

应用改进的灰度共生矩阵识别木材纹理多重特征值

王清涛, 杨洁*

(西南林业大学 机械与制造工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要:目前木材的主要分类方式是由人的经验进行分类,分类的好坏取决于人的经验。因此机器自动检测分类木材种类变得迫在眉睫,目前机器识别木材种类最主要的方法是应用灰度共生矩阵(GLCM)提取木材纹理特征识别木材种类。但是基于灰度共生矩阵(GLCM)特征提取分类存在缺陷,这是由于木材图片旋转再识别时导致分类精度下降。本研究应用改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)提取木材多重特征值,较前人提取的灰度共生矩阵(GLCM)识别木材种类,具有旋转不变性。应用 matlab 模式识别算法进行训练、分类。结果表明,应用本方法对木材进行分类,分类精度比应用灰度共生矩阵(GLCM)精度高,分类效果较好,是一种新的木材识别方法。

关键词:木材识别;灰度共生矩阵;改进的灰度共生矩阵;特征值;旋转不变性

中图分类号:S781.1

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2019)03-0191-05

Application of Improved Gray Symbiosis Matrix to Identify the Multiple Characteristic Values of Wood Texture

WANG Qing-tao, YANG Jie*

(School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: There are many types of wood in China, and the correct classification of wood is essential. At present, the main classification of wood is primarily relied on human experience. Therefore, it is extremely urgent to use machine to automatically detect wood species. The most important method to achieve this is to use the gray level co-occurrence matrix (GLCM) to extract the wood texture features to identify the wood species. However, there are defects in GLCM, which is caused by the degradation of resolution when the wood picture is rotated and re-identified. Therefore, the modified gray level co-occurrence matrix (I-GLCM) is used to extract the multiple eigenvalues of wood, which is more invariant than the gray-scale co-occurrence matrix (GLCM) extracted by the predecessors. To solve the problem Matlab's pattern recognition algorithm was used for training and classification. The results showed that the classification accuracy was higher than that of applying GLCM to extract wood texture, and the classification effect was better.

Key words: wood identification; gray scale co-occurrence matrix; improved gray scale co-occurrence matrix; characteristic value; rotation invariance

我国的木材原材料使用率非常低,浪费现象非常严重,而木材分类识别较低是其中主要的原因之一,如何充分利用好森林资源,提高木材利用率,是我国林业科技人员迫切需要解决的重要课题之一,木材自动检测分类则是提高木材利用率的极其重要

的手段。而木材自动检测分类的好坏取决于木材特征的提取。

目前木材自动检测设备主要基于木材纹理特征的提取检测。纹理特征是一种不依赖于颜色或亮度而反映图像中同质现象的视觉特征,它是物体表面

收稿日期:2018-10-16 修回日期:2018-11-07

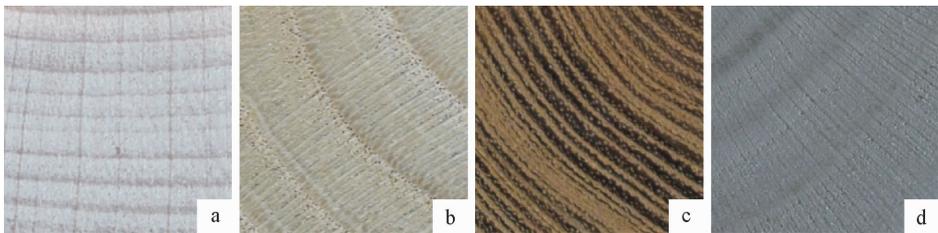
基金项目:国家自然科学基金(31100424);云南省教育厅重点基金(501001)。

作者简介:王清涛,男,硕士,研究方向:木材表面纹理识别。E-mail:1554181743@qq.com

*通信作者:杨洁,女,副教授,研究方向:木材处理及模式识别。E-mail:351725623@qq.com

共有的内在特性。纹理特征包含了物体表面结构组织排列的重要信息以及它们与周围环境的联系。图像纹理分析在计算机视觉、自动化等领域有着非常广泛的应用前景^[1]。图像的灰度共生矩阵是由 R. M. Haralick 提出的,反映了图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度等综合信息,被广泛应用于纹理分类、检索^[2]。

