

基于灰度共生矩阵的中药饮片横切面图像纹理特征参数的提取*

陶 欧, 张燕玲, 陈 茜, 王 耘**, 乔延江**

(北京中医药大学中药信息工程中心 北京 100102)

摘 要: 中药数字化是中药质量控制客观化与定量化的重要手段之一。为了解决中药数字化过程中的数据质量问题和基于中药纹理图像的品种自动识别问题, 本文选取 12 种中药饮片, 采集其切面纹理图像, 基于灰度共生矩阵提取了 11 个纹理特征参数, 分析两像素间距、角度对纹理特征参数的影响, 结果表明在像素间距 $d=3$ 、角度 $\theta=0^\circ$ 时所提取的纹理特征参数有利于表征中药饮片切面纹理特征。通过对中药饮片切面图像纹理量化特征的提取和分析, 表明了将图像分析方法用于中药品种自动识别的可行性, 为中药直观鉴别的定量化、客观化提供了一套新的技术手段。

关键词: 灰度共生矩阵 纹理特征 特征参数 中药饮片

doi: 10.11842/wst.2014.12.003 中图分类号: R282.5 文献标识码: A

中药是指在中医药理论指导下认识和应用的药物^[1]。中药饮片是由中药材经过净制、炮炙、切制等加工而得, 在中药临床防病治病过程中应用广泛。然而, 中药饮片在加工过程中往往失去了药材原有的形状, 造成外表、形态、颜色相似, 不易区分, 以致发生配方差错, 延误病情甚至危及生命。针对中药饮片的鉴别多是基于临床药师的经验总结^[2-6], 仍可能出现由于中药饮片混淆造成损失。中药材的数字化为中药鉴定知识的表达提供了新的方式, 不仅能直观、立体地展现中药材的外形及表面纹理特征, 还可定性或者定量的分析^[7-11]。其中纹理特征是一种不依赖于颜色、亮度的视觉特征, 能反映图像中同质现象, 从微观上区分图像的不同特征^[12]。

因此, 本文选取 12 种典型中药饮片, 基于灰度共生矩阵提取了 11 个纹理特征参数, 分析两像素

间距、角度对纹理特征参数的影响, 结果表明在像素间距 $d=3$ 、角度 $\theta=0^\circ$ 时所提取的纹理特征参数有利于表征中药饮片切面纹理特征, 为后续建立图像模式识别方法时图像样本的选择提供依据。

1 方法原理

图像的纹理一般是由不同灰度在空间反复出现而形成的, 因此在图像空间中相隔一定距离的两像素间会存在一定的灰度关系, 这种关系被称为图像中灰度的空间相关特性。图像中灰度的空间相关特性反映了图像关于灰度方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息, 是分析图像的局部模式和局部排列规则的基础, 因此常被用来描述图像的纹理特性。灰度空间相关性的研究也就是灰度共生矩阵的基本思想。

灰度共生矩阵是对图像上保持一定距离的两像素分别具有某灰度值的状况进行统计得到的, 描述了成对像素的灰度组合分布。其构建过程如下:

收稿日期: 2014-12-07

修回日期: 2014-12-19

* 国家自然科学基金委青年基金项目(81102800): 基于辨状论质思想的中药质量性状评价数学模型研究, 负责人: 陶欧; 教育部新世纪优秀人才支持项目(NCET-11-0605): 中药信息融合与利用, 负责人: 王耘。

** 通讯作者: 王耘, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 中药信息融合与组合药物设计; 乔延江, 本刊编委, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 中药信息学。

以 X0Y 作为图像像素的水平坐标平面,设水平方向图像的像素总数为 N_x , 垂直方向的图像的像素总数为 N_y 图像的最高灰度级为 L_g 则可得到以下数据域:

图像像素的水平空间域 $L_x=\{1, 2, 3, \dots, N_x\}$

图像像素的垂直空间域 $L_y=\{1, 2, 3, \dots, N_y\}$

图像的灰度量级集 $G=\{1, 2, 3, \dots, L_g\}$

将待分析纹理的图像 F 理解为从 $L_x \times L_y$ 到 G 的一个映射,即 $L_x \times L_y$ 中的每点,对应属于 G 中的一个灰度值,即表示为:

$$F: L_x \times L_y \rightarrow G$$

定义两像素点之间的距离为 d , 方向角度为 θ , 统计纹理图像中在各对应方向 θ 上相隔距离为 d 的一对像素分别具有的灰度组合出现的次数,即生成灰度共生矩阵 $P(i, j, d, \theta)$ 。

通常 θ 的取值分别为 $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 135^\circ$, 其对应的像素 $F(k, l)=i, F(m, n)=j$ 的共生率 $P(i, j, d, \theta)$ 计算如下:

$$P(i, j, d, 0^\circ) = \#\{[(k, l), (m, n)] \in (L_x \times L_y) \mid m-k=d, n-l=0, F(k, l)=i, F(m, n)=j\}$$

$$P(i, j, d, 45^\circ) = \#\{[(k, l), (m, n)] \in (L_x \times L_y) \mid m-k=d, n-l=d, F(k, l)=i, F(m, n)=j\}$$

$$P(i, j, d, 90^\circ) = \#\{[(k, l), (m, n)] \in (L_x \times L_y) \mid m-k=0, n-l=d, F(k, l)=i, F(m, n)=j\}$$

$$P(i, j, d, 135^\circ) = \#\{[(k, l), (m, n)] \in (L_x \times L_y) \mid k-m=d, l-n=d, F(k, l)=i, F(m, n)=j\}$$

其中, # 表示集合中的元素数目。

2 材料与方法

2.1 材料

从北京中医药大学中药学院标本室选取 12 种常用中药饮片,其性状特征基本信息^[1],见表 1。

2.2 参数的提取

基于灰度共生矩阵可以提取纹理特征参数,常称为二次统计量。Haralick 等人由灰度共生矩阵提取了 14 个纹理特征参数^[13],本文应用波兰 COST B11 研究组开发的 MaZda 图像灰度统计分析软件提取了中药饮片切面图像的 11 项纹理特征参数,分别为:角二阶矩、对比度、相关、熵、方差、逆差矩、和平均、和方差、和熵、差方差、差熵^[14]。并对灰度共生矩阵进行归一化处理,所用公式如下:

$$\hat{p}(i, j, d, \theta) = p(i, j, d, \theta) / S, S \text{ 为矩阵中各元素之和。}$$

由于图像空间中两像素点之间的距离参数 d 和角度参数 θ 的取值会影响基于灰度共生矩阵提取的纹理特征参数,因此需要分析不同 d 和 θ 的取值对纹理特征参数的影响。为了研究距离参数 d 对纹理特征参数的影响,先忽略方向差异,计算纹理特征参数取像素点对在方向 $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 135^\circ$ 的平均值,以间距为 1 像素递增的方式,考察特征参数值随像素距离 d 变化的特点,以确定 d 的取值;确定 d 的取值后,再考察方向分别取 $0^\circ, 90^\circ, 45^\circ, 135^\circ$ 时特征参数的变化,以确定 θ 的取值。

表 1 12 种中药饮片基本信息

序号	药材	饮片特征
1	羌活 Rhizoma et Radix Notopterygii	圆形或长圆形,木部黄白色,有放射纹理和裂隙,髓部疏松,棕黄色。
2	鸡血藤 Caulis Spatholobi	不规则厚片,切面有数个偏心性黑棕色环纹。
3	防己 Radix Stephaniae Tetrandrae	圆形或半圆形,切面有车轮纹。
4	大血藤 Caulis Clematidis Armandii	皮部呈红棕色环状,有六处向内嵌入木部,木部黄白色,细孔(导管)排列不规则。
5	川芎 Rhizoma Chuanxiong	饮片为不规则片状,片面黄白色或灰色,有波状环纹。
6	川木通 Caulis Clematidis Armandii	类圆形或长圆形,片面黄白色或黄棕色,边缘齿状,放射纹明显,散在许多小孔。
7	板蓝根 Radix Isatidis	类圆形,切面皮部白色,木部黄色。
8	白芷 Radix Angelicae Dahuricae	圆形薄片,切面白色或灰白色,有圆形或方形的棕色环纹。
9	槟榔 Semen Arecae	类圆形薄片,片面有红、白相间的大理石样花纹。
10	苍术 Rhizoma Atractylodis	圆形或长圆形薄片,片面黄白色,棕色油点。
11	地榆 Radix Sangisorbae	片面紫红色或黄棕色,具放射纹。
12	白芍 Radix Paeoniae Alba	圆形薄片,片面粉白色,环纹和放射状纹理明显。

