

文章编号:1002-2082(2010)01-0078-05

中药光谱成像图像自适应区域增长分割方法

张万祥¹, 庞其昌¹, 赵静^{1,2}, 林富斌¹

(1. 暨南大学 广东省高等学校光电信息与传感技术重点实验室, 广东 广州 510632;

2. 华南农业大学 应用物理系, 广东 广州 510640)

摘要: 为了消除背景噪声对药材光谱图像检测结果的干扰, 根据中药材光谱图像的特点, 设计一种能够自适应对中药材光谱图像进行有效区域 (ROI) 分割的区域增长算法。该区域增长算法根据药材光谱图像的灰度直方图分布来自动选取种子点和分割阈值, 在生长的同时进行连通性分析, 生长结束后通过区域填充技术来消除图像中出现的孔洞。实验表明: 该方法能够自动、准确地进行ROI分割, 分割偏差小于8%, 并且能较好地消除噪声的干扰, 没有产生无意义的生长区域。

关键词: 光谱成像; 自适应图像分割; 区域生长算法; 自适应; 中药检测

中图分类号: TN911.73; R282.5

文献标志码: A

Self-adaptive region growing algorithm to segment images of spectral imaging for TCM assessment

ZHANG Wan-xiang¹, PANG Qi-chang¹, ZHAO Jing^{1,2}, LIN Fu-bin¹

(1. Laboratory of Optoelectronic Information and Sensing Technologies of Guangdong Higher Educational

Institutes, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Department of

Applied Physics, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The spectral imaging method for assessing the traditional Chinese medicine (TCM) can evaluate the quality of the medicines and identify their authenticity by using their spectral images. It can also make the assessing procedure fast and non-destructive. In order to eliminate the influence of the background noise on the assessing results of TCM spectral images, extraction of ROI (region of interest) of the TCM spectral images is needed. Since the difference inherent in different kinds of TCM spectral images and the available fixed-threshold segmentation method can not meet the demand of self-adaptive segment, a self-adaptive region growing algorithm to extract ROI of the images is proposed based on the characteristic of TCM. This algorithm can automatically choose the seeds and threshold of the region growing process according to the gray-level histograms of the TCM spectral images, the connectivity among the pixels is taken into the consideration during the growing period, and the region-fill technique is applied to modify the cavity in ROI after the growing. It proves that this algorithm can extract ROI of the images automatically and precisely, the deviation of segmentation is less than 8%, its antinoise ability is good, and the nonsensical growing result is not appear.

Key words: spectral imaging; self-adaptive image segment; region growing algorithm; TCM assessment

收稿日期:2009-07-30; 修回日期:2009-09-13

基金项目:国家自然科学基金(60908038)

作者简介:张万祥(1985—),男(彝族),云南玉溪人,硕士研究生,主要从事光谱成像重要检测技术数据处理方法研究。
E-mail: sol.chuang@gmail.com

引言

目前中药的成分含量测定以及药材的鉴别是药物质量标准的核心部分,它是质量控制中最能有效考察产品内在质量的项目^[1]。常规的鉴别方法需要对中药材进行分离提取,其过程具有破坏性和不可重复性。光谱成像中药材检测技术通过检测药材的荧光光谱来对药材进行鉴定。它可以实现对中药非接触检测,不但能够定性、定量的检测样品的成份,还可以同时给出成份的分布信息,检测过程快速、无损^[2]。但是,由于受到拍摄环境和拍摄仪器自身的限制,中药材光谱图像中难免产生一些背景噪声。这些背景噪声会大大影响检测结果的准确性。因此,对中药材光谱图像进行图像分割,提取图像中的ROI(region of interest)并去除背景噪声十分必要。

由于不同药材光谱图像差别较大,使得普通的基于固定阈值的分割方法无法满足自动分割的需要。根据中药材光谱图像的特点,笔者提出一种新的图像分割算法,即自适应区域增长法,较好实现了对中药材光谱图像的ROI分割,并具有较好的适应能力。

1 光谱成像中药检测原理及实验装置

光谱成像(spectral imaging)基本原理就是运用光谱扫描手段获取试样在不同波长照射下的不同光学行为信息,形成由试样上相应点不同光学参量值构成的信息分布图像,并据此图像获得试样的定位、定性和定量分析信息^[3]。光谱成像中药材检测技术就是利用光谱成像的方法对中药材进行真伪鉴别,质量评价的一项技术。实验所用的检测系统如图1所示。