目前有很多专家和学者基于木材纹理对木材进行分类。比较成熟的系统是由 S. Samanta^[3] 等和 R. Bremananth^[4] 开发了热带木材物种自动识别系统,利用灰度共生矩阵(GLCM)提取木材纹理特征,进而分别对 20 种木材和 10 种木材进行了分类^[5-6]。然而,基于灰度共生矩阵特征的提取分类这一方法存在缺陷,木材图片旋转再识别时导致识别精度下降。因此,为了提高木材树种识别系统的准确度,具有更高精度的特征提取器的研究是至关重要的。基于此,本研究改进了特征提取的方法,应用改进灰度共生矩阵(I-GLCM)提取木材多重特征值,可以从木材纹理中精确提取木材特征,克服灰度共生矩阵(GLCM)的局限性,具有旋转不变性的特点。本研究将识别图片旋转 90°后,再用灰度共生矩阵识别木材图片识别率有所下降,而用改进的灰度共生矩阵提取特征值识别旋转后的木材图片识别率不变。



注:(a)山毛榉;(b)板栗;(c)刺槐;(d)三球悬铃木。

图 2 不同树种采集图片

Fig. 2 Images of different wood species

1.1 基于纹理特征提取的方法

纹理分类中最重要的一步是特征提取阶段,难点在于如何精确、准确地表示纹理。不同的特征提取器可能导致不同的分类结果^[7]。常见的基于纹理特征提取的方法有统计法、结构法、模型法、频谱法等^[8-10],而基于统计法中的灰度共生矩阵提取纹理参数能够反映木材表面的灰度二阶组合信息,体现木材纹理的强弱、周期变化、粗细均匀性以及整体色

$$P(g_1, g_2) = \frac{\#\{(x_1, y_1), (x_2, y_2)\} \in S | f(x_1, y_1) = g_1 \& f(x_1, y_2) = g_2\}}{\#S} \quad (1)$$

调的明暗,较为全面地概括了木材纹理的几个主要特征。等号右边的分子是具有某种空间关系,式中, g 为灰度值, x, y 表示具体的位置坐标;分母为像素对总的和个数($\#$ 代表总量)。这样得到的 P 是归一化的。

因此本算法可以推广到所有应用灰度共生矩阵识别木材图片当中(图 1)。

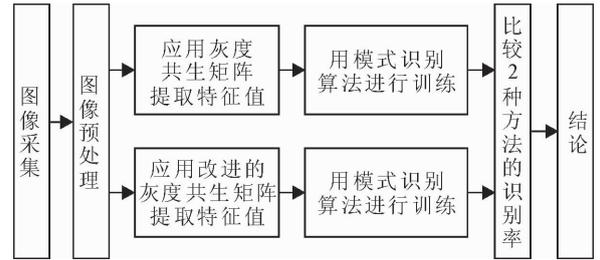


图 1 木材图像特征提取、分类、比较流程

Fig. 1 Flow chart of extraction, classification and comparison of wood image features

1 图像采集与预处理

在光照条件良好、拍摄角度一致等理想的拍摄条件下,使用尼康 7100 数码相机拍摄木材的横向切面,拍摄样品距离镜头为 15~20 cm。本研究采用的树种有山毛榉(*Fagus longipetiolata*)、板栗(*Castanea mollissima*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)和三球悬铃木(*Platanus orientalis*),每个树种拍摄的样品图片数量为 100 张。对获得的所有样品图片剪裁成 400×400 像素大小,除裁剪外不做任何的锐化处理(图 2)。

调的明暗,较为全面地概括了木材纹理的几个主要特征。

1.2 灰度共生矩阵(GLCM)特征提取器

灰度共生矩阵(GLCM)通过计算具有特定值和特定空间关系的像素对在图像中出现的频率来描述图像的纹理。设 S 为目标区域 R 中具有特定空间联系的像素对的集合,则共生矩阵 P 中各元素可定义为(R. M. Haralick)^[11]:

例如计算矩阵 $\begin{bmatrix} 00 & 01 \\ 10 & 11 \end{bmatrix}$ 中每个元素出现在一个给定方向上的次数。例如,如何获取上述灰度矩

阵 $\begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}$ (水平方向从左到右)。矩阵表示 00 元素一共出现了 3 次,01 元素一共出现 4 次,10 和 11 元素分别出现 2 次和 3 次^[12](假设每个小矩阵都是二维的)。图 3 为灰度共生矩阵(GLCM)的工作原理及方向的选择。

传统的灰度共生矩阵(GLCM)方法的缺点是它对旋转的改变和冗余特征的存在。例如:当使用 8

个方向时,元素 01 在北 $[-1,0]$ 方向出现的次数与元素 10 在南 $[1,0]$ 方向出现的次数相同。因此,只保留了 4 个方向:北 $[-1,0]$ 、东北 $[-1,1]$ 、东 $[0,1]$ 、西北 $[-1,-1]$ 。图 4 显示了同一幅图像在 2 个不同角度的灰度图及其对应的特征向量。观察到这些向量确实是相似的,但是它们的特征是不同的,因为图像发生了 90° 的旋转。

