基于 BIMF-GLCM 分析的印刷网点异常状态诊断方法

郑新

(中山火炬职业技术学院,中山 528436)

摘要:目的 为了实现印刷生产过程中网点异常状态的智能诊断,提出一种基于二维经验模式分解 (BEMD)的网点特征提取方法。方法 通过对网点图像的 BEMD 分析,获取了其二维本征模式分量,并 利用灰度共生矩阵(GLCM)对其进行特征提取,构建印刷网点的特征表示向量。结果 依托支持向量机决策方法开展分类实验,所提出的方法能够准确诊断出网点压力不当、水墨不均等异常状态,网点分类实验的正确率达到 90%以上。结论 BIMF-GLCM 分析对于网点特性有着很好的表征能力,相关研究为印刷网点智能诊断特征集的构建提供了有效方法。

关键词:印刷网点;纹理分析;二维经验模式分解;灰度共生矩阵

中图分类号: TS801.9; TP391 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)17-0217-05

Fault Diagnosis Method for Printing Dots Based on BIMF-GLCM Analysis

ZHENG Xin (Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan 528436, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a dot feature extraction method based on the bi-dimensional empirical mode decomposition (BEMD), in order to achieve the intelligent diagnosis of the abnormal dot state in the printing process. Through the BEMD analysis on the dot image, its 2D intrinsic mode component was obtained and its feature extraction was done with the gray-level co-occurrence matrix (GLCM), so as to construct the feature representation of the printing dot. A classification experiment was carried out through the decision-making method of SVM. The proposed method could accurately diagnose such abnormal states as improper dot pressure and uneven ink. The accuracy rate of the dot classification experiment reached over 90%. BIMF-GLCM analysis has a good representational capacity for dot features and the related research provides an effective method for the construction of intelligent diagnosis feature set in the printing dots.

KEY WORDS: printing dots; texture analysis; BEMD; GLCM

随着工业朝着信息化与智能化发展,印刷行业装备水平也迫切需要提升其智能水平,以实现生产效率和产品质量的提升,而与产品质量相关的自动检测技术向来是实现其自动化水平提升与智能制造的关键[1-4]。

由于涉及了较多因素,在印刷生产中的产品质量控制一直以来都是企业需要解决的重要问题,在产品检测中往往需要大量人力物力,且效率与可靠性偏低,为了有效提高印刷产品质量,相关学者针对印刷质量的智能检测开展了深入研究:海德堡、曼罗兰等知名印刷设备企业都开发了检测印品质量的图像检测系统,但这些检测往往要与专用检测标识条、检测仪器、计算系统等联合使用,成本极高且依赖人工经

验,智能化程度有待进一步提升。徐卓飞等^[5]提出了一种基于 Gabor 滤波的印刷星标纹理特征提取通过图像纹理识别星标,实现了印刷机工作中对星标的自动识别,研究结果在减少调试维修设备工时和成本、提高印刷调节效率、快速实现水墨平衡等方面具有实际应用价值,但未对网点做出分析评价。柴江松等^[6]通过高斯拟合阈值分割算法,可寻找网点类图像最佳分割阈值,对图像进行二值化处理,得到准确的网点参数,可为印刷品复制质量的评价提供重要依据。郑遂等^[7]结合数字图像处理技术对网点二值化的关键阈值进行了分析与评价,为网点状态识别提供了参数选择方法。侯和平等^[8]提出了一种基于顶帽变换的网

点自动计算方法,通过实验证明其具有较高的识别正确率,提高了网点智能识别水平,但不具备分析网点异常状态的能力。由于网点质量水平是决定印刷质量的根本,所以如何在现有研究基础上实现网点异常状态的智能诊断,是进一步推动印刷装备自动化程度发展的重要方向之一^[9-10]。

网点的作为一种图像信息,如何构建有效地特征值对其进行描述是实现其智能检测的关键^[8-11],因此,文中以实现印刷网点质量的智能检测与诊断为目的,提出了基于 BIMF 熵分析的网点状态表征与诊断方法。

