印刷套准识别方法研究

简川霞，高健，李克天，敖银辉
（广东工业大学，广州 510006）

摘要：目的 研究印刷标志套准机器快速和高精度的识别方法。**方法** 提取印刷标志图像的灰度共生矩阵表达其纹理特征，采用Adaboost分类器对印刷标志套准图像进行识别，以判断印刷是否套准。**结果** 提取出了印刷标志图像的能量、熵、惯性矩、相关度等的均值和标准差的8维图像纹理特征。为了比较不同分类器的分类性能，分别得出了Adaboost、*K*近邻、贝叶斯、支持向量机、Fisher和决策树对印刷标志图像纹理特征的分类准确率和分类时间。**结论** 采用文中方法，印刷标志图像套准识别准确率达到97.5%，分类时间达到0.022 377 s，优于其他的分类方法。

关键词： 印刷套准；纹理特征；熵；Adaboost
中图分类号： TB801.3　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1001-3563(2015)07-0129-05

Printing Registration Recognition

JIAN Chuan-xia, *GAO Jian*, *LI Ke-tian*, *AO Yin-hui*
(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the rapid and highly accurate recognition method for printing registration based on machine vision. Gray level co-occurrence matrix of the printing marks image was extracted to represent its texture features. Adaboost classifier was used to recognize printing marks images, to check the accuracy of printing registration. 8-dimentioal texture vectors including the means and standard deviations of energy, entropy, moment of inertia and correlation in the printing marks images were extracted. To compare the classification performance of different types of classifiers, the accuracy and runtime of classifying these 8-dimentioal vectors were obtained using Adaboost, *K*-Nearest Neighbor, Naivebayes, Support Vector Machine, Fisher and Decision Tree. The recognition rate of 97.5 % and the classification runtime of 0.022 377 s could be achieved using the proposed method, superior to other classification methods.

KEY WORDS: printing registration; texture; entropy; Adaboost

现代印刷是采用多色套印方式实现彩色复制，图像印刷质量很大程度上取决于套准程度[1]。如果四色套印时出现偏差，就会出现重影现象，不能实现色彩的准确复制，难以表达原稿的色彩，因此套准检测是印刷过程中的重要环节。目前多采用人工进行套印检测，但其存在精度差、速度慢等缺陷。基于机器视觉的印刷套准检测完全可以代替人工，用于实际生产之中[2-3]。

许多学者对印刷标志套准检测进行了研究[4-8]。张海燕[9]介绍了一种基于图像处理的单张纸胶印机的对角线方向套准及自动控制系统，对印版的测量标记进行图像识别和分析，得到与产品图像质量相关的参数，并利用测量标记产生的误差，通过步进电机对印版滚筒进行调节，达到了理想的印刷效果。王梅[10]对印刷自动套准图像的识别进行了初步的研究，通过对摄取到的实际套印标志图像和标准图像进行比较，输出其角

收稿日期： 2014-09-25
基金项目： 国家基础研究项目(2011CB013104)；国家自然科学联合基金(U1134004,51275093)；高等教育学科建设重点项目(2012CXZD0020)；广东省专项研发项目LED行业基金(2011A081301001, 2012A08030300)；省部产学研结合项目(2012B091000028)；数控一代项目(2012B011300027)
作者简介： 简川霞(1979—)，男，河南南阳人，在读博士，广东工业大学讲师，主要研究方向为图像处理、模式识别和机器视觉。

度偏差值和位置偏差值，以此作为自动套准控制系统对印刷机套准调节的依据，并对一种“米”字形套堆标记的识别和检测进行了分析。于丽杰[11]研究了套印标志图像的特征提取方法，在图像颜色特征提取方面，提出了一种接近人的视觉模型（HSI）的颜色特征提取方法，在图像纹理特征提取方面，将灰度共生矩阵在0°，45°，90°和135°等4个方向上的特征参数求均值作为最终参数，并设计了最小距离分类器进行分类识别，并应用不同距离测度进行了分类对比实验。

