

# 基于灰度匹配模板的中药材显微图像识别

王凤梅, 卢文彪\*, 陈仕妍

(广州中医药大学 中药学院, 广州 510006)

**[摘要]** **目的:**利用药材横切面显微图像的灰度信息,构建灰度匹配模板,实现与尺度及方位无关的中药材样品图像的自动识别。**方法:**选取 19 种常见根茎类药材,以聚乙二醇包埋法制片,采用显微数码成像技术摄取图像并运用图像配准、去噪声、边界定位等方法编程得到药材横切面显微灰度图;选择图像中药材组织结构的中心点以建立极坐标系,从径向及角向划分网格,统计各网格中的灰度信息,得到能表征药材显微鉴别特征的灰度信息数字矩阵;采用适量样品图像训练模板使之泛化,并计算阳性验证样与阴性验证样与模板矩阵的协方差系数,设定最佳的识别分类参数;每种药材制备 80 张扇形图像,其中 70% 为训练样本,15% 为验证样本,15% 为测试样本,用测试样本分别对单个模板及模板集进行测试。**结果:**在包含非模板集药材的 240 个样品图像测试中,单个模板测试的正确识别率为 90.1%,模板集测试的正确识别率为 92.5%。**结论:**该方法能较好地表征药材显微鉴别特征,抗干扰能力较强,主观误差小,样品图像的获取较简便,可为中药材形态学质量控制的数字化提供技术支持。

**[关键词]** 中药材; 显微图像; 图像处理; 模板匹配

**[中图分类号]** R282.5;R289;R22;R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)11-0167-06

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20190914

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20190117.1139.011.html>

**[网络出版时间]** 2019-01-18 11:17

## Microscopic Image Recognition of Chinese Medicinal Materials Based on Gray-level Matching Template

WANG Feng-mei, LU Wen-biao\*, CHEN Shi-yan

(School of Pharmaceutical Sciences, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China)

**[Abstract]** **Objective:** To build a gray-level matching template by using the gray level information of the microscopic image of the transverse section of Chinese medicinal materials, in order to realize the automatic recognition of the images of Chinese medicinal materials independent of scale and orientation. **Method:** By using the embedding method of polyethylene glycol (PEG), the transverse slices of 19 kinds of common rhizomatous medicinal materials were obtained. The images of the slices were taken by digital microscopic imaging technology, and the mosaic grayscale images were obtained by image registration, noise removal and boundary location. The center of the structure of the materials in the images was selected to establish the polar coordinate system, so as to divide grids from the radial and angular directions. By counting the gray information in each grid, the gray information digital matrix that can characterize the microscopic identification characteristics of the materials was obtained. Images in an appropriate sample size was used to train the matrix for generalization of the matrix. The covariance coefficients between the matrix of positive or negative verification sample and the template matrix were calculated to set the best identification parameters. For each medicinal material, 80 fan-shaped images were prepared, including 70% of training samples, 15% of validation samples and 15% of test samples, and single template and template set were tested with test samples. **Result:** In the test of 240 images including non-template-

**[收稿日期]** 20180908(004)

**[第一作者]** 王凤梅,在读硕士,从事中药质量标准研究,E-mail:857880992@qq.com

**[通信作者]** \*卢文彪,博士,副教授,从事中药及其制剂质量标准研究,E-mail:luwb1@gzucm.edu.cn

set medicinal materials, the correct recognition rate of single-template test was 90.1%, and that of template-set test was 92.5%. **Conclusion:** This method can well characterize the microscopic identification characteristics of Chinese medicinal materials, with a strong anti-interference ability and less subjective-errors, acquire sample images easily, and provide technical support for the digitization of morphological quality control of Chinese medicinal materials.