3 结果与讨论

3.1 像素间距对纹理特征参数的影响

因为中药饮片切面纹理复杂多样,同一种中药其不同饮片样本的切面纹理也可能存在一定的差异,所以对于每种中药计算其5个样本纹理特征参数的平均值作为该饮片的纹理特征参数值,比较不同中药饮片切面纹理特征参数随像素点对的间距 d 增大的变化情况,如图1-11所示(图2-11的图例与图1相同)。

从图1-11可以看出,当像素点间距离参数 d 从1变化到5时,方差、和平均及和熵受像素点对间距离影响较小,其它纹理特征参数值均在一定程

度受距离参数的影响。角二阶矩、相关、逆差矩、和方差随着距离参数 d 的增大而减小;对比度、熵、差方差、差熵随着距离参数 d 的增大而增大。但是从图中可以看出像素点对间距离达到3后,各个纹理特征参数的值基本保持恒定。因此,可以认为像素点对间距 d 取3时,所提取的中药饮片切面纹理特征参数值具有很好的代表性。

3.2 像素点对方向对纹理特征参数的影响

为了研究像素点对方向 θ 对纹理特征参数的影响,取距离参数 $d=3$,计算不同中药其5个饮片样本的纹理特征参数的平均值在方向为 0° 、 90° 、 45° 、 135° 时的变化情况,如图12-22所示(图13-22的图例与图12的相同)。