印刷套准是采用图像识别的方式判断套准误差，将误差信息传递给控制系统，并由控制系统对印版或者印版滚筒发出调节指令，保证套准准确。由此印刷套准与否是印刷套准控制系统发出控制信号的基础。文中介绍印刷套准识别流程，并提取标志图像的灰度共生矩阵来表达其纹理特征，采用Adaboost分类器进行印刷标志套准识别。

1 印刷套准识别流程

印刷套准识别流程见图1。通过摄像机获取印刷标志图像，经过预处理后进行标志的灰度共生矩阵特征提取，提取出套准标志和套不准标志的纹理特征，组成训练集合，对Adaboost分类器模型进行训练，得到模型参数。然后将未知套准标签（+1代表套准，–1代表未套准）的图像纹理特征数据输入分类器模型中进行分类识别，将特征标签分为+1和–1，判断印刷标志套准与否。

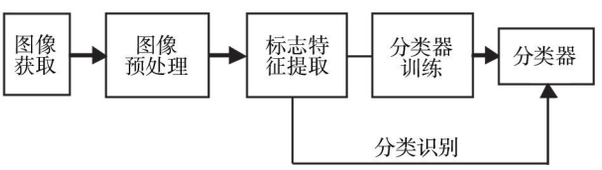

图1 印刷套准识别流程

Fig.1 Process of identifying the printing registration

2 印刷标志的灰度共生矩阵提取

在图像空间中相隔某距离的两像素之间存在一定的灰度关系，即图像中存在灰度的空间相关特性，因此可以提取灰度共生矩阵来描述印刷标志图像的纹理特征。印刷标志图像水平方向和垂直方向上各有$N_c \times N_r$个像素，将像素灰度量化为N_g层，即$G=\{1,2,\cdots,N_g\}$。灰度共生矩阵是从灰度级i的点(x_1,y_1)达到灰度级为j的点(x_2,y_2)的概率，两点之间的固定关系为(d,θ)。其中d表示2个像素间的距离，θ表示2个像素间的方向角，其数学表达式为[12—13]：

$$P(i,j;d,\theta)=\#\{(x_1,y_1)(x_2,y_2)|f(x_1,y_1)=i,f(x_2,y_2)=j,|(x_1,y_1)-(x_2,y_2)|=d,\angle((x_1,y_1),(x_2,y_2))=\theta\} \tag{1}$$

式中：#{x}为满足条件的点对的个数。通常可以用以下标量来表达灰度共生矩阵的特征。

2.1 ASM能量

能量是图像灰度共生矩阵元素值的平方和，反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度，见式（2）。当共生矩阵中元素集中分布时，ASM值较大。

$$\mathrm{ASM}=\sum_{i=0}^{N_g-1}\sum_{j=0}^{N_g-1}(P(i,j))^2 \tag{2}$$

2.2 熵

在信息论中，熵是对图像的信息量进行量化度量的一个物理量。纹理信息是图像信息的一个随机量，当图像共生矩阵中所有元素有最大的随机性、值几乎相等、分散分布时，熵较大，见式（3）。它表示图像中纹理的非均匀程度或复杂程度。

$$H=-\sum_{i=0}^{N_g-1}\sum_{j=0}^{N_g-1}P(i,j)\ln P(i,j) \tag{3}$$

2.3 惯性矩

惯性矩即对比度，反映了图像的清晰度和纹理沟纹深浅的程度，见式（4）。灰度差即对比度大的像素对越多，I越大。

$$I=\sum_{n=0}^{N_g-1}n^2\{\sum_{i=0}^{N_g-1}\sum_{j=0}^{N_g-1}P(i,j)\} \tag{4}$$

2.4 相关度

度量空间灰度共生矩阵元素在行或列上的相似程度，因此COR值反映了图像中局部灰度的相关性，见式（5）。当矩阵元素值均匀相等时，COR值就大。

$$COR=\sum_{i=0}^{N_g-1}\sum_{j=0}^{N_g-1}P(i,j)\left[\frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)}{\sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)}}\right] \tag{5}$$