**[Key words]** Chinese medicinal materials; microscopic image; image processing; template matching

随着数字图像处理技术的快速发展和广泛应用,中药材在形态学方面的质量标准有望得到进一步提高。近年来,数字图像处理技术在相关领域的应用主要有对植物叶片的边缘及纹理特征进行提取,进行叶片的识别与分类<sup>[1-3]</sup>,可用于中药原植物的鉴别;提取中药饮片的宏观纹理特征,建立图片数据库,对中药饮片进行识别分类<sup>[4-5]</sup>;对药材显微特征进行分割提取、测量计算,以定量表征,并构建分类器进行识别分类或采用神经网络进行模式识别<sup>[6-8]</sup>。现有药材显微图像识别方法以药材常用鉴别特征为基础进行特征选取,并进行特征分割、分析,相应的识别目标层次较多,计算量也较大。而选取图像的灰度信息作为特征量,能显著减少目标层次,方法简明快捷;通过根茎类样品横切片显微图像在极坐标中的网格化方法,统计图像的灰度值以构建样品的灰度匹配模板,能较好地解决药材大小不一、有一定程度的形变以及扇形取样方位随机等带来的匹配识别问题。目前这方面的研究尚未见报道。

模板匹配是在已知模板上,对输入图像搜寻匹配区域的过程。模板匹配法是图像模式识别的基本方法,在机器视觉、医学影像分析、遥感影像分析等领域有着广泛的应用<sup>[9-11]</sup>。根据模板的不同,可分为基于灰度的匹配方法和基于特征的匹配方法<sup>[12]</sup>。灰度模板匹配法建立在数字图像的像素基础上,利用指定范围中的图像灰度信息,建立两幅图像的相似性度量,操作简单,运算快速。本实验应用灰度模板匹配法的原理,对输入图像,在已经过训练的图像模板上搜寻匹配区域,得到一个最佳匹配位置及相关的匹配系数,通过与模板图像匹配系数的差异实现药材的识别分类。下列实验以常见的 19 种根茎类药材为试样,设计灰度匹配模板,旨在实现中药材横切片的扇形显微图像的自动、快速识别分类。

## 1 材料

YL3 型回旋式切片机(上海仪表厂),TDCT 型电子目镜(江南光电集团股份有限公司),KQ-500 型超声清洗器(昆明市超声仪器有限公司),YPS-30

型生物显微镜(江西友邦可教仪器有限公司)。水合氯醛与聚乙二醇 2000(PEG2000)均为分析纯。

市购 19 种药材(白薇、百部、板蓝根、赤芍、丹参、党参、甘草、黄精、黄芪、桔梗、龙胆、牛膝、秦艽、太子参、威灵仙、细辛、徐长卿、续断、银柴胡),每种药材各 3 个批次。所购买药材经文献和标本对照,并经广州中医药大学中药鉴定教研室黄海波副教授鉴定均为正品。

## 2 方法与结果

**2.1 药材抽样与切片** 将每种药材的 3 个批次样品混合均匀,随机抽取 80 根。取药材中段,置于恒湿容器中软化至合适硬度,横切面朝下置于包埋盒,倒入熔融的 PEG2000,置冰箱中冷冻至冷却凝固<sup>[7]</sup>。将凝固的 PEG2000 包埋块置于切片机上,设置切片厚度为 25  $\mu\text{m}$ ,切制横切片。切片于水中展开,超声清洗几秒钟,用解剖针将切片转移至载玻片,滴加水合氯醛,加热透化,盖片。

**2.2 图像采集与处理** 将制得的装片置于光学显微镜[20(电子目镜) $\times$ 4(物镜)]下,按一定顺序无间隔地摄取目标区域的图像,并保证各视野有一定重复区域。将一系列的视野图像灰度化、编码,经去噪、灰度调整以及用最大相关系数法配准,得到药材切片显微图像的拼接图。以甘草样品横切片显微图像的拼接图为例,见图 1。

将各种药材样品的拼接图编码,依据图中的木质部、维管束、中柱等组织结构的向心性分布,通过交互式操作( $n=3$ )获取各拼接图中的药材组织结构的中心点坐标,存入指定数组的相应位置,以备后续批量处理图像时调用。

### 2.3 初始模板的建立

**2.3.1 图像的网格化** 对于需要建立模板的各种药材样品,各制备一张完整的横切面显微拼接图。通过对拼接图进行 top-hat 滤波、二值化、填充、开关运算和边界跟踪等操作,可获取图像前景的二值掩模、边界线及其坐标数组。根据拼接图的边界坐标数组及组织结构的中心点坐标,见 2.2 项下,建立以结构中心点为原点、各边界点径向距离均为 1 的极