1 技术路线

文中所提出技术路线见图 1。首先,采集印张上的各类网点,包括正常、水量过大、墨量过大、压力过大、压力不足等不同状态,考虑到 50%的网点最为敏感,具有较强的异常状态表征能力,因此研究以 50%的平网为主要对象。其次,进行 BEMD 分析并获得相应 BIMF 分量,去除低频分量,保留高频分量并进行 GLCM 特征提取,用以表征网点特性。最后,利用支持向量机进行决策网络构建,训练分类模型,将待检测样本输入网络,最终实现网点异常状态的智能诊断。

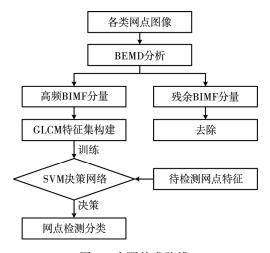


图 1 主要技术路线 Fig.1 The main technical route

2 BEMD 算法及特征集构建

经验模式分解(EMD)作为一种具有自适应能力的非线性信号时域解析方法,在故障诊断、信号处理、模式识别领域得到了广泛的应用。EMD 可按照信号的局部时变特征自适应地进行时频分解,能够将采集到的信号分解成多个本征模式分量函数(IMF),每个分量具有单一性并反映信号中含有的一种频率信号。信号的高频部分主要集中在前几个 IMF 分量中,末

尾残余的 IMF 分量则是以低频噪声干扰为主,往往可以去除,从而实现有效信息的分离[12-13]。

二维经验模式分解是在一维经验模式分解方法在空间域上的拓展,其分析对象也从一维时间信号变为了二维空间信号,因而广泛应用于图像分析。依靠其优越的解析特性及自适应分解能力,广泛应用与医学、地学、纺织等领域^[14]。与一维分析类似,BEMD可将一副图像转化为一系列二维内蕴模函数(BIMF)和残差项。其中,BIMF分量应当具有如下特征:BIMF的极值点数目等于过零点的数目,或者最多相差为1;BIMF的局部极大值所构成的上包络面与局部极小值所构成的下包络面的均值曲面为0。BEMD的主要计算过程为:

- 1) 记原图像为 f(x,y), 记第 i 个 BIMF 分量为 $B_i(x,y)$, 其记每次分解后的残差项为 $R_i(x,y)$, 当 i=0 时,f(x,y)= $R_0(x,y)$ 。
- 2)计算 $R_i(x,y)$ 的极大值包络 $h_{up}(x,y)$ 和极小值包络 $h_{low}(x,y)$,并计算 $R_i(x,y)$ 的均值曲面 M(x,y),见式(1)。

$$M(x, y) = [h_{uv}(x, y) + h_{low}(x, y)]/2$$
 (1)

3)依据均值曲面和残差项计算差值函数 $D_i(x,y)$, 见式(2)。

$$D_i(x, y) = R_i(x, y) - M(x, y)$$
 (2)

4) 判断差值函数是否满足 BIMF 基本特征,若满足则定义 $B_i = D_i(x,y)$,且定义式(3)继续计算下一个 BIMF:

$$R_{i+1}(x, y) = R_i(x, y) - B_i(x, y)$$
(3)

若不满足 BIMF 的基本特性,则令 $R_i(x,y)=D_i(x,y)$,重复计算上述 2)—4)步骤,直到差值 函数符合 BIMF 基本特征为止。完成系列分解后,原图像数据可表示为n个 BIMF 分量与残差项之和,见式(4)。

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^{n} B_i(x,y) + R_{n+1}(x,y)$$
 (4)

图像的高频分量集中在高阶 BIMF 中,对应图像的边缘、噪声等成分,是异常与缺陷相关工业检测中特征提取的主要目标;低阶 BIMF 则表示图像的基本结构与变化趋势等信息。

若要实现印刷网点缺陷信息的有效识别,还需要从高阶 BIMF 中提取出图像特征。网点图像具有极强的规律性,可视为一类特殊纹理图像,考虑到 GLCM 对纹理有着很好的表征能力,故计算了 BIMF 分量的 GLCM 特征构建特征集。Ulaby 等认为,在众多的 GLCM 特征中,熵、相关性、角二阶矩、对比度这 4个特征不相关,且分类精度较高[15-16]。故文中也选取上述 4个特征进行分析,其计算见式(5—8)。其中 L 为灰度级;*i*,*j*为 2个方向上像素灰度,*P*表示 GLCM