式中：μ_i和μ_j为均值；σ_i和σ_j为方差。

3 Adaboost

1995年Freund和Schipare提出了Adaboost[14]算

法。Adaboost对每个训练样本都分配一个权重，每次迭代都对权重进行调整，被分类错误的样本权重得到提升，正确分类则减少权值，通过若干个简单分类器的投票获得一个强分类器[15—16]。理论证明，只要训练误差低于0.5，迭代次数足够多，就可以获得很高的分类准确率。算法步骤如下所述[17—19]。

步骤1：输入一组有标记的训练样本集$D=\{(x_1,y_1),\cdots,(x_n,y_n)\}$，$x_i\in X$，$y_i\in Y=\{-1,+1\}$。弱学习算法，迭代次数为$T$。

步骤2：初始化各样本对应的权值$w_t(i)=1/n$，$i=1,2,\cdots,n$。

步骤3：For $t=1,2,\cdots,T$。

1）在加权训练样本集上训练弱分类器C_t得到h_t。

2）计算C_t的训练误差$\varepsilon_t=\sum_{i=1}^{n}w_t(i)$，$y_i\neq h_t(x_i)$，即$\varepsilon_t$相当于错分样本的权值$w_t$之和。

3）设置弱分类器C_t的权值$\alpha_t=\frac{1}{2}\ln\left(\frac{1-\varepsilon_t}{\varepsilon_t}\right)$。

4）更新训练样本的权值$w_{t+1}(i)$。

$$w_{t+1}(i)=\frac{w_t(i)\exp\{-\alpha_t y_i h_t(x_i)\}}{Z_t}=\frac{w_t(i)}{Z_t}\cdot\begin{cases}e^{-\alpha_t} & \text{if } y_i=h_t(x_i)\\ e^{\alpha_t} & \text{if } y_i\neq h_t(x_i)\end{cases}\tag{6}$$

式中：Z_t为归一化系数，使$\sum_{i=1}^{n}w_{t+1}(i)=1$。

步骤4：输出总体分类器的判决函数值$H(x)=\mathrm{sgn}\left[\sum_{t=1}^{T}\alpha_t h_t(x)\right]$。

4　实验

在印刷过程中，黄、品红、青、黑四色套印会出现一些套印偏差。在套印中，把两色套印误差小于0.1 mm的图像视为套准图像，否则视为套不准图像。该实验是针对灰度图像进行印刷套准识别的，因此获取到的黄、品红、青、黑四色套印标志在识别前先进行去色操作，转换成灰度图像。文中获得的去色后的印刷标志图像见图2。套准的印刷标志图像见图2a，若干个套不准的印刷标志图像见图2b—f。该实验共获取50个套准灰度图像和50个套不准灰度图像。

在印刷标志图像进行灰度共生矩阵特征提取之前，先对图像进行预处理操作，滤除图像噪声。首先

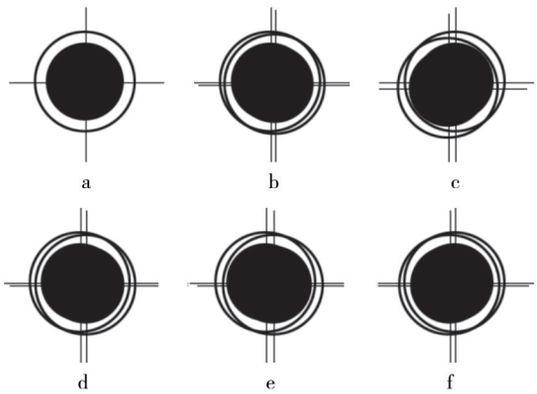

图2　印刷标志图像

Fig.2 Printing marks images

将各颜色分量转化为灰度，为了减少计算量，对原始图像灰度级压缩，将灰度量化成16级，计算4个共生矩阵$\boldsymbol{P}$，取距离$d=1$，角度分别为0°，45°，90°，135°。对共生矩阵计算能量E、熵H、惯性矩I、相关度C等4个纹理参数，求能量、熵、惯性矩、相关度的均值和标准差作为最终8维纹理特征（$T(1),T(2),T(3),T(4),T(5),T(6),T(7),T(8)$），其中$T(1)=\mathrm{mean}(E)$，$T(2)=\mathrm{sqrt}(\mathrm{cov}(E))$，$T(3)=\mathrm{mean}(H)$，$T(4)=\mathrm{sqrt}(\mathrm{cov}(H))$，$T(5)=\mathrm{mean}(I)$，$T(6)=\mathrm{sqrt}(\mathrm{cov}(I))$，$T(7)=\mathrm{mean}(C)$，$T(8)=\mathrm{sqrt}(\mathrm{cov}(C))$。提取的部分印刷标志图像的灰度共生矩阵特征见表1。