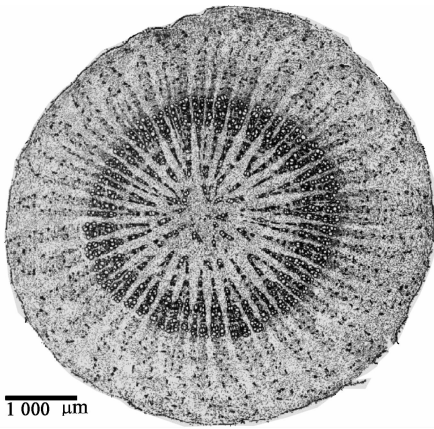
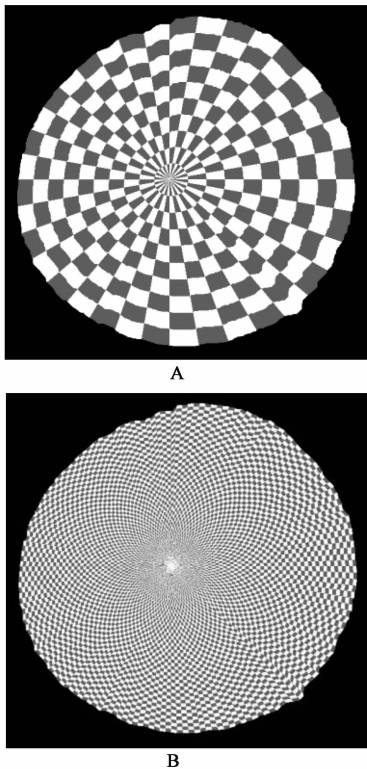


图 1 甘草样品横切片显微拼接(20×4)

Fig. 1 Mosaic image of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma in transverse section(20×4)

坐标系。从径向(0~1)和角向(0°~360°)两个方向将拼接图网格化;通过调节相应的参数,可控制一定的径向间距和角向间距。例如甘草样品拼接图的两两种间距的网格化结果,见图 2。



A. 角度间隔 10°, 角向 36 等份, 径向 10 等份; B. 角度间隔 2°, 角向 180 等份, 径向 50 等份

图 2 甘草样品的 2 种网格(20×4)

Fig. 2 Two kinds of grid diagrams for Glycyrrhizae Radix et Rhizoma sample(20×4)

各药材样品的预实验结果表明,选择 2degree-50ring(角向间距 2°, 径向间距 0.02)进行网格化能

较好地兼顾图像分析时精度与效率两个方面。因此,后续实验样品拼接图将按此规格进行网格化。

**2.3.2 图像灰度值的网格统计** 样品拼接图通过 top-hat 滤波去除背景后,按其网格坐标分别统计各网格中的像素点个数及灰度累加值,并计算各网格灰度均值,即得到药材样品的初始数字模板。所得结果分别保存到编码的像素数组、灰度累加数组和灰度均值数组中,以备模板测训时的操作。根据网格的径向间距和角向间距,并考虑模板在扫描匹配时应不留死角,3 个数组均按 360 行×50 列设置。其中 360 行是按 180 行的测定数据首尾相接形成的。例如将甘草样品的初始数字模板(灰度均值数组)可视化,见图 3。