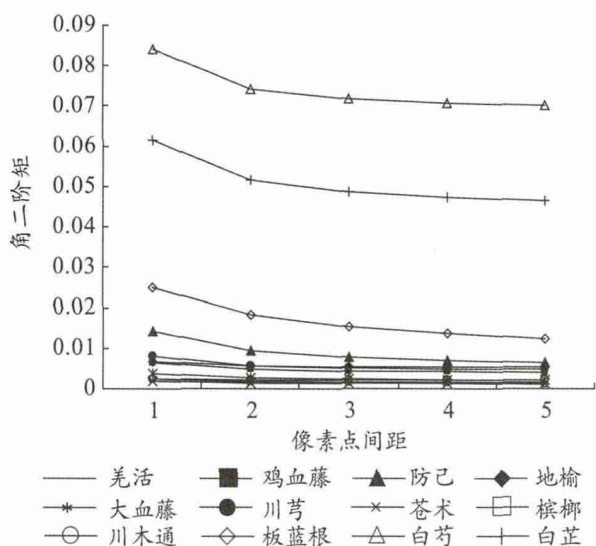


图1 像素点对间距离与角二阶矩值之间的关系

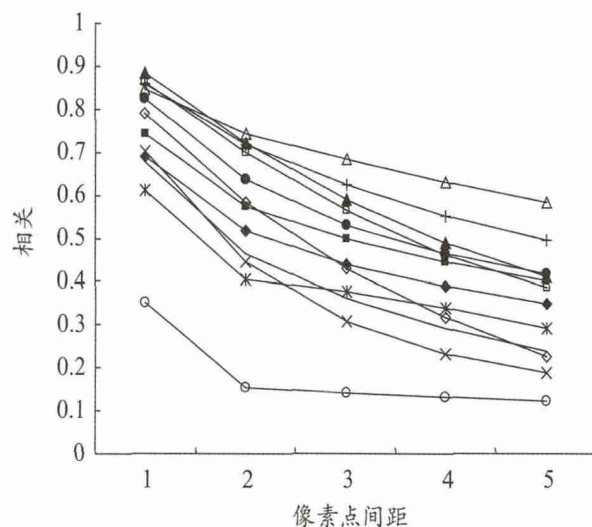


图3 像素点对间距离与相关值之间的关系

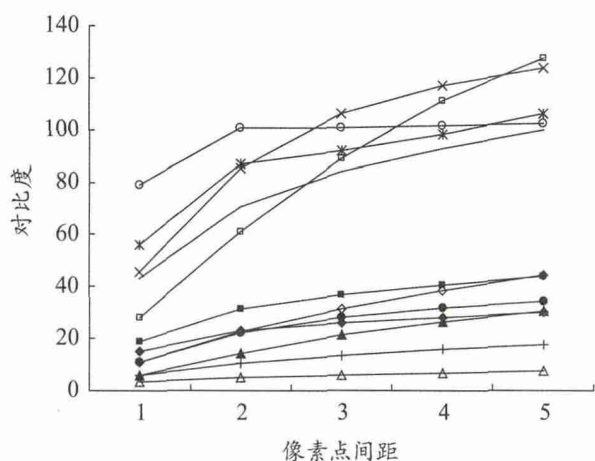


图2 像素点对间距离与对比度值之间的关系

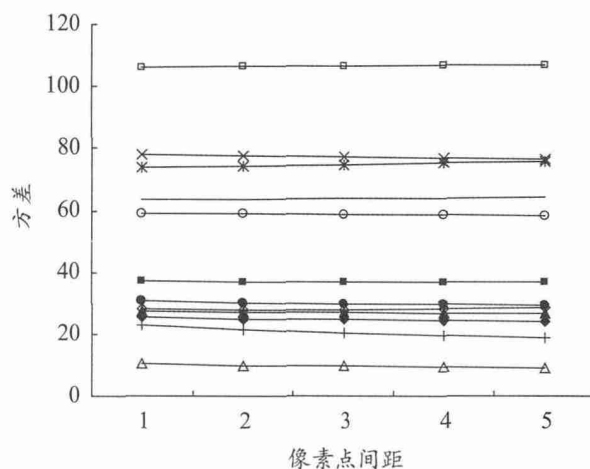


图4 像素点对间距离与方差之间的关系

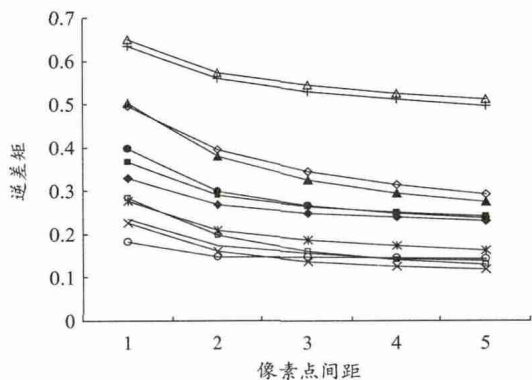


图5 像素点对间距离与逆差矩值之间的关系

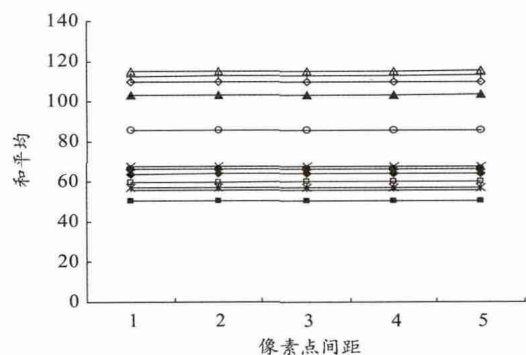


图6 像素点对间距离与和平均值之间的关系

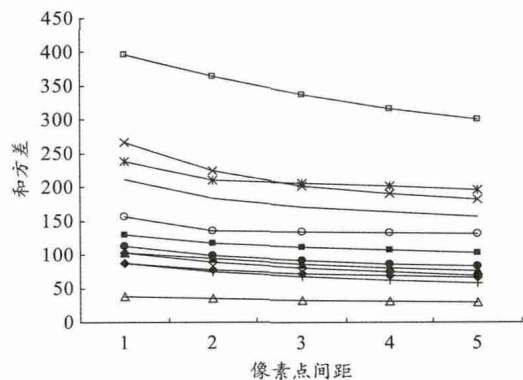