分别从套准图像和套不准图像中随机选择30个作为训练集，其余的作为测试集进行测试。该实验在Matlab环境下进行编程，算法在中央处理器为Inter Core i3-2100，频率为3.10 GHz的计算机上进行计算。Adaboost算法中分类类数为2，迭代次数取20次。为了比较不同分类器的分类性能，文中分别选用K近邻（KNN）、贝叶斯（Naivebayes）、支持向量机（SVM）、Fisher和决策树（DT）作为分类器，与Adaboost分类器对提取的灰度共生矩阵特征进行分类，KNN，Naivebayes，SVM，DT，Fisher，Adaboost的分类准确率分别为95%，90%，95%，95%，92.5%，97.5%，对应的分类时间分别为0.036 427，0.682 640，0.032 096，0.751 295，0.423 042，0.022 377 s。采用Adaboost分类器都获得了套准识别准确率为97.5%，比其他方法高。Adaboost在每次迭代中，由于分类错误样本的权值得到了提升，算法聚焦在分类错误的样本上，经过多次迭代，分类错误率显著下降。Adaboost的分类时间为0.022 377 s，分类速度是DT的33.6倍，是Naivebayes的30.5倍，略快于SVM和KNN。

表1 印刷标志图像的纹理特征

Tab.1 Texture features of printing marks images

序号	$T(1)$	$T(2)$	$T(3)$	$T(4)$	$T(5)$	$T(6)$	$T(7)$	$T(8)$	标签
1	0.515 911	0.008 121	1.122 809	0.040 211	5.261 583	1.822 04	0.020 741	0.000 466	1
2	0.509 496	0.008 322	1.143 738	0.040 755	5.380 071	1.846 801	0.020 557	0.000 464	1
3	0.501 895	0.008 244	1.165 377	0.040 875	5.476 648	1.862 092	0.020 316	0.000 457	1
4	0.512 53	0.008 285	1.134 271	0.040 321	5.329 421	1.838 179	0.020 644	0.000 466	1
5	0.504 113	0.008 361	1.160 044	0.041 131	5.452 613	1.859 03	0.020 394	0.000 46	1
6	0.507 699	0.008 085	1.149 263	0.041 613	5.062 858	1.795 278	0.020 574	0.000 449	1
7	0.507 699	0.008 085	1.149 263	0.041 613	5.062 858	1.795 278	0.020 574	0.000 449	1
8	0.504 572	0.008 327	1.159 145	0.041 063	5.460 364	1.861 589	0.020 413	0.000 461	1
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
51	0.565 438	0.005 826	0.880 853	0.026 461	3.819 413	1.236 433	0.023 083	0.000 395	−1
52	0.593 406	0.005 814	0.926 942	0.028 795	3.501 086	1.192 873	0.023 616	0.000 398	−1
53	0.585 438	0.005 826	0.880 853	0.026 461	3.819 413	1.236 433	0.023 083	0.000 395	−1
54	0.574 406	0.005 814	0.926 942	0.028 795	3.501 086	1.192 873	0.023 616	0.000 398	−1
55	0.585 438	0.005 826	0.880 853	0.026 461	3.819 413	1.236 433	0.023 083	0.000 395	−1
56	0.563 506	0.005 814	0.926 942	0.028 795	3.501 086	1.192 873	0.023 616	0.000 398	−1
57	0.566 438	0.005 836	0.880 853	0.026 461	3.819 413	1.236 433	0.023 083	0.000 395	−1
58	0.584 438	0.005 826	0.880 843	0.026 461	3.819 413	1.236 433	0.023 083	0.000 395	−1
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
100	0.583 406	0.005 814	0.926 942	0.028 795	3.501 086	1.192 873	0.023 616	0.000 398	−1

