

基于灰度共生矩阵的纹理特征提取^①

高程程 惠晓威 (辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 纹理广泛存在于自然界中,是物体表面最本质的属性。纹理分析技术一直是热门的研究领域,纹理特征提取作为纹理分析的首要任务更是人们研究的焦点。针对五种木材纹理提出了用灰度共生矩阵的方法提取纹理特征,通过 MATLAB 仿真实验,结果表明由灰度共生矩阵产生的四个纹理特征能有效的描述木材的纹理特征,具有较好的鉴别能力。

关键词: 纹理; 纹理特征; 特征提取; 纹理分析; 灰度共生矩阵

GLCM-Based Texture Feature Extraction

GAO Cheng-Cheng, HUI Xiao-Wei

(School of Electronics and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: Widespread in nature Texture, texture is the most essential properties of the surface. Texture analysis has been a hotspot in research. As the primary task of texture analysis, texture feature extraction is the focus of study. This paper puts forward a texture features extraction method for the five kinds of wood grain with the gray level co-occurrence matrix. The MATLAB simulation results show that the gray level co-occurrence matrix generated by the four texture features can effectively describe the texture characteristics of wood with good differentiation.

Keywords: texture; texture features; features extracting; texture analysis; co-occurrence matrices

1 引言

纹理特征是一种重要的视觉线索,是图像中普遍存在,而又难以描述的特征。纹理作为物体表面的一种基本属性广泛存在于自然界中,是描述和识别物体的一种极为重要的特征。纹理分析技术一直是计算机视觉、图像处理、图像分析、图像检索等的活跃研究领域。纹理分析的研究内容主要包括:纹理分类和分割、纹理合成、纹理检索和由纹理恢复形状等。这些研究内容的一个最基本的问题是纹理特征提取。

图像的纹理特征描述了在图像中反复出现的局部模式和它们的排列规则,反映了宏观意义上灰度变化的一些规律,图像可以看成是不同纹理区域的组合,纹理是对局部区域像素之间关系的一种度量。纹理特征可用于定量描述图像中的信息。

纹理特征提取的主要方法有统计方法,模型方法,信号处理方法和结构方法。统计方法是基于像元及其

领域的灰度属性,研究纹理区域中的统计特性。实践证明,灰度共生矩阵在统计方法中具有很旺盛的生命力,用该方法提取的纹理特征具有很好的鉴别能力。本文采用灰度共生矩阵方法,通过 MATLAB 仿真实验对木材表面纹理的图像进行特征提取。

2 灰度共生矩阵的定义

1973年 Haralick^[1]等人提出了用灰度共生矩阵来描述纹理特征,这是由于纹理是由灰度分布在空间位置上反复交替变化而形成的,因而在图像空间中相隔某距离的两个像素间一定存在一定的灰度关系,称为是图像中灰度的空间相关特性,通过研究灰度的空间相关性来描述纹理,这就是灰度共生矩阵^[2]的思想基础。

灰度共生矩阵被定义为从灰度级 i 的点离开某个固定位置关系 $d=(D_x, D_y)$ 达到灰度为 j 的概率。灰

① 收稿时间:2009-10-03;收到修改稿时间:2009-11-02

度共生矩阵用 $P_d(i, j)(i, j = 0, 1, 2, \dots, L-1)$ 表示。其中 L 表示图像的灰度级, i, j 分别表示像素的灰度。 d 表示两个像素间的空间位置关系。不同的 d 决定了两个像素间的距离和方向。 θ 为灰度共生矩阵的生成方向, 通常取 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 和 135° 四个方向, 如图 1。

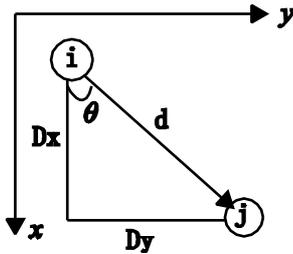


图 1 灰度共生矩阵的像素对

当两像素间的位置关系 d 选定后, 就生成一定关系 d 下的灰度共生矩阵。

$$P_d = \begin{bmatrix} P_d(0,0) & P_d(0,1) & \dots & P_d(0,j) & \dots & P_d(0,L-1) \\ P_d(1,0) & P_d(1,1) & \dots & P_d(1,j) & \dots & P_d(1,L-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_d(i,0) & P_d(i,1) & \dots & P_d(i,j) & \dots & P_d(i,L-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_d(L-1,0) & P_d(L-1,1) & \dots & P_d(L-1,j) & \dots & P_d(L-1,L-1) \end{bmatrix}$$