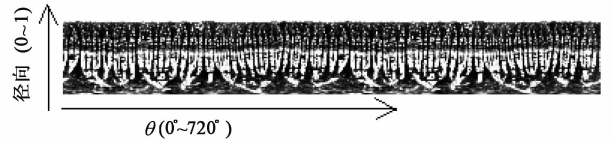


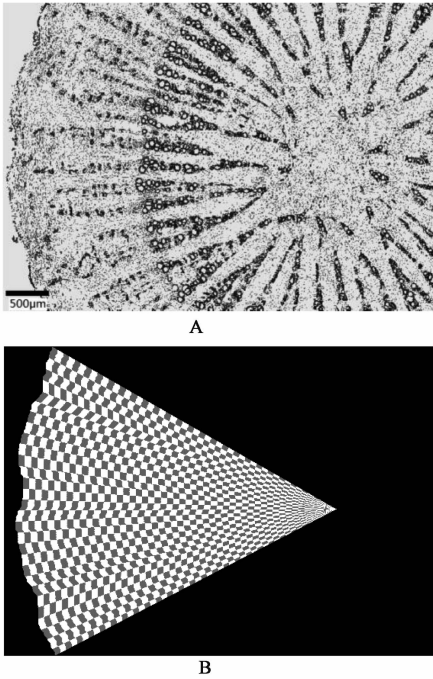
图 3 甘草样品的初始模板

Fig. 3 Original template of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma sample

**2.4 扇形试样图制备与灰度网格统计** 制备根茎类药材样品横切面的扇形区域图像用于识别分类,具有较好的代表性和适用性。采集横切片中目标区域的显微图像,经相应处理得到局部拼接图;将局部拼接图进行去除背景、二值化、边界跟踪及其判别计算等操作,得到图像前景的边界坐标数组、扇形最大角度以及结构中心点坐标等数据,建立极坐标系;通过调节相应的参数,可获得从零度至扇形最大角度范围内的扇形图像;局部拼接图按 2degree-50ring 规格进行网格化。例如,甘草样品的局部拼接图及其最大角度的扇形网格图见图 4。

将去除背景后的局部拼接图按其网格坐标分别统计各网格中的像素及灰度值,并计算各网格灰度均值,结果分别保存到相应的像素数组、灰度累加数组和灰度均值数组[ $\text{floor}(\text{扇形角度}/2)$  行×50 列]中,以备模板训练、样本测试等。

**2.5 扇形试样图的角度考察** 每种药材各制备 3 张较大的局部拼接图,在 10°至 120°内每递增 10°截取 1 张扇形试样图,共 12×3 张。分别将扇形试样图的灰度均值数组对同种药材模板的灰度均值数组进行逐行扫描匹配,并计算相应的协方差系数;为减少样品组织分布可能存在的“手性”现象产生的影响,利用 flipud 函数将扇形试样图的灰度均值数组进行上下翻转后,再进行第二次扫描匹配。提取 2

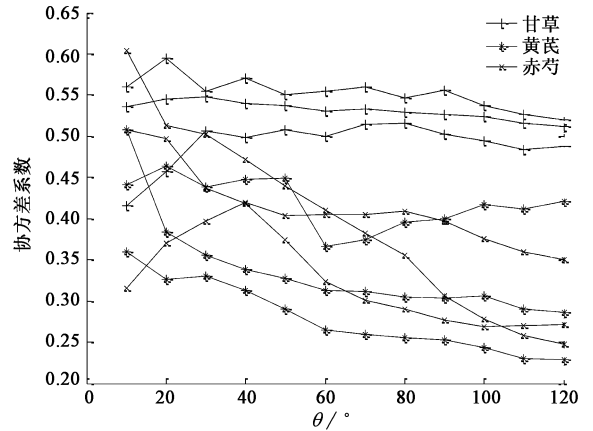


A. 局部拼接; B. 局部扇形网格  
图 4 甘草样品的扇形取样示意

Fig. 4 Sector-image sampling of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma sample

次扫描中最大的协方差系数。另外,选取 2~3 种非模板药材,同法提取最大协方差系数。结果显示,对于组织结构对称性较好的党参、甘草、百部等,在扇形试样角度  $\geq 40^\circ$  时,它们与各自模板匹配时的最大协方差系数能趋于稳定;在扇形角度大于或等于  $60^\circ$  时,各种药材试样的最大协方差系数也能趋于稳定。另一方面,在扇形角度大于或等于  $60^\circ$  时,非模板试样的最大协方差系数与模板试样的基本互不重叠。概括起来,根据 19 种根茎类药材模板的试样扇形图的角度考察结果,按扇形角度  $60^\circ$ , 2degree-50ring 规格来制备和处理试样的扇形图,能较好地兼顾本识别方法的精度与效率。因此,后续的训练样本、验证样本及测试样本均按此方法来制备和处理。图 5 中仅列出甘草模板的扇形角度的考察结果。