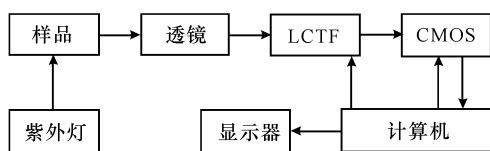


图1 光谱成像中药检测系统

Fig.1 Spectral imaging system for TCM assessment

在暗室中用紫外光源(254 nm)照射待检测样品产生荧光效应,样品的荧光经过透镜聚焦后进入LCTF(liquid crystal tunable filters 即液晶可调滤波器)进行波长扫描,然后由一个曝光时间可调的CMOS摄像机接收样品的光谱图像,图像信号经视频采集卡采集后保存到计算机。通过计算机控制

LCTF和CMOS摄像机进行工作。一组图像拍摄完成后,利用数据处理程序对拍摄的光谱图像进行处理。首先选取一张光谱图像中多个光谱强度较强的点,取它们的灰度平均值 A_1 ,然后再选取其他波长下的光谱图像中的对应点,分别求得各个波长下的光谱图像中所选点的灰度平均值 A_n ,绘制样品的 $A-\lambda$ 光谱曲线。同时,选取一幅光谱强度较强的光谱图像来绘制药材的三维光谱分布图,从而得到药材有效成分的空间分布规律和药材上各个位置有效成分的相对含量。通过对比样品和标准品的光谱曲线和三维光谱分布图的特征峰而实现对药材的鉴定。

LCTF的原理是通过控制液晶的偏振性来实现波长扫描的^[4],它在可见波段透过率为10%~50%,有较强的吸收。为了提高光谱图像的质量,在采集图像时需要延长CMOS的曝光时间(一般为1 000 ms)。但是,曝光时间的延长使得图像的背景中出现一些噪声和亮点,严重影响了检测结果的准确性。为了消除它们的影响,必须将药材的光谱图像从背景中分割出来。

2 适应区域增长图像分割方法

由于需要对中药材的光谱图像进行实时、快速的分割,各种中药材的光谱图像根据药材自身的特点而各不相同。所以,必须设计一种能够根据所要分割的图像自动进行调整的分割方法——自适应区域增长图像分割方法。此方法是在普通的区域增长法的基础上提出来的,可以大大提高图像分割的自动化程度。

区域增长法是一种典型的串行分割技术,在人工智能领域的计算机视觉研究中是一种非常重要的图像分割方法。区域增长算法的基本思想是根据预先定义的生长准则,把相似的像素或子区域集成较大的区域的处理方法。其基本方法是通过选取一组“种子”点开始从而形成生长区域,即将那些预定义属性类似于种子的邻域像素附加到每个种子上。反复进行此过程,直到满足预先设定的终止条件为止^[5]。

该方法的关键之处在于如何根据不同的图像选取合适的种子点,制定生长准则和确定终止条件,以达到自适应分割图像的目的。

2.1 种子点的选取

种子点是区域增长的起点,它的选取是否合适,关系到整个生长过程是否能成功进行,也就关

系到最终图像分割的效果。种子点可以是具有某一灰度值的单个像素点或者是由像素点组合成的小区域, 它的选取主要以图像的特点和所要达到的目的为依据。根据荧光发射光谱公式^[6]:

$$L_f(\lambda_0) = I_0 N \Omega \epsilon(\lambda_x) \varphi s(\lambda_0, \lambda_x) \quad (1)$$

