

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2013.02.008

基于数学形态学的印品质量在线检测研究

卞 喻, 钟泽辉, 付翠霞, 李 婷

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 数学形态学以图像形态特征为研究对象, 其图像处理算法主要有膨胀运算、腐蚀运算、开运算及闭运算, 其应用于图像预处理的方式主要有图像增强、图像分割及噪声滤除等。国内外对数学形态学在印品质量在线检测中的应用进行了广泛而深入的研究, 并研制出各种新型自动化印品质量检测设备。印品质量在线检测未来的研究方向主要为: 在线检测运动图像采集标准的确立, 灰度图像算法在彩色图像处理中的应用, 颜色缺陷的分类, 图像预处理计算量的减少及实时性的提高等。

关键词: 数学形态学; 印品质量; 