5 结语

文中提出了印刷套准标志的识别方法，提取了套准标志的灰度共生矩阵特征，采用了能量、熵、惯性矩、相关度等的均值和标准差作为8维纹理特征，并采用Adaboost对印刷套准进行识别。文中提出的算法仅能判断印刷标志是否套准，不能计算出套准误差值，并将误差值传递给控制系统进行后续的机构调节。误差值的计算及后续的控制是下一步研究的方向。

参考文献：

[1] 谢志萍. 基于图像模式识别与PLC控制的印刷套准自适应系统[J]. 计算机应用研究，2011，28(9)：3404—3406.
XIE Zhi-ping. Adaptive System of Printing Registration Based on Image Pattern Recognition and PLC Control[J]. Application Research of Computers，2011，28(9)：3404—3406.

[2] 李俊锋，唐正宁，李淼鑫，等. 印刷十字线套准检测算法的研究[J]. 计算机工程与应用，2012，48(28)：174—177.
LI Jun-feng，TANG Zheng-ning，LI Miao-xin，et al. Detection Algorithm of Printing Crosslines Overprinting Accuracy [J]. Computer Engineering and Applications，2012，48(28)：174—177.

[3] LIU Hao-xue，YANG Wen-jie，HUANG Min，et al. Detection and Control Algorithm of Multi-color Printing Registration Based on Computer Vision[C]// Proceedings of the 2nd International Congress on Image and Signal Processing (CISP). Tianjin，2009：1—4.

[4] JIANG Dong-sheng. Research on Detecting on Register of Real Time of Printing[C]// International Congress on Image and Signal Processing (CISP). Shanghai，2011：327—329.

[5] 王跃宗，刘京会，李德胜，等. 套准偏差自动检测方法[J]. 机械工程学报，2009，45(12)：242—246.
WANG Yue-zong，LIU Jing-hui，LI De-sheng，et al. Automatic Detected Method of Register for Color Printing[J]. Journal of Mechanical Engineering，2009，45(12)：242—246.

[6] 王梅，李克天，赵荣丽. 印刷自动套准偏差检测软件的主要技术问题分析[J]. 包装工程，2008，29(12)：122—124.
WANG Mei，LI Ke-tian，ZHAO Rong-li. Analysis of the Main Technical Problems in Automatic Registering Deviation Detection Software[J]. Packaging Engineering，2008，29(12)：122—124.

[7] 于丽杰，李德胜，王跃宗. 离线彩色套印误差检测系统[J]. 北京工业大学学报，2008，34(5)：466—470.
YU Li-jie，LI De-sheng，WANG Yue-zong. A Off-line System on Detection of Overprint Deviation in Color Printing[J].

Journal of Beijing University of Technology, 2008, 34(5): 466—470.

[8] 刘京会,王跃宗. 套准偏差计算分色归类方法研究[J]. 计算机工程与应用,2009,45(19):210—212.
LIU Jing-hui, WANG Yue-zong. Study on Color Division Model about Register Calculation[J]. Computer Engineering and Applications,2009,45(19):210—212.

[9] 张海燕,赵博. 基于图像处理的单张纸胶印机对角线套准及自动控制系统[J]. 包装工程,2005,26(2):50—51.
ZHANG Hai-yan,ZHAO Bo. Diagonal Register and Automatic Control System Based on Image Processing for the Sheet-fed Offset Press[J]. Packaging Engineering,2005,26(2):50—51.

[10] 王梅,赵荣丽,李克天,等. 印刷自动套准标记识别方法的研究[J]. 包装工程,2007,28(8):60—62.
WANG Mei, ZHAO Rong-li, LI Ke-tian, et al. Research on Identification Method of Printing Automatic Registering Mark [J]. Packaging Engineering,2007,28(8):60—62.

[11] 于丽杰,李德胜. 彩色印刷套准识别方法研究[J]. 计算机工程与应用,2011,47(5): 163—165.
YU Li-jie, LI De-sheng. Study on Identifying Register State of Color Printing[J]. Computer Engineering and Applications, 2011,47(5):163—165.