式中: $L_f(\lambda_0)$ 是波长 λ_0 处的荧光强度; I_0 是激发光的强度; N 是荧光体的浓度 (检测的大部分为固体, 一般认为 $N=1$); Ω (1/m sr) 是由光源和探测器几何结构决定的因素; $\epsilon(\lambda_x)$ 是吸收率; φ 是量子效率; $s(\lambda_0, \lambda_x)$ 是归一化的相对光谱发射函数。通常情况下, 发射光谱不受激发光影响, 可以认为是量子效率和归一化的相对发射函数的乘积。从 (1) 式中可以看出, 通过测量 $L_f(\lambda_0)$ 可以得到样品的特征光谱, 即图像中各个像素的灰度值反映了药材活性成分的多少和不同部位的活性成分分布^[2], 所以, 采用图像的灰度信息作为种子点选取的依据。但是, 不同中药材由于自身的特性, 其光谱图像在灰度值和分布规律上差别较大, 必须根据不同的图像选取不同的灰度值。灰度直方图是图像灰度级的函数, 本文提出一种根据图像直方图选取初始种子点的灰度级的方法, 可以方便地在图像中找出相应的像素点作为生长的种子点。首先, 根据直方图得出光谱图像的灰度值范围。其次, 选取该范围的中间值作为初始种子点的灰度值。为了提高种子点的代表性, 选取初始种子点附近的小区域内的 N 个点, 求这 N 个像素点的平均灰度值作为最终的种子点灰度值。(2) 式中 S 为最终选取的种子点灰度值。

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(x, y)_i \quad (2)$$

2.2 生长条件和终止条件

生长条件也叫相似性准则, 可以是图像的灰度值, 纹理特征或者是颜色等特征。在生长过程中, 满足生长条件的点被加入到种子区域中, 否则被排除。它的确定不仅依赖于所考虑的问题本身, 还和可用的图像数据类型密切相关^[7]。在制定生长条件时, 另一个需要考虑的因素是连通性 (邻接) 信息。如果不考虑连通性组合有着相同灰度级的像素形成的“区域”, 则会产生无意义的分割结果^[5]。中药材光谱图像是灰度图像, 图像中像素灰度级反映药材中活性成分的多少和分布, 而药材中活性成分的分布是中药材的一种指纹图谱, 它在药材内部的分布不会出现剧烈的突变, 也就是具有连续性^[8]。针对这个特点, 生长条件的制定必须考虑目标区域内像素的连通性, 防止错误地将不需要的点划入生长

区域。生长准则描述如下:

$$|S_i - S| \leq T \quad (3)$$

$$S_i \cap SI \neq 0 \quad (4)$$

式中: S_i 是种子点周围待生长区域内的一个像素点的灰度值; S 是种子点的灰度值; T 是生长阈值; SI 是种子点的 8 邻域; T 的大小可以根据光谱图像的直方图来确定。如果 S_i 同时满足 (3) 式和 (4) 式, 则进行生长; 否则不生长, 考虑下一个像素。

当图像中的所有像素都已经经过生长条件的判定, 再没有满足生长条件的像素点时, 区域生长算法结束。

3 实验过程及结果

实验采用 CMOS 摄像机进行光谱图像的拍摄, 选取 CMOS 曝光时间为 1 000 ms, 对其拍摄的元胡饮片在 550 nm 处的光谱图像进行分割, 参见图 2, 图 3 和图 4。具体实验步骤如下:

1) 对光谱图像进行预处理, 去除图像中孤立的噪声点。

2) 对预处理过的图像进行灰度直方图分析, 如图 2 所示。根据图像的灰度直方图来自动选取种子点灰度值。从图 2 可以得出图像 95% 以上的灰度级集中在 0~50 之间, 根据 (5) 式选取初始种子点的灰度值为 $(0+50)/2=25$, 确定初始种子点灰度值。

$$S_0 = (S_1 + S_2) / 2 \quad (5)$$

式中: S_1 和 S_2 分别为图像灰度级的上限和下限。选取 $N=8$, 根据 (2) 式求取最终的种子点灰度值。

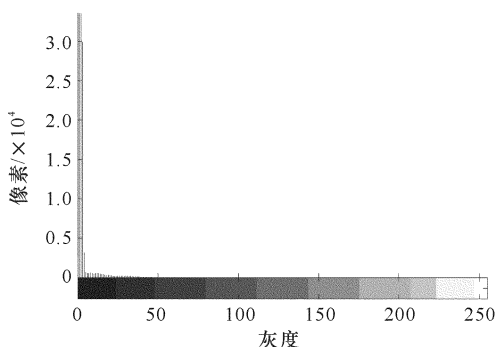


图 2 元胡饮片 550 nm 处的光谱图像灰度直方图
Fig. 2 Gray-level histogram of Rhizoma Corydalis' spectral image at 550 nm