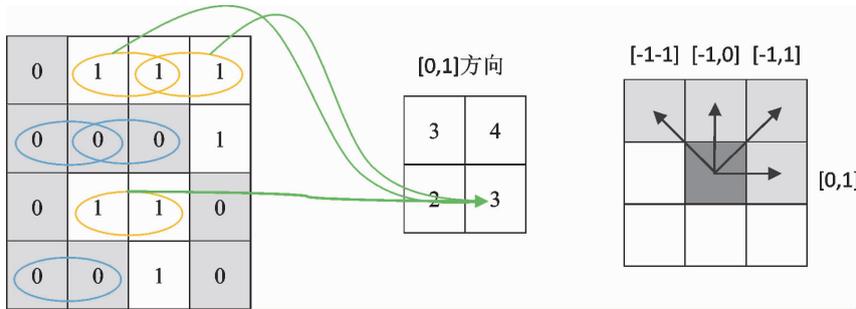


图 3 GLCM 工作原理及方向

Fig. 3 Working principle and direction of GLCM

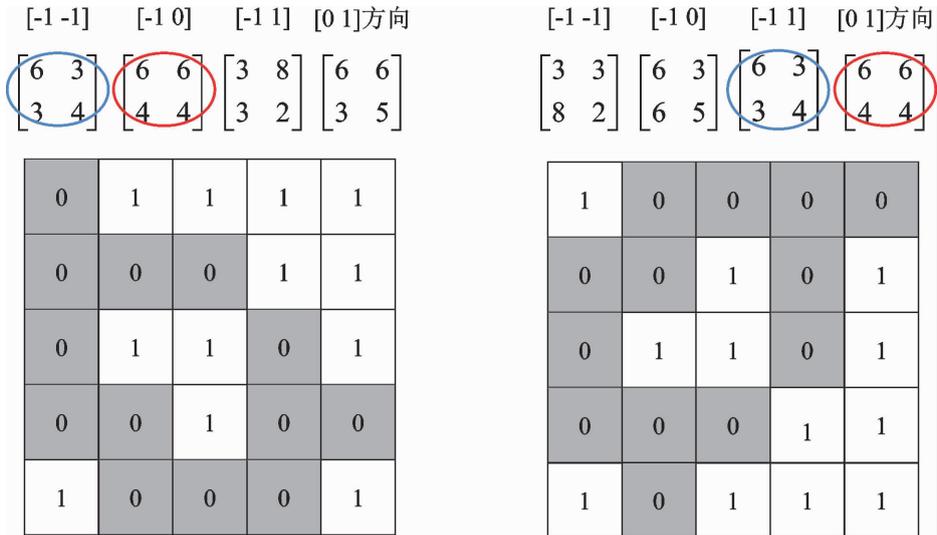


图 4 图像旋转 90° 后的灰度共生矩阵

Fig. 4 Gray co-occurrence matrix after image rotation by 90°

1.3 改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)特征提取器

为克服传统的 GLCM 的局限性。提出了一种改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)特征提取器。改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)特征提取器具有旋转不变性,此外,改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)特征直接通过图像灰度映射来计算。

$$I-GLCM = \frac{GLCM + (GLCM)^T}{2} \quad (2)$$

式中, $(GLCM)^T$ 为 GLCM 的转置矩阵。这样得到的 I-GLCM 是旋转不变的且是对称的。旋转前: $\text{sumGLCM}(00) = 6 + 6 + 3 + 6 = 21$, $\text{sumGLCM}(01) + \text{sumGLCM}(10) = 3 + 6 + 8 + 6 + 3 + 4 + 3 + 3 =$

34 , $\text{sumGLCM}(11) = 4 + 4 + 2 + 5 = 15$;

旋转后: $\text{sumGLCM}(00) = 3 + 6 + 3 + 6 = 21$, $\text{sumGLCM}(01) + \text{sumGLCM}(10) = 3 + 3 + 3 + 6 + 8 + 6 + 3 + 4 = 34$, $\text{sumGLCM}(11) = 2 + 5 + 4 + 4 = 15$ 。