[12] 饶裕平. 基于视频的森林火灾识别方法研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2010.
RAO Yu-ping. Research on the Recognition of Forest Fire Recognition Based on Video[D]. Hangzhou:Zhejiang Agriculture and Forest University,2010.

[13] HARALICK R M,SHANMUGAM K,DINSTEIN I H. Texture Features for Image Classification[J]. IEEE Transactions on Systems,Man and Cyberneticsm,1973,3(6):610—621.

[14] FREUND Y,SCHIPARE R E. A Decision-theoretic Generalization of On-line Learning and an Application to Boosting [C]// Computational Learning Theory:Second European Conference,1995:23—37.

[15] ZHANG Yang-liu, WEI Ming, DENG Ru-feng, et al. A New Pedestrian Detection Method Based on Diverse Adaboost-SVM Optimization Ensemble Classifiers Algorithm[J]. Journal of Computational Information Systems, 2011, 7(14): 5076—5085.

[16] CAO Jing-jing, KWONG S, WANG Ran. A Noise-detection Based Adaboost Algorithm for Mislabeled Data[J]. Pattern Recognition,2012,45(12):4451—4465.

[17] 王晓丹,孙东延,郑春颖,等. 一种基于Adaboost的SVM分类器[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2006,7(6):54—57.
WANG Xiao-dan,SUN Dong-yan,ZHENG Chun-ying,et al. A Combined SVM Classifier Based on Adaboost[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2006,7(6):54—57.

[18] OWUSU E,ZHAN Y Z,MAO Q R. An SVM-adaboost Facial Expression Recognition System[J]. Applied Intelligence, 2014,40(3):536—545.

[19] PAI Ping-feng, LI Lan-lin, HUNG Wei-zhan, et al. Using Adaboost and Rough Set Theory for Predicting Debris Flow Disaster[J]. Water Resources Management, 2014, 28(4): 1143—1155.

(上接第128页)

WANG Ying. A Study of Key Technologies in Multispectral Image Color Reproduction[D]. Xi′an:Xidian University,2010.

[10] 刘浩学,郑岚,代黎. 基于光谱叠加特性的液晶显示器颜色特征化方法研究[J]. 光学学报,2011,31(12):313—317.
LIU Hao-xue,ZHENG Lan,DAI Li. Color Characterization of LCD Based on Spectral Additive Properties[J]. Acta Optica Sinica,2011,31(12):313—317.

[11] KUBOTA S,OKADA S,SAKAI E. Measurement of Light Incident on Mobile Displays in Various Environment [J]. Journal of the Society for Information Display,2006(14):999—1002.

[12] 刘浩学,崔桂华,黄敏,等. 按波长分区的LCD颜色特征化模型[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(10):2751—2757.
LIU Hao-xue,CUI Gui-hua,HUANG Min,et al.Colorimetric Characterization of LCD Based on Wavelength Partition Spectral Model[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2013, 33 (10):2751—2757.

[13] 赵全友,潘保昌,郑胜林.复杂光照下的两步法颜色恒常性增强[J]. 光学精密工程,2009,17(4):859—865.
ZHAO Quan-you,PAN Bao-chang,ZHENG Sheng-lin.Color Constancy Enhancement in Two Steps under Variable Illumination[J].Optics and Precision Engineering, 2009, 17(4): 859—865.

[14] 丁淑芝,姜龙. 基于BP神经网络的颜色补偿模型[J].计算机工程与设计,2010,31(10):2294—2296.
DING Shu-zhi,JIANG Long. Color Constancy Model Based on Neural Network[J]. Computer Engineering and Design, 2010,31(10):2294—2296.

[15] 丁桂芝,王晓红,刘太庆. 基于BP神经网络的颜色测量仪器台间差自适应修正模型[J].包装工程,2013,34(23):102—106.
DING Gui-zhi,WANG Xiao-hong,LIU Tai-qing . Adaptive Correction Model of Difference between Color Measuring Instruments Based on Neural Network[J]. Packaging Engineering,2013,34(23):102—106.