3) 根据图像的归一化灰度直方图自动选取合适的生长阈值 T 。根据图 3 可知, 图像中灰度级为 3 的像素点占 60.08%, 大于药材面积占整个图像面积的比例, 可以判定这部分像素为背景, 不应该进行生长。所以选取图像的生长阈值 $T=22$ 。

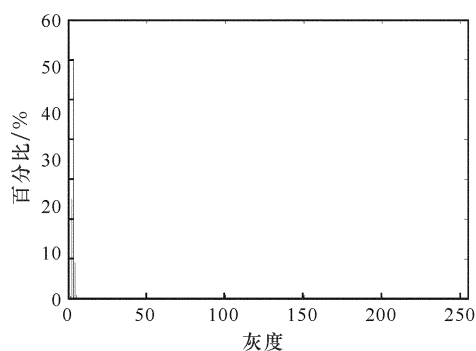


图3 元胡饮片 550 nm 处的光谱图像归一化灰度直方图
Fig. 3 Normalized gray-level histogram of Rhizoma Corydalis' spectral image at 550 nm

4) 选取 SI 中的一个像素点, 将其与种子点比较, 判断其是否满足生长条件。

5) 如果该像素点满足生长条件, 则将其划入生长区域; 如果不满足, 则选取图像中的下一个像素点。

6) 重复步骤 4) 和 5), 直至图像中的所有像素

点都已经经过生长条件的判定。

7) 生长结束, 得到初步生长结果 I 。 I 中可能会出现一些小空洞, 采用区域填充技术来消除目标区域中的这些空洞。图像中往往还会得到一些无意义的孤立生长点, 可以采用单点检测技术将其取出, 得到最终的分割图像 G 。

将分割区域和实际的药材图像进行对比, 以它们在图像中的面积大小作为一项评判标准, 如下式:

$$A = \int_i^M P_a(w) dw \quad (6)$$

式中: A 为分割区域的面积, $P_a(a)$ 为 a 的概率密度函数。实验成功地将元胡所在的区域从背景中分离出来, 分割偏差小于 8%, 并且很好地抑制了噪声的干扰, 没有产生无意义的生长区域。比较图 4(e) 和图 4(f) 可以发现, 图 4(f) 在保留了药材光谱图像的同时, 成功地消除了周围背景噪声和杂散亮点的干扰, 为进一步利用光谱图像进行药材检测创造了良好的条件。