由此可知,图片旋转 90° 其灰度共生矩阵发生了改变,而基于改进的灰度共生矩阵是旋转不变的。

1.4 应用改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)提取多重特征值的特性

设 A 是 n 阶方阵,存在一个实数 λ 和非零向量 x 使关系式 $Ax = \lambda x$ 成立,那么,这样的数 λ 称为矩阵 A 的特征值。

改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)多重特征值提

取的多少取决于把图像量化成多少个灰度级,通常量化的灰度级有 2、8、16、32、64、128(因为改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)是对称方阵矩阵^[13-15],所以改进的灰度共生矩阵的特征根等于改进的灰度共生矩阵的维度。当把图像的灰度矩阵分为较小的灰度级时,会导致特征值较少,因此不能正确反映木材的纹理特征;当把图像的灰度矩阵分为较大的灰度级时,能够正确地反映木材的纹理特征,但特征值越多,运算越复杂,运算时间越长,因此本例采用 64 个灰度级别。

改进的灰度共生矩阵特征值从每个木材图像中提取 64 个特征。图 5 中的曲线显示了 4 种树种 64 灰度级改进的灰度共生矩阵特征值。由图 5 可知,山毛榉树和刺槐树的特征值比较接近,导致分类时这 2 种树木的识别率相对偏低。

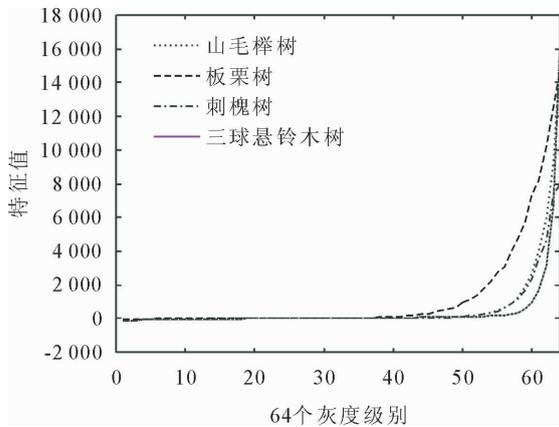


图 5 4 种树种 64 灰度级改进的灰度共生矩阵多重特征值
Fig. 5 Improved gray level co-occurrence matrix values of 64 grayscale for four species

2 应用提取特征对木材种类进行分类

2.1 算法的选择

由于 BP 神经网络具有非常强的非线性映射能力、自学习和自适应能力、泛化能力和容错能力,因此采用 BP 神经网络^[16]。

2.2 混淆矩阵

表 1 和表 2 表示灰度共生矩阵和改进的灰度共生矩阵的混淆矩阵。由表可知,应用改进的灰度共生矩阵提取木材图像的多重特征值比灰度共生矩阵提取木材的特征值好,刺槐树和三球悬铃木之间的识别错误率相对较高。是因为刺槐树和三球悬铃木的特征值接近,导致刺槐树和三球悬铃木识别率比山毛榉树和板栗树低。

2.3 几种常见木材品种分类结果

本试验中使用了 4 种常见的木材品种。每种木

材都有 100 张图片,选取其中 80 张作为训练样本,剩余 20 张作为检测。木材的识别率见表 3。

表 1 灰度共生矩阵的混淆矩阵

Table 1 Confounding matrix of gray co-occurrence matrix

	山毛榉树	板栗树	刺槐树	三球悬铃木
山毛榉树	96.52	1.13	1.84	0.51
板栗树	0.65	95.38	1.64	2.33
刺槐树	0.58	1.39	90.27	7.76
三球悬铃木	0.43	1.08	8.05	90.44

表 2 改进灰度共生矩阵的混淆矩阵

Table 2 Confusion matrix of improved gray co-occurrence matrix

	山毛榉树	板栗树	刺槐树	三球悬铃木
山毛榉树	99.28	0.25	0.29	0.18
板栗树	0.06	99.54	0.35	0.05
刺槐树	0.43	0.24	93.57	5.76
三球悬铃木	0.06	1.21	6.25	92.48

表 3 4 种木材的识别率

Table 3 Identification rate of four kinds of wood

木材品种	山毛榉树	板栗树	刺槐树	三球悬铃木
应用灰度共生矩阵识别率	86	86	85	87
应用改进的灰度共生矩阵识别率	88	90	86	91

用培训好 BP 神经网络检测图片旋转 90°后的识别率见表 4。

表 4 将检测图片旋转 90°后 4 种木材的识别率

Table 4 Will test the recognition rate of the four types of wood after the rotation of the picture by 90°