图7 像素点对间距离与和方差值之间的关系

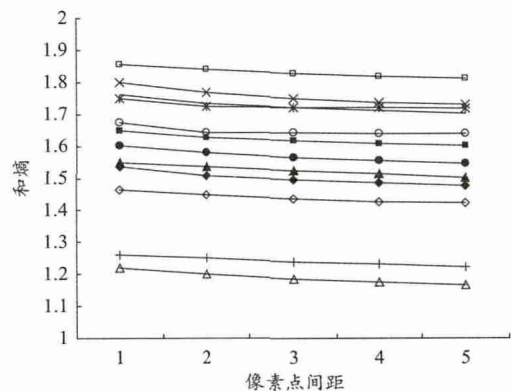


图8 像素点对间距离与和熵值之间的关系

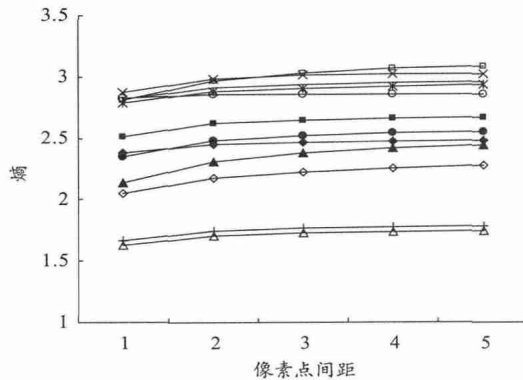


图9 像素点对间距离与熵值之间的关系

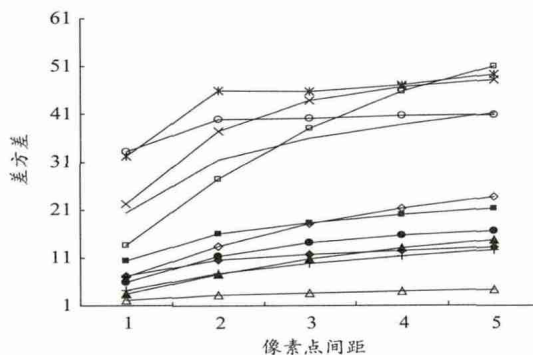


图10 像素点对间距离与方差差值之间的关系

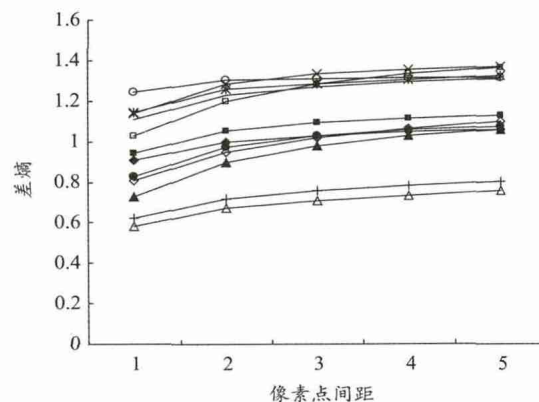


图11 像素点对间距离与差熵值之间的关系

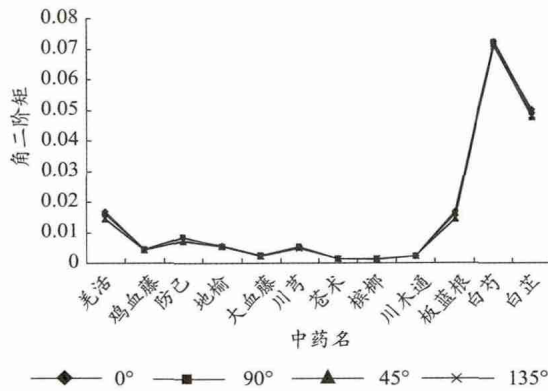


图12 像素点对方向与角二阶矩值之间的关系

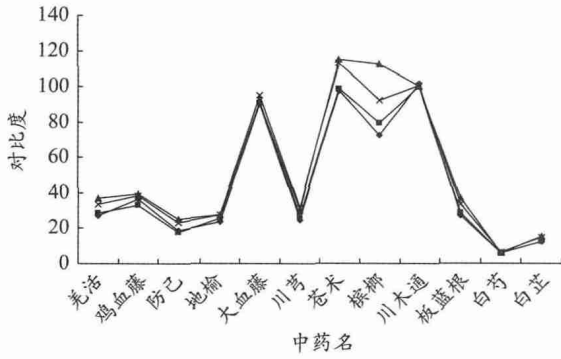


图 13 像素点对方向与对比度值之间的关系

