体自动分割方法的探讨\*

刘哲<sup>1</sup> 陈家旭<sup>2#</sup> 赵宇明<sup>1</sup> 苏群<sup>1</sup> 徐晓新<sup>1</sup> 周玉华<sup>1</sup> 隋芯<sup>1</sup>

(1 北京中医药大学信息中心 北京 100029; 2 北京中医药大学基础医学院)

**摘要:** 目的 探讨基于视觉注意机制和支持向量机(support vector machine, SVM)相结合的舌体自动提取方法,为模式识别方法应用到舌体图像分割提供新思路。方法 将舌图像经过视觉特征提取、高斯金字塔多尺度变换,依据多特征图合并策略生成显著图并进行二值化;在不需要人工干预的情况下,从显著区和非显著区分别随机选取正类训练样本和负类训练样本;机器自动学习样本创建SVM分类器,最后用训练好的SVM分类器对完整舌图像进行分割。结果 获得的正常舌、裂纹舌、齿痕舌等多种舌象的分割效果良好,没有特征信息丢失的情况,并具有一定的抗噪能力。结论 基于视觉注意和SVM舌体自动分割方法在无需任何先验知识的条件下,具有较稳定的分割效果,为模式识别应用到舌体图像分割中作了初步探索。

**关键词:** 舌图像分割; 视觉注意; 支持向量机; 模式识别

中图分类号: R241.25 doi: 10.3969/j.issn.1006-2157.2013.01.004

## Automatic tongue image segmentation based on visual attention and support vector machine\*

LIU Zhe<sup>1</sup>, CHEN Jia-xu<sup>2#</sup>, ZHAO Yu-ming<sup>1</sup>, SU Qun<sup>1</sup>, XU Xiao-xin<sup>1</sup>, ZHOU Yu-hua<sup>1</sup>, SUI Xin<sup>1</sup>

(1 Information Center, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029; 2 School of Preclinical Medicine, Beijing University of Chinese Medicine)

**Abstract: Objective** To probe into automatic extractive method of tongue images based on the combination of visual attention mechanism and support vector machine (SVM), and offer a new thinking train for applying pattern recognition method in tongue image segmentation. **Methods** After visual feature extraction and Gaussian pyramid multi-scale transformation, tongue images were created to saliency maps and then given binarization according to multi-feature merge strategy. The positive training samples and negative training samples were randomly selected from significant and non-significant areas without manual intervention, and SVM classifier was generated through sample automatic learning. Finally, the trained SVM classifier was used to segment complete tongue images. **Results** This method had good segmentation effect on normal tongue, fissured tongue and teeth-marked tongue and anti-noise ability, and feature data was not lost. **Conclusion** The automatic segmentation method of tongue images based on visual attention and SVM has a stable segmentation effect in the condition without any priori knowledge, which is an initial exploration to pattern recognition application in tongue image segmentation.

**Key words:** tongue image segmentation; visual attention; support vector machine; pattern recognition

舌象分割技术根据舌体色彩信息和形态特征等知识,充分利用区域内部像素的相似性和区域间像

素不连续性,将舌体从脸部背景区域中自动提取出来,已经取得了很大的进展。许氏<sup>[1]</sup>采用抗噪性能

刘哲,男,硕士,助理研究员

# 通信作者: 陈家旭,男,博士,教授,主要研究方向: 中医诊断研究, E-mail: chengjx@bucm.edu.cn

\* 北京中医药大学创新团队项目(No. 2011CXTD-07)

较好的 Sobel 边缘算子对舌象提取。刘氏等<sup>[2]</sup>提出了一种基于亮度信息和形态特征的舌图像自动分割方法,对绝大多数舌象获得了较好的结果。沈氏等使用基于 Calmull-rom 样条函数的动态轮廓模型<sup>[3]</sup>,采用快速的局部优化 Greedy 算法对舌图像进行提取,但是该方法自动性较差,不适合大样本以及临床应用。由于采集的图像中脸部、舌体、嘴唇之间信息的相似性及复杂性,至今还没有哪种自动分割算法能对各类舌图像都取得理想的分割结果。基于视觉注意机制的支持向量机(support vector machine, SVM)舌体自动分割方法,充分利用视觉注意机制方法的区域性信息,与具有很好泛化性能的 SVM 相结合<sup>[4]</sup>,对完整舌图像进行分割。