矩阵。熵值 H 表示图像纹理的复杂程度,熵值越大,说明其随机性越强。

$$H = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P(i,j) \lg P(i,j)$$
 (5)

相关性 R 是用来衡量共生矩阵中元素在行或列的方向上的相似度:

$$R = (\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij P(i,j) - u_1 u_2) / (\sigma_1 \sigma_2)$$
 (6)

式中:
$$\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} P(i,j)$$
; $\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} j \sum_{j=0}^{L-1} P(i,j)$;

$$\sigma_1 = \sum_{i=0}^{L-1} (i-u_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P(i,j) \; ; \quad \sigma_1 = (j-u_2)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P(i,j) \; _{\circ}$$

角二阶矩 A 是图像灰度分布均匀程度,是灰度共生矩阵元素值的平方和:

$$A = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (P(i,j))^2$$
 (7)

对比度 C 表示图像清晰度和纹理深浅的程度,纹理浅则表示对比度,反之亦然:

$$C = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-j)^2 P(i,j)$$
 (8)

实际中收纸环节印张的纹理呈现很明显的方向性,故需要较全面的考虑方向,研究选取了0°,4°,90°

和 135°这 4 个方向的灰度共生矩阵,因此,研究从每幅图像中提取 4 组特征值代表 4 个方向,每组 4 个特征值,共计 16 个特征值。由于 BIMF 本身已经对缺陷图像的频率高低进行了划分,故所提出方法同样具备多尺度下缺陷信息分布的表征能力。

3 实验研究

3.1 实验条件描述

实验在四开单色胶印机完成,采用 ECO655 工业 面阵相机与 Computar TEC-M55 远心镜头构建采集系统进行图像采集。BEMD 分析及相关特征的提取计算均在小型工作站完成,核心 CPU 为 Inter Xeon E3-1230V2,图像显示 GPU 为 GTX660。图像前处理程序、特征提取、决策网络训练等程序均在 Matlab 环境下编写并计算。

实验印刷过程以覆盖率为 50%的平网画面为主要检测对象,以黑墨印刷完成相关异常状态印张,其局部放大见图 2,包括了压力过大、压力不足、墨量过大、水量过大、正常等 5 种网点状态。因为网点纹理构成较为相似,所以实现其自动检测识别具有一定难度。

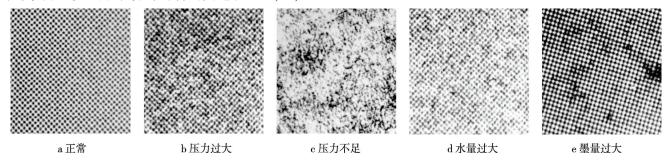


图 2 印刷机不同状态下的原始平网图像

Fig. 2 The original flat-screen image of printing press under different conditions

3.2 BEMD 分析及灰度特征计算

BEMD 分解结果见图 3,分别选取了图 2 中的 5 幅图像作为原图进行分解,获取了相应的 BIMF 分量组。从图 3 可以看出,BIMF 分量随着分解层数的递增,对于原图信息的保留逐步减少,BIMF1-2 明显包含原图信息,BIMF3 已经无法看出原图的纹理,仅保留了趋势性信息。经过分解后,原图的能量按照一定规律实现了分层表现,可以利用每一层 BIMF 图像分别计算一个特征,从而构成特征集,以发挥 BEMD实现不同频率成分分离的特性。

在计算 GLCM 矩阵时,需要先进行灰度级别压缩,压缩程度不宜过大,以免造成过多信息损失,故选取 32 级灰度级压缩。由于 BIMF1-2 很好体现了原始纹理状态,因此研究对这 2 幅图像进行特征提取,得到一个 32 维特征集,依次是 BIMF1 的 0°,45°,90°

和 135°方向,BIMF2 的 0°,45°,90°和 135°方向,一共 8 组,每组包含熵、相关性、角二阶矩、对比度等4 个值。在进行识别之前,应当剔除不敏感特征组,实现计算效率提升,同时减少不必要成分。