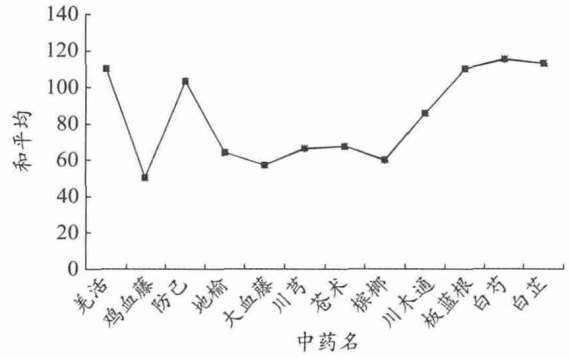


图 17 像素点对方向与和平均值之间的关系

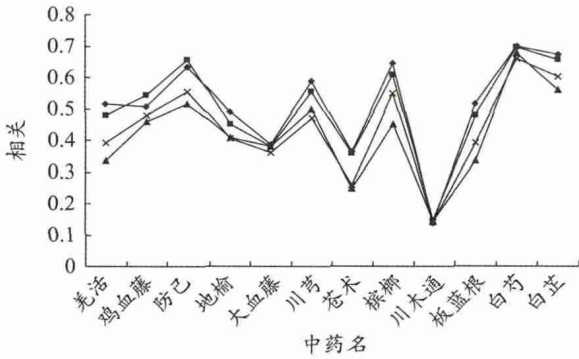


图 14 像素点对方向与相关值之间的关系

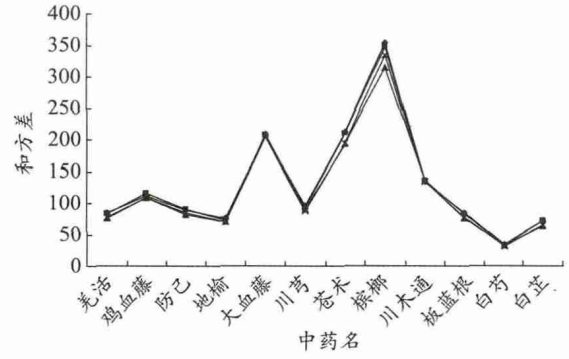


图 18 像素点对方向与和方差值之间的关系

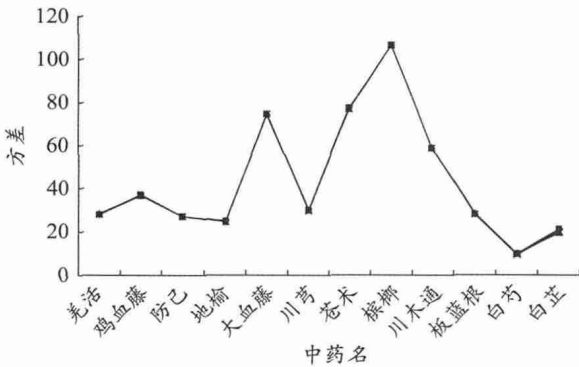


图 15 像素点对方向与方差值之间的关系

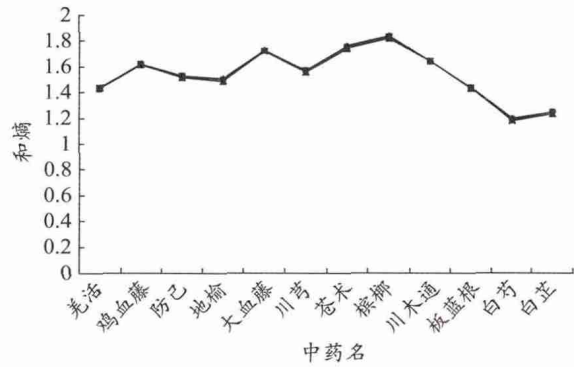


图 19 像素点对方向与和熵值之间的关系

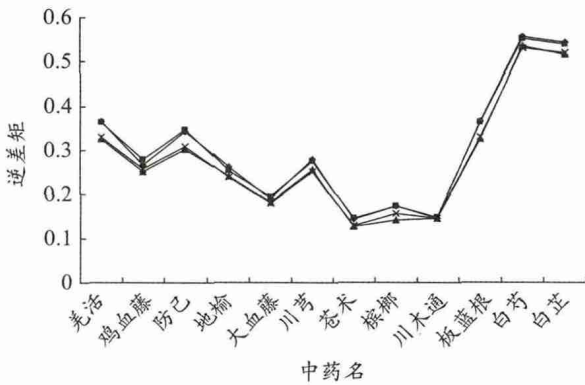


图 16 像素点对方向与逆差矩值之间的关系

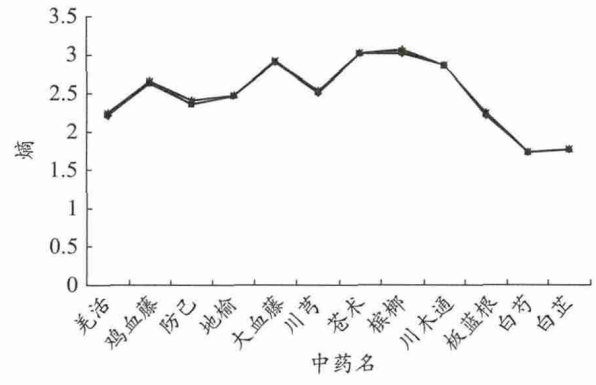