共生矩阵的一个元素代表了一种灰度组合下出现的次数。如元素 $P_d(1,0)$ 代表了图像上位置关系为 d 的两个像素灰度分别为 1 和 0 的情况出现的次数。

3 灰度共生矩阵的特征参数

灰度共生矩阵反映的是图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息。通过灰度共生矩阵可以分析图像的局部模式和排列规则等, 为了能更直观地以灰度共生矩阵描述纹理状况, 一般不直接应用得到的共生矩阵, 而是在其基础上获取二次统计量。为了分析方便, 先将各个元素 $P_d(i, j)$ 除以各元素之和 S , 得到各元素都小于 1 的归一化值 $\hat{P}_d(i, j)$, 由此得到归一化共生矩阵。Haralick 等人定义了 14 个用于纹理分析的灰度共生矩阵特征参数。Ulaby^[3]等人研究发现: 在基于 GLCM 的 14 个纹理特征中, 仅有 4 个特征是不相关的, 这 4 个特征既便于计算又能给出较高的分类精度, 一般采用下面四个^[4]最常用的特征来提取图像的纹理特征。

1) 二阶距(能量):

$$f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i, j) \quad (1)$$

二阶距是灰度共生矩阵元素值得平方和, 所以也称为能量, 反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细程度。如果灰度共生矩阵的所有值均相等, 则 f_1 小。如果其中一些值大而其他值小, 则 f_1 大。当 f_1 大时, 纹理粗, 能量大; 反之, f_1 小时, 纹理细, 能量小。

2) 对比度:

$$f_2 = \sum_{n=0}^{L-1} n^2 \left\{ \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \right\} \quad (2)$$

反映了图像的清晰度和纹理沟纹深浅的程度。纹理的沟纹深, 其对比度大, 效果清晰; 反之, 对比度小, 则沟纹浅, 效果模糊。灰度差即对比度大的像素对越多, 这个值越大。灰度共生矩阵中远离对角线的元素值越大, 对比度越大。

3) 相关:

$$f_3 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij \hat{P}_d(i, j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2} \quad (3)$$

式中 μ_1, μ_2, σ_1 和 σ_2 分别定义为:

$$\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \quad (4)$$

$$\mu_2 = \sum_{j=0}^{L-1} j \sum_{i=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \quad (5)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \quad (6)$$

$$\sigma_2^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \quad (7)$$

相关是用来衡量灰度共生矩阵的元素在行或列方向上的相似程度。当矩阵元素值均匀相等时, 相关值就大; 相反, 如果矩阵像素值相差很大则相关值小。如果图像中有水平方向纹理, 则水平方向矩阵的相关值大于其余矩阵的相关值。

4) 熵:

$$f_4 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \hat{P}_d(i, j) \log \hat{P}_d(i, j) \quad (8)$$

熵是图像具有信息量的度量, 纹理信息也属于图

像的信息，是一个随机性的度量，当灰度共生矩阵中所有元素有最大的随机性、灰度共生矩阵中所有值几乎相等时，共生矩阵中元素分散分布时，熵较大。它表示图像中纹理的非均匀程度或复杂程度。若图像没有任何纹理，则灰度共生矩阵几乎为零阵。它反映图像中纹理的复杂程度或非均匀度。若纹理复杂，熵值大；反之，若图像中灰度均匀，共生矩阵中元素大小差异大，熵值小。

4 实验与结果分析

灰度共生矩阵具有丰富的特征参数，能从不同的角度对纹理进行细致的刻画。本文以五种木材表面的纹理(见图 2)为例^[5]，应用 MATLAB7.0 进行编程，首先是计算四个方向上的灰度共生矩阵，取像素间的距离为 1；其次由灰度共生矩阵计算所需的四个纹理特征量，获取五种木材表面纹理的灰度共生矩阵的四个特征参数。灰度共生矩阵的方向取 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 四个方向。

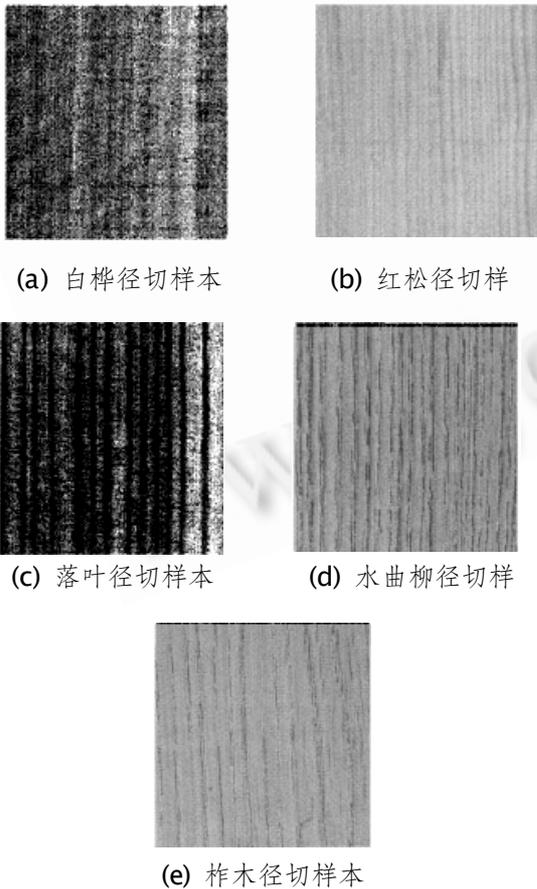
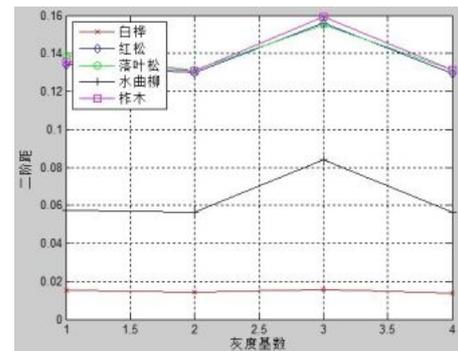
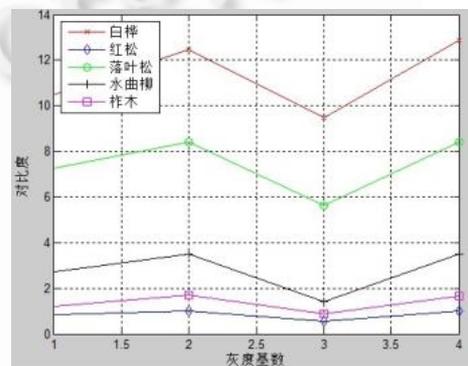