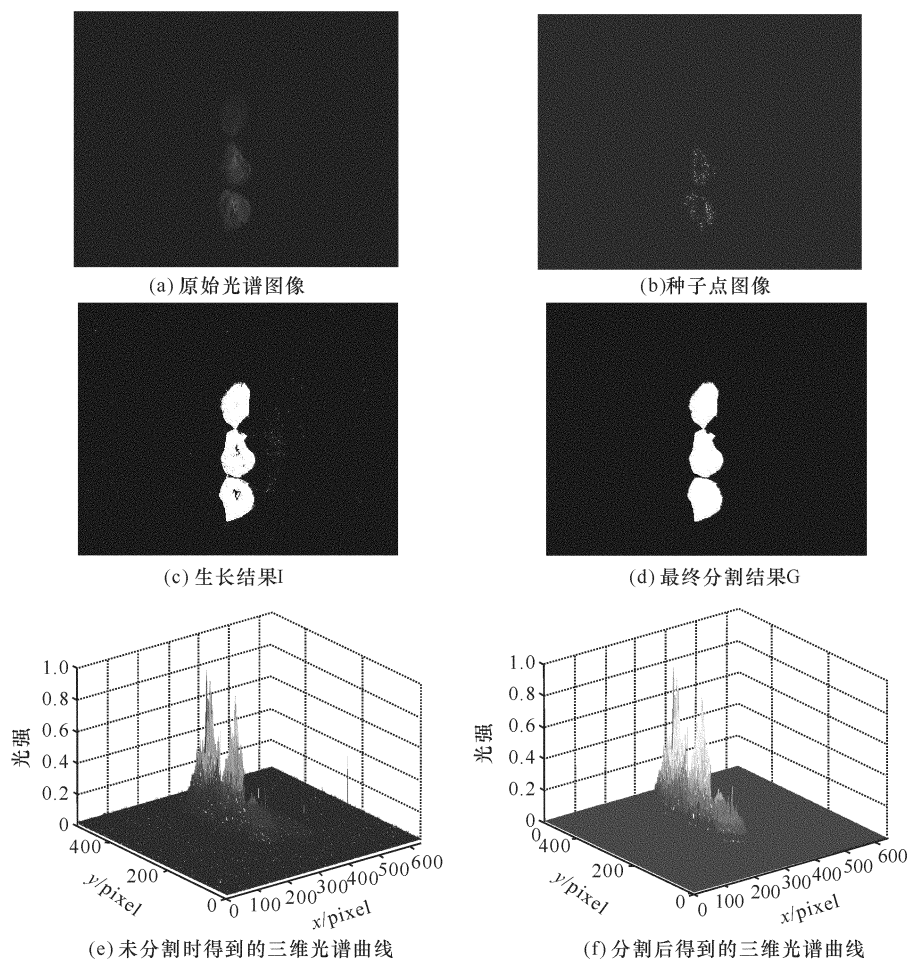


图4 实验图像

Fig. 4 Images obtained in experiment

4 结论

要实现中药检测的科学、快速, 必须建立中药材光谱数据库实现系统的分类和鉴定。本文针对中药材光谱图像的特点提出了一种提取图像中 ROI 的区域增长算法。该方法能够根据不同的图像自动选取种子点、生长条件和终止条件; 在分割后对图像进行连通性分析, 去除无意义的生长点; 采用区域填充法消除目标区域中可能出现的小孔洞, 最终实现对中药材光谱图像 ROI 的成功提取, 分割偏差小于 8%。将该方法应用于建立中药材光谱数据库, 可以大大提高数据库中数据的准确性。光谱检索系统的建立, 将有利于药材品种鉴定, 药材真伪的识别。这种科学的评价体系会避免民间鉴定和经验性鉴定的人为性和常规鉴别方法的复杂性, 从而加快中药现代化研究的进程, 有利于使中药制品尽快地进入国际市场。

参考文献:

- [1] 孙素琴, 周群, 郁鉴源, 等. 分子振动光谱法与中药研究的最新进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2000(02): 199-202.
SUN Su-qin, ZHOU Qun, YU Jian-yuan, et al. The latest development of the research on Chinese medicine by molecular vibrational spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2002(02): 199-202. (in Chinese with an English abstract)
- [2] 赵静, 庞其昌, 马骥, 等. 基于液晶滤波器的连续光谱成像测试装置[J]. 光子学报, 2008, 37(4): 758-762.
ZHAO Jing, PANG Qi-chang, MA Ji, et al. Design of a continuous spectrum imaging apparatus based on LCTFs[J]. Acta Photonica Sinica, 2008, 37(4): 758-762. (in Chinese with an English abstract)
- [3] 范世福, 李昀, 赵友全. 光谱成像的原理、技术和生物医学应用[J]. 生命科学仪器, 2004(04): 24-27.
FAN Shi-fu, LI Jun, ZHAO You-quan. Principle, technique, and biomedical applications of spectral imaging[J]. Life Sciences Instruments, 2004(04): 24-27. (in Chinese with an English abstract)
- [4] KOPP G. Liquid crystal tunable birefringent filters[J]. SPIE, 1996, 2830: 345-350.
- [5] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing using MATLAB[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
- [6] SCHWARTZ A, WANG L L, EARLY E, et al. Quantitating fluorescence intensity from fluorophore: the definition of MESF assignment[J]. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, 2002, 107(1): 83-91.
- [7] 舒添慧, 胥布工, 胡战虎. 基于区域生长法的医学图像分割[J]. 微计算机信息, 2008(6): 284-285.
SU Tian-hui, XU Bu-gong, HU Zhan-hu. Medical image segmentation based on region growing arithmetic[J]. Control & Automation, 2008(6): 284-285. (in Chinese with an English abstract)
- [9] 罗国安, 王义明. 中药指纹图谱的分类和发展[J]. 中国新药杂志, 2002(01): 46-51.
LUO Guo-an, WANG Yi-ming. Classification and development of TCM fingerprint [J]. Chinese Journal of New Drugs, 2002(01): 46-51. (in Chinese with an English abstract)