根据图 3 结果,认为 BIMF1 垂直方向和对角方向的梯度变化较大且高频信息较多,故保留 45°,90°方向。BIMF2 在 90°方向呈现出较强的规律性,故予以保留。这样以来 32 维特征降低为 12 维特征集。

3.3 网点异常状态识别结果

研究选取图 2 中 5 类网点图像共计 150 幅,每类 30 幅,分为训练集 15 幅和验证集 15 幅。按照上述 方法分别计算 BIMF1 的 16 维特征集、BIMF1-2 的 32 维特征集、剔除冗余后的 20 维特征集。采取支持 向量机 SVM 作为决策网络进行训练与识别,选取径 向基分类网络,分类结果见表 2。

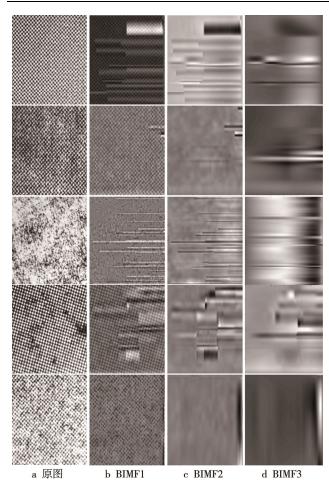


图 3 各类网点图像的 BIMF1—3 阶分量 Fig.3 BIMF1—3-order components of all kinds of dot images

表 1 分类结果 Tab.1 Classification results

特征集选取	维数	训练集识别率/%	验证集识别率/%
BIMF1-2特征	32	86.67	90.67
BIMF1-3特征	48	85.33	78.67
筛选后特征	12	92.00	93.33

无论采取 BIMF1-2-GLCM 原始特征,还是筛选后的特征集,其识别率都已经达到了 90%以上,可以进行实际应用,而经过筛选的特征集维度大大低于原始特征集,因而具有更高的计算效率。由于 BIMF3中包含了不利于分类的低频信息成分,故 BIMF1-3-GLCM 特征集的识别率反而会下降。

4 结语

针对印刷网点提出了一种基于二维经验模式分析的异常状态诊断方法,对其纹理特征进行了有效表征,通过实验证明了相关理论的正确性。通过对各类印刷网点图像进行 BEMD 分析获取了相应的 BIMF分量,结合 GLCM 对其进行有效表征,依托 SVM 决策网络实现了压力过大、压力不足、墨量过大、水量

过大、正常等常见网点状态的自动识别,并获得了较高的正确率;研究说明 BEMD-GLCM 特征集在网点分析中具有很好识别效果,分析发现 BIMF 中的低阶成分不利于网点性质的表征,应当予以剔除,主要敏感信息依然集中于高频分量中。相关研究可为印刷网点的自动识别与异常状态监测提供理论依据。

参考文献:

- [1] VERIKAS A, LUNDSTRÖM J, BACAUSKIENE M, et al. Advances in Computational Intelligence-Based Print Quality Assessment and Control in Offset Color Printing[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(10): 13441—13447.
- [2] MAIND S D, CHATTOPADHYAY N, GANDHI C, et al. Quantitative Evaluation of Europium in Blue Ballpoint Pen Inks/offset Printing Inks Tagged with Europium the Noyltrifluoroacetonate by Spectrofluorometry and ICP-AES[J]. Science and Justice, 2008, 48(2): 61—66.
- [3] 王琪, 周小凡. 基于网点结构形态的印刷色彩再现研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 109—113. WANG Qi, ZHOU Xiao-fan. Research of Printing Color Reproduction Based on Dot Structure Form[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 109—113.
- [4] 初红艳, 李鹏, 蔡力钢. 基于控制图和神经网络的印刷过程质量智能监控技术[J]. 北京工业大学学报, 2012, 38(3): 340—344.