图 2 五种木材的径切样本

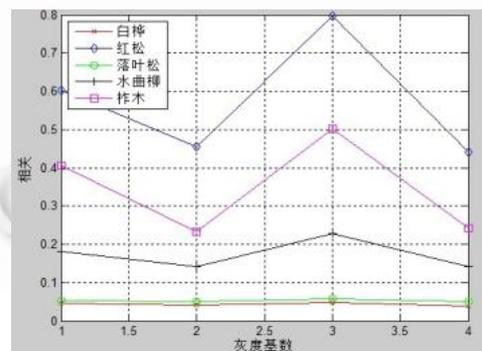
实验结果如图 3:



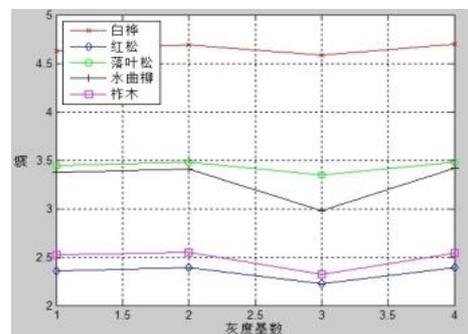
(a)二阶距



(b)对比度



(c)相关性



(d)熵

图 3 灰度共生矩阵的四个特征值

由图 3 可以看出不同类型的木材表面纹理特征参数具有明显的差异, 由于这些参量表示了图像纹理特征某一方面的性质, 因此通过比较这些参量, 可以反映出不同图像纹理特征的差异, 所以将其作为分类器的输入特征矢量对木材表面纹理进行分类识别应当是可行的, 实现对不同树种分类。如图 3 中的(a), 曲线代表每个树种的二阶距特征, 其值越大, 说明纹理越粗, 能量越大。图中分别代表红松和白桦的两条曲线相差很大, 红松的值比白桦的大很多, 说明红松的纹理比白桦的纹理粗, 能量也大, 这样我们可以通过二阶距就能区别这两个木材的种类。然而其中代表落叶松和白桦的二阶距的曲线相互重叠, 不容易分辨, 这时, 可以看图(c), 曲线代表每个树种纹理的对比度特性, 其中代表白桦和落叶松的对比度的曲线相差较大, 落叶松的值比白桦大很多, 代表落叶松的纹理比白桦纹理清晰的多, 此时可以比较出落叶松和白桦。以此类推, 说明用基于灰度共生矩阵产生的四个特征值可以区分这五个树种。

5 结语

如何表征木材表面纹理以及对木材表面纹理的分类识别不但是一个木材学的前沿课题, 也是图像处理和模式识别的一个重要研究方向。如何找到最有效的描述木材表面纹理特征是十分重要的, 需要我们做进

一步的研究。由于篇幅有限, 文中只选取对五种木材的表面纹理做了纹理特征提取与分析, 也许不能对所有的木材都适用, 但是构造灰度共生矩阵产生的四个特征参数是一种能有效描述木材表面纹理的参数, 具有较好的鉴别能力, 这一结论可作为木材识别与分类的参考。但是基于灰度共生矩阵的方法也有的缺点: 它需要很大的计算量, 很耗时。我们不能单纯的通过减少图像的灰度级或是方向选择上来减少计算量, 而是要从算法实现上进行改进, 这就需要进一步的研究。

参考文献

- 1 Haralick R M, Shanmugam K. Texture features for image classification. IEEE Trans. on Sys, Man, and Cyb, 1973, SMC-3(6): 610 - 621.
- 2 贾永红. 计算机图像处理与分析. 武汉: 武汉大学出版社, 2001. 231 - 235.
- 3 Ulaby FT, Kouyate F, Brisco B, et al. Textural information in SAR Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1986, 24(2): 235 - 245.
- 4 杨帆. 数字图像处理与分析. 北京: 航空航天大学出版社, 2007. 277 - 281.
- 5 王辉. 基于灰度共生矩阵木材表面纹理模式识别方法的研究[硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007.