图 20 像素点对方向与熵值之间的关系

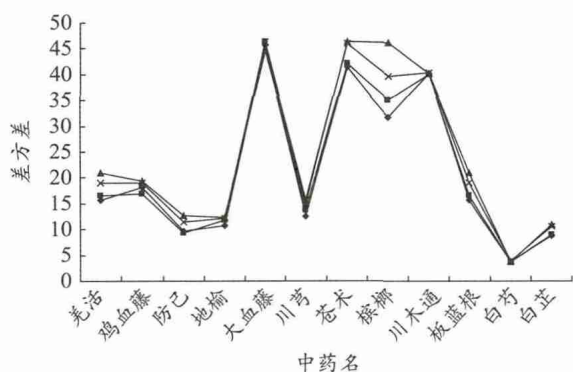


图 21 像素点对方向与差方差值之间的关系

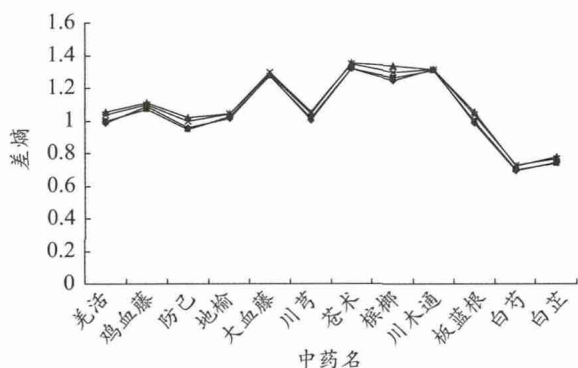


图 22 像素点对方向与差熵值之间的关系

从图 12-22 中可以看出，各纹理的特征值受像素点对方向 θ 值的影响均不是很明显，从图中变化曲线的趋势来看，4 个方向上纹理特征参数的变化规律基本相同。这说明中药饮片切面图像基于灰度共生矩阵提取的纹理特征参数具有旋转不变性。

通过分析像素点对的距离参数 d 以及方向参数 θ 对中药饮片切面纹理特征参数的影响，说明 $d \geq 3$ 时纹理特征参数的变化趋于恒定，而方向参数 θ 的变化基本不影响中药材切面的纹理特征参数。因此，本文取 $d=3, \theta=0^\circ$ 时的纹理特征参数作为后续研究的基础条件。