**2.6 模板训练** 每种药材模板的训练样本均由同种药材的 80 张扇形图随机抽取 70% 来组成。将训练样本的灰度均值数组对模板的灰度均值数组进行两次逐行扫描匹配(见 2.5 项下方法),提取最大协方差系数。根据最大协方差系数对应的数据区域,将模板的像素数组和灰度累加数组分别进行局部累加,可得到新的模板灰度均值数组。以此类推,经过多次训练,模板泛化并趋于稳定。甘草样品的初始



考察甘草模板时,甘草、赤芍、黄芪各 3 个系列扇形试样(3 × 12)  
图 5 不同扇形角度试样对甘草模板的考察

Fig. 5 Test results of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma template with different angle fan-samples

模板经过训练后,其灰度均值数组的可视化结果见图 6。

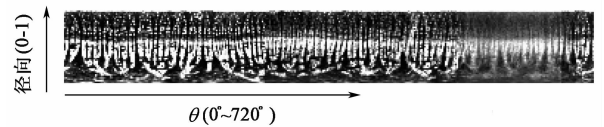


图 6 甘草样品训练后的模板

Fig. 6 Trained template of Glycyrrhizae Radix et Rhizoma sample

**2.7 模板验证与分类参数设置** 从抽取训练样本后剩余的药材扇形试样图中抽取 12 张(占总数 15%),组成模板的阳性验证样本;另抽取与模板药材显微特征相似或易混淆的药材扇形试样图 12~20 张作为阴性验证样本。同 2.5 项下方法,分别提取最大协方差系数,组成阳性样本和阴性样本的两个协方差系数集合。提取阳性集合中的最小值和阴性集合中的最大值,作为该模板的分类参数。见表 1。

**2.8 样品测试** 由 19 种模板药材剩余的  $12 \times 19$  张扇形试样图(占总数 15%)和非模板药材天冬、黄芩、前胡的  $4 \times 3$  张扇形图组成测试样本,编号 1~240。程序设定样本与模板的协方差系数大于或等于阳性验证的最小相关系数时,输出结果为‘YES’;小于或等于阴性验证的最大相关系数时,输出结果为‘NO’;否则,不输出结果,并计入误判数。对于协方差系数大于多个模板的阳性最小相关系数时,以最大的相关系数为准。

采用两种方式进行测试,以考察模板匹配的综合判别性能。单个模板测试,单独用一种模板测试样品,结果见表 2。模板集测试,同时用 19 种模板

表 1 药材模板与验证样本之间协方差系数的测试

Table 1 Test results of covariance coefficient between template and validation sample

模板名称	阳性样 (min)	阴性样 (max)
白薇	0.77	0.72
百部	0.67	0.62
板蓝根	0.65	0.64
赤芍	0.42	0.41
丹参	0.63	0.62
党参	0.67	0.66
甘草	0.47	0.44
黄精	0.41	0.39
黄芪	0.42	0.40
桔梗	0.47	0.45
龙胆	0.86	0.83
牛膝	0.73	0.70
秦艽	0.61	0.59
太子参	0.47	0.45
威灵仙	0.68	0.67
细辛	0.63	0.62
徐长卿	0.70	0.67
续断	0.55	0.53
银柴胡	0.46	0.41

注:阳性样(min)为阳性验证样与模板矩阵的最小协方差系数,阴性样(max)为阴性验证样与模板矩阵的最大协方差系数。试样匹配的协方差系数 $\geq$ 阳性样(min)时,输出结果为相匹配;试样匹配的协方差系数 $\leq$ 阴性样(max)时,输出结果为不匹配;否则为可疑结果,也归入不匹配。

测试样品,结果见表 3。

### 3 讨论

采用极坐标网格法统计横切片图像的灰度,能较好地描述根茎类药材的组织结构分布特征;该方法对于药材大小不一、有一定程度的形变、取样方位随机等问题能较好地解决,抗干扰能力及可调性较强。

由于受到生长环境、采收加工等因素的影响,使药材横切面中组织结构的分布通常有不同程度的不均衡,这使切片图像中前景部分的重心不同于组织结构的向心点,还需进行相应算法的研究。