### 1 资料来源

通过互联网搜集各类采集好的舌图像,进行舌图像大小规范化,筛选整理出包含正常舌、齿痕舌、裂纹舌等多种类型的舌图像 30 例。

### 2 方法与结果

#### 2.1 采用视觉注意机制预处理舌图像

采集到的舌图像是一幅包含胡须、牙齿、嘴唇、面部、舌体等多信息的图像。ITTI 视觉注意模型<sup>[5]</sup>利用视觉注意机制对信息进行过滤和筛选,有效地过滤胡须、牙齿、面部等信息,直接关注舌图像中的舌体部分。具体步骤如下:

(1) 选取亮度、颜色、方向特征。计算公式为:

亮度特征(I)  $I = (r + g + b) / 3$

红色通道(R)  $R = r - (g + b) / 2$

绿色通道(G)  $G = g - (r + b) / 2$

蓝色通道(B)  $B = b - (r + g) / 2$

黄色通道  $Y = (r + g) / 2 - |r - g| / 2 - b$

方向特征  $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$

(2) 计算视觉特征图。将选取的亮度特征  $I$ 、颜色特征  $R, B, G, Y$ 、方向特征  $\theta$  产生 9 个尺度的高斯金字塔。选取金字塔结构中的第 1、2、3 层为中央层( $c$ ),每一个中央层对应的周边层( $s$ )为中央层的层数加 5 和 6,即当中央层取第 1 层时,对应的周边层为第 6 层和第 7 层,以此类推。然后对像素较少的周边层进行插值,将像素放大至与对应的中央层像素一样,最后进行对应像素的相减操作。各个视觉特征图计算如下:

设  $I(c, s)$  表示亮度特征图,则  $I(c, s)$  的计算公式为:  $I(c, s) = I(c) - I(s)$

设  $RG(c, s)$  和  $BY(c, s)$  表示颜色特征图,其计算公式为:

$$RG(c, s) = |(R(c) - G(c)) - (G(s) - R(s))|$$

$$BY(c, s) = |(B(c) - Y(c)) - (Y(s) - B(s))|$$

(3) 二值化的显著图。将各级特征图归一化后进行叠加,形成最终的显著图。见图 1。

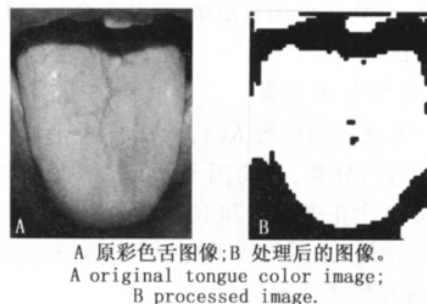


图1 舌图像预处理的结果

Fig.1 Processed results of tongue images

#### 2.2 支持向量机 SVM 方法

长期以来,构造可以从经验中学习的机器是人们的研究目标,针对小样本学习理论的 SVM 模式识别方法成为研究热点。SVM 主要构建了一个使两类之间分隔达到最大化的超平面,利用该超平面分类器对新数据进行分类。对  $N$  维实数空间  $R^n$  中的  $M$  个训练样本线性可分的问题,实质是在样本特征空间中寻找一个最优超平面  $w^T x - \gamma = 0$ ,使得训练样本正确分开,即求解问题:

$$\min \frac{1}{2} ||w||^2$$

满足  $D(Aw - e\gamma) + y \geq e; y \geq 0$

$A$  是一个  $m \times n$  数据矩阵,  $e$  是全为 1 的  $m \times 1$  误差向量,  $D$  是  $m \times n$  对角阵,其元素为 +1 或 -1 (+1 表示样本属于  $A_+$ , -1 表示样本属于  $A_-$ )。该问题是一个典型的二次规划问题,可以通过采用邻近支持向量机<sup>[7]</sup>方法,将其转化为求解一个线性方程组,利用拉格朗日对偶理论求解以下公式:

$$\min \frac{1}{2} ||y||^2 + \frac{1}{2} (w^T w + \gamma^2)$$

$$D(Aw - e\gamma) + y = e$$

$$y \geq 0$$

解得预测函数系数  $w$  和  $\gamma$ 。最终预测函数为:

$$f(x) = \text{sign}(w^T x - \gamma)$$

对于非线性分类器,可将其输入向量经非线性变换映射到另一个高维空间,使其线性可分。通过核函数(常用的核函数有多项式积核、径向基核等)变换到高维空间中寻找一个最优超平面,使其推广能力最好,然后进行线性分类。

### 2.3 训练样本及特征提取

对舌图像预处理后可以得到显著区和非显著区,在显著区随机选取 10 000 个像素作为正类训练样本,在非显著区随机选取 10 000 个像素作为负类训练样本,并将每个像素点的 RGB 3 个分量特征作为样本特征。