 CHU Hong-yan, LI Peng, CAI Li-gang. Intelligent Monitoring Technology of Printing Process Quality Based on Control Chart and Neural Network[J]. Journal of Beijing Polytechnic University, 2012, 38(3): 340—344.
- [5] 徐卓飞, 张海燕, 徐倩倩, 等. 印刷星标的 Gabor 纹理特征分析与自动识别研究[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(17): 230—235.

 XU Zhuo-fei, ZHANG Hai-yan, XU Qian-qian,et al. Study on Automatic Identification and Texture Analysis with Gabor Filtering for Printing Label[J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(17): 230—235.
- [6] 柴江松,王琪,刘洪豪. 印刷网点微观图像阈值分割算法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(13): 115—120. CHAI Song-jiang, WANG Qi, LIU Hong-hao. Threshold Segmentation Algorithm for Printing Dot Microscopic Image[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(13): 115—120.
- [7] 郑遂, 瑚琦, 高鹏飞, 等. 基于直方图凹度分析的印刷网点图二值化算法研究[J]. 光学仪器, 2013, 35(2): 32—36.

 ZHENG Sui, HU Qi, GAO Peng-fei, et al. Research on Print Dot Image Binarization Based on Histogram Concavity Analysis[J]. Optical Instruments, 2013, 35

(2): 32—36.

- [8] 侯和平,徐卓飞,王丹,等.基于顶帽变换的印刷网点覆盖率计算方法[J]. 计算机工程与应用,2015,51(7):248—251.
 - HOU He-ping, XU Zhuo-fei, WANG Dan, et al. Calculation for Coverage Rate of Print Dot Based on Top-hat Transformation[J]. Computer Engineering and Applications, 2015, 51(7): 248—251.
- [9] 许文才. 现代印刷机原理与结构[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

 XU Wen-cai. Principle and Structure of Modern

Presses[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.

- [10] KULILOV G B. Diagnosing Cause of Increased Vibration of Printing Units of Tower Rotary Printing Presses[J]. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2008, 37(4): 391—396.
- [11] 周春霞, 魏敏, 唐正宁. 基于数学形态学的印刷网点 图像分割算法[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 14—17. ZHOU Chun-xia, WEI Min, TANG Zheng-ning. Printing Dot Image Segmentation Method Based on the Mathematical Morphologic[J]. Packaging Engineering,

- 2007, 28(6): 14-17.
- [12] HUANG N E. The Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectrum for Nonlinear and Nonstationary Time Series Analysis[C]// Proceedings of the Royal Society of London A, 454, 1998: 903—995.
- [13] HUANG N E. Computer Implemented Empirical Mode Decomposition Method, Apparatus and Article of Manufacture: US, 5983162[P]. 1999.
- [14] NUNES J C, BOUAOUNE Y, DELECHELLE E, et al. Image Analysis by Bidimensional Empirical Mode Decomposition[J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(12): 1019—1026.
- [15] ULABY F T, KOUYATE F, BRISCO B, et al. Williams. Textural Information in SAR Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1986, 24(2): 235—245.
- [16] VADIVELA A, SURALB S, MAJUMDARA A K. An Integrated Color and Intensity Co-occurrence Matrix[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28(8): 974— 983.

《绿色印刷》特色栏目征稿函

绿色是世界各国普遍认同的,不仅体现可持续发展理念、以人为本、先进科技水平,也是实现节能减排与低碳经济的重要手段。绿色印刷的产业链主要包括绿色印刷材料、印刷图文设计、绿色制版工艺、绿色印刷工艺、绿色印后加工工艺、环保型印刷设备、印刷品废弃物回收与再生等。通过绿色印刷的实施,可使包括材料、加工、应用和消费在内的整个供应链系统步入良性循环状态。大力发展绿色印刷、绿色包装,是发展循环经济的本质要求,是建立资源节约型社会、促进人与自然和谐发展的有力举措。

鉴于此,本刊拟围绕"绿色印刷"这一主线,作系列的专项报道。编辑部特邀请绿色印刷领域的专家为本栏目撰写稿件,以期进一步提升本刊的学术质量和影响力。稿件以研究论文为主,也可为综述性研究,请通过网站投稿,编辑部将快速处理并优先发表。

编辑部电话: 023-68792294 网址: www.packjour.com

《包装工程》编辑部