相对于单个模板测试方式,模板集测试增加了样品与各模板匹配结果的比较分析。对于测试样本中,组织结构分布较具特点的药材样品,如赤芍、丹参、黄精等,模板集测试结果优于单个模板测试;而对于分布特征较相近的样品,如徐长卿、威灵仙、

表 2 单个模板的测试

Table 2 Test results of single-template

模板名称	识别数/个	误判数/个	准确率/%
白薇	210	30	87.5
百部	240	0	100.0
板蓝根	210	30	87.5
赤芍	212	28	88.3
丹参	209	31	87.1
党参	210	30	87.5
甘草	231	9	96.3
黄精	214	26	89.2
黄芪	227	13	94.6
桔梗	213	27	88.8
龙胆	234	6	97.5
秦艽	209	31	87.1
太子参	214	26	89.2
威灵仙	209	31	87.1
细辛	207	33	86.3
徐长卿	209	31	87.1
续断	210	30	87.5
银柴胡	215	25	89.6
牛膝	224	16	93.3

注:样本数均为 240 个。

表 3 模板集的测试

Table 3 Test results of template-set

药材名称	样本数/个	识别数/个	误判数/个	准确率/%
白薇	12	10	2	83.3
百部	12	12	0	100.0
板蓝根	12	11	1	91.7
赤芍	12	12	0	100.0
丹参	12	12	0	100.0
党参	12	11	1	91.7
甘草	12	12	0	100.0
黄精	12	12	0	100.0
黄芪	12	12	0	100.0
桔梗	12	12	0	100.0
龙胆	12	11	1	91.7
秦艽	12	10	2	83.3
太子参	12	12	0	100.0
威灵仙	12	10	3	83.3
细辛	12	10	2	83.3
徐长卿	12	10	2	83.3
续断	12	10	2	83.3
银柴胡	12	12	0	100.0
牛膝	12	11	1	91.7
天冬	4	3	0	100.0
黄芩	4	3	1	75.0
前胡	4	4	0	100.0

白薇等,单个模板测试结果较优。分布特征越相近,相互误判的情况越严重,如党参、板蓝根、秦艽之间。模板药材之外的样品情况相似。如果增加扇形样的取样角度、减小网格间距、增加模板的结构特征采集,上述情况可能会得到改善。

[参考文献]

[1] 周法律,张璐瑶,汤岚凤,等. 中草药原植物叶片图像在线识别系统设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2014,10(13):3114-3116.

[2] 丁娇,梁栋,阎庆. 基于 D-LLE 算法的多特征植物叶片图像识别方法[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(9):158-163.

[3] Boran S, Yüce L. Leaves recognition system using a neural network[J]. Procedia Computer Sci, 2016, 102: 578-582.

[4] 孙鑫,钱会南. 基于深度卷积网络的中药饮片图像识别[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2017, 19(2): 218-222.

[5] 陶欧,林兆洲,张宪宝,等. 基于饮片切面图像纹理特征参数的中药辨识模型研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(12):2558-2562.

[6] YAN S, LI Y L, SONG Y X, et al. Identification of Chinese materia medica in microscopic powder images [J]. Tsinghua Sci Technol, 2012, 17(2): 209-217.

[7] 梁丽金,卢文彪,王凤梅. 基于边缘检测的防风显微图像的分割与表征[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(6): 37-41.

[8] 凌秀华,卢文彪,王耐,等. 基于图像处理技术的麦冬药材特征提取与识别[J]. 辽宁中医杂志, 2017, 44(7):1460-1462.

[9] 彭玉青,李木,高晴晴,等. 基于动态模板匹配的移动机器人目标识别[J]. 传感技术学报, 2016, 29(1): 58-63.

[10] 苗晟,王威廉,姚绍文. 一种基于模板匹配的复杂心音定位方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(1): 119-123.

[11] 孟樊,方圣辉. 利用模板匹配和 BSnake 算法准自动提取遥感影像面状道路[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2012, 37(1):39-42.

[12] 王刚. 数字图像中模板抽取及匹配方法的研究与应用[D]. 济南:山东师范大学, 2013.

[责任编辑 顾雪竹]