4 结论

由于中药饮片切面纹理多为不规则排列的纹理基元，因此本文采用统计分析的方法，分别基于中药饮片切面图像的灰度共生矩阵和提取 11 个纹理特征参数，分析两像素间距、角度对纹理特征参数的影响，结果表明在像素间距 $d=3$ 、角度 $\theta=0^\circ$ 时所提取的纹理特征参数有利于表征中药饮片切面纹理特征。通过对中药饮片切面图像纹理量化特征的提取和分析，表明了将图像分析方法用于中药品种自动识别的可行性，为中药直观鉴别的定量化、科学化、客观化提供了一套新的技术手段。

参考文献

- 1 张贵君. 中药鉴定学. 北京: 科学出版社, 2002: 1-354
- 2 李萍. 几种常见性状相似中药饮片的鉴别. 中国中医药现代远程教育, 2014, 12(7): 106.
- 3 王昭恒, 周健. 几种易混淆的中药饮片的鉴别. 安徽医药, 2000, 4(1): 32-33.
- 4 张小平, 王亚华. 几组处方调配易混淆的中药饮片辨析. 国医论坛, 2007, 22(1): 44.
- 5 常承东, 靳子明. 临床调剂易混淆中药饮片鉴别. 内蒙古中医药, 2013(17): 50-51.
- 6 谷凤芝. 中药饮片常见易混淆品的鉴别. 内蒙古民族大学学报, 2005, 31(3): 87-89.
- 7 Meyer G E, Mehta T, Kocher M F, et al. Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying. *Trans ASAE*, 1998, 41(4): 1189-1197.
- 8 傅星, 卢汉清, 罗曼丽, 等. 应用计算机进行植物自动分类的初步研究. 生态学杂志, 1994, 13(2): 69-71.
- 9 刘光洁, 燕阳. 浅谈科学计算可视化在教育领域的应用. 长春师范学院学报(人文社会科学版), 2008, 27(5): 126-128.
- 10 陈菁, 吴国萍, 肖小河, 等. 中药材三维组织结构的表面重建技术. 重庆大学学报(自然科学版), 2000, 23(3): 131-133.
- 11 肖小河, 舒光明, 方清茂, 等. 中药附子形态结构计算机三维重建与动态显示. 中草药, 1997, 28(3): 167-170.
- 12 陈慧. 基于内容的图像检索技术研究. 福建金融管理干部学院学报, 2007(6): 55-59.
- 13 Haralick R, Shanmugam K, Dinstein I. Textural features for image classification. *IEEE transactions on systems, Man and Cybernetics*, 1973, 3(6): 610-621.
- 14 陈美龙, 戴声奎. 基于 GLCM 算法的图像纹理特征分析. 通信技术, 2012, 45(2): 108-111.

Extraction of Texture Feature Parameter of Transverse Section in Chinese Herbal Medicine by Gray-Level Co-occurrence Matrix

Tao Ou, Zhang Yanling, Chen Qian, Wang Yun, Qiao Yanjiang

(Research Center of TCM Information Engineering, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

Abstract: Digitalization is an important method for the objectification and quantification of quality control on Chinese herbal medicine. To solve the problem of texture online visualization of Chinese herbal medicine and the establishment of automatic identification method based on the texture, 12 Chinese herbal medicines were selected to capture the images of their transverse sections. A total of 11 features were extracted from images using Gray-level Co-occurrence Matrix (GLCM) method. Through analyzing the influence of distances and angles between pixels on identification results, it was concluded that when the distance was $d = 3$ and the angle was $\theta = 0^\circ$, the features extracted were suitable for expressing the texture of the transverse sections. The results indicated the feasibility of establishing the automatic identification method on Chinese herbal medicine based on image of transverse section. It will provide new technologies for the objectification and quantification of identification on Chinese herbal medicine.

Keywords: Gray-level Co-occurrence Matrix, textural feature, feature parameter, Chinese herbal medicine

(责任编辑:李沙沙 张志华,责任译审:王 晶)