### 2.4 训练 SVM 分类器

选择多项式核函数  $K(x, y) = (xy^T + 1)^2$  对舌体和背景进行分类,惩罚因子  $C$  取 1。每次随机选取的 10 000 个正类样本和 10 000 个负类样本,进行 10 次样本训练,采用加权平均的方法确定最终  $w$  和  $\gamma$  的值,得到预测函数。

$$w = \sum_{i=1}^n w_i / n \quad n = 10$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \gamma_i / n \quad n = 10$$

### 2.5 分割结果

对待分割的彩色舌图像,利用确定的预测函数进行分类预测,自动分割结果见图 2。大多数舌体分割结果比较令人满意,但部分结果存在少量噪声和边缘信息损失的情况。

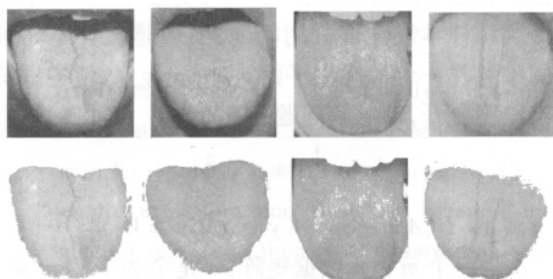


图 2 舌图像分割结果

Fig. 2 Segmentation results of tongue images

## 3 讨论

从采集到的舌图像中,将舌体从脸部背景区域中自动提取出来,是舌诊数字化、客观化的重要步骤,是进一步对舌体进行分析研究的重要前提。舌体分割成为连接图像采集和图像处理与分析的重要环节,其分割质量也将直接影响到后续舌象分析的准确性。视觉注意是人类从外界输入的大量信息中选择和保持有用信息,拒绝无用信息的意识活动。视觉注意模型是一种类生物方法,它利用人类的视觉注意机制计算图像中最显著的部分,并以称为显著图的灰度图像表示。ITTI 视觉注意模型通过底层特征的提取,将多种特征、多种尺度的视觉空间通过中央一周边算子得到的各个特征的显著性图合成一

幅显著图,并将它用于包含自然景物、交通等目标的图像分析,取得了较好的结果。支持向量机分类器是建立在人工标记训练样本基础上,机器自动学习创建分类器进行分类的模式识别方法。将这两种方法应用到舌图像自动分割结果可以看出,即使对于有齿痕的、裂纹的、形状不规则的舌图像,都能做到信息的不丢失。

基于 ITTI 视觉注意模型对采集到的大多数舌图像都能获取较好的显著图,但对某些脸部、嘴唇和舌体颜色非常相近的图像不能得到理想的显著图,导致分割效果不好。针对噪声干扰问题,可以对预分割的二值显著图进行灰度水平、垂直投影处理,利用舌体区域红色通道像素集中的特点,过滤边缘噪声信息,达到提高分割效果的作用。训练分类器的样本个数也是决定分割结果的重要因素。样本个数太少,会使分类器粗糙,分割结果噪声很大,部分背景区域不能完全过滤;样本个数过多,会使分类器过于精确,部分边缘信息又会丢失。针对这一问题,采用穷举搜索的方法进行 4 个等级样本个数实验,最终确定训练样本个数,尽可能的使分割结果达到最好。

利用视觉注意机制生成的显著图自动获取正类和负类训练样本,采用支持向量机分类算法对舌图像进行完整分割,取得了较好的效果。该方法在对未知样本数据的识别中,具有更好的泛化能力。研究为模式识别方法应用到舌体图像分割中作了初步探索,为舌象的客观化、数字化研究提供了新思路。

参考文献:

- [1] 许家伦. 舌象辨证信息的计算机识别与量化及其应用研究[D]. 上海中医药大学 2002: 4-5.
- [2] 刘关松, 徐建国. 舌图像自动分割方法[J]. 计算机工程, 2003, 29(12): 63-65.
- [3] 沈兰荪, 蔡轶珩, 张新峰. 中医舌象的采集与分析[M]. 北京: 北京工业大学出版社 2007.
- [4] 郭文涛, 王文剑, 白雪飞. 基于视觉注意的 SVM 彩色图像分割方法[J]. 图形、图像、模式识别, 2011, 4(21): 174-176.
- [5] Glen Fung and Olvi Mangasarian. Proximal Support Vector Machine Classifier[M]. Wisconsin: University of Wisconsin 2001: 77-86.
- [6] ITTI L, KOUCH C, NIEBUR E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (S0162-8828), 1998, 20(11): 1254-1259.
- [7] 张华伟, 郑娅峰, 张巧荣. 基于视觉注意机制的彩色图像分割[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(10): 154-157.

(收稿日期: 2012-05-09)