木材品种	山毛榉树	板栗树	刺槐树	三球悬铃木
应用灰度共生矩阵识别率	79	78	76	78
应用改进的灰度共生矩阵识别率	88	90	86	91

3 结论

应用改进的灰度共生矩阵(I-GLCM)提取木材纹理特征值识别木材品种的识别率比应用灰度共生矩阵(GLCM)识别木材品种的识别率高,识别效果较好,但提升幅度有限。由于图片的旋转导致应用灰度共生矩阵识别率降低,而应用改进的灰度共生矩阵克服了图片的旋转,识别率较应用灰度共生矩阵 4 种树种分别提高了 9%、12%、10%、13%。

与以往的灰度共生矩阵提取的特征相比,应用改进的灰度共生矩阵提取木材纹理的多重特征值克服了图像旋转的问题,更有效地提取了木材的纹理

特征,提高了木材分类的精度。此外,有些种类木材的特征值相近,降低了木材的识别率。应该在本研究的方法基础上再提取一些别的特征,可以精确地分类木材种类。

参考文献:

- [1] 钟桦,杨晓鸣,焦李成. 基于多分辨共生矩阵的纹理图像分类[J]. 计算机研究与发展,2011,48(11):1991-1999.
ZHONG H, YANG X M, JIAO L C. Texture classification based on multiresolution co-occurrence matrix[J]. Journal of Computer and Development,2011,48(11):1991-1999. (in Chinese)
- [2] HARALICK R M. Statistical and structural approaches to texture[J]. Proceedings of the IEEE,1979,67(5):786-804.
- [3] SAMANTA S, KUNDU D, CHAKRABORTY S, *et al.* Wood surface classification based on haralick and the neural networks[C]// Fourth international conference on information science & industrial applications. IEEE,2016.
- [4] BREMANANTH R, NITHYA B, SAIPRIYA R. Wood species recognition using GLCM and correlation [C]//International conference on advances in recent Technologies in communication & computing. IEEE,2009.
- [5] KHALID M, LEE E L Y, YUSOF R, *et al.* Design of an intelligent wood species recognition system [J]. Int. J. Simulat. Syst., Sci. Technol,2008,9(3):9-19.
- [6] BREMANANTH R, NITHYA B, SAIPRIYA R. Wood species recognition using GLCM and correlation [C]//proceedings of the 2009 international conference on advances in recent technologies in communication and computing. IEEE, 2009: 615-619.
- [7] IBRAHIM I, KHAI RUDDIN A S M, ARO H, *et al.* Statistical feature extraction method for wood species recognition system [J]. European Journal of Wood & Wood Products, 2017, 76 (5):1-12.
- [8] 于海鹏,刘一星,刘镇波. 基于图像纹理特征的木材树种识别[J]. 林业科学,2007,43(4):77-81.
YU H P, LIU Y X, LIU Z B. Wood species retrieval on base of image textural features [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43 (4):77-81. (in Chinese)
- [9] 侯海苗,冀小平. 基于灰度共生矩阵的纹理特征[J]. 长治学院学报,2008,25(5):31-32.
- [10] 于海鹏,刘一星,刘镇波. 木材纹理的定量化算法探究[J]. 福建林学院学报,2005,25(2):157-162.
YU H P, LIU Y X, LIU Z B. Some idea and algorithms about quantification of wood texture [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2005, 25 (2):157-162. (in Chinese)
- [11] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image classification [J]. Studies in Media and Communication, 1973, SMC-3(6):610-621.
- [12] GONZALEZ R, WOODS R, EDDINS S, *et al.* 数字图像处理的 MATLAB 实现 [M]. 北京:清华大学出版社,2013.
- [13] 周熊,多化琼,王振柱,等. 基于图像处理 SVM 探索木材与树皮的新识别参数 [J]. 西北林学院学报,2014,29(5):199-202.
ZHOU X, DUO H Q, WANG Z Z, *et al.* New recognition parameters of wood and bark rate based on image processing and the SVM [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(5):199-202. (in Chinese)
- [14] 多化琼,孙泉雄,袁云梅. 基于图像处理提高木材识别准确性的新方法 [J]. 西北林学院学报,2017,32(1):244-247.
DUO H Y, SUN X X, YUAN Y M. Improvement of wood identification accuracy based on image processing [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(1):244-247. (in Chinese)
- [15] 赵鹏超,戚大伟. 基于卷积神经网络和树叶纹理的树种识别研究 [J]. 森林工程,2018,34(1):56-59.
ZHANG P C, QI D W. Study on tree species identification based on convolution neural network and leaf texture image [J]. Forest Engineering, 2018, 34(1):56-59. (in Chinese)
- [16] 周开利,康耀红. 神经网络模型及其 MATLAB 仿真程序设计 [M]. 北京:清华大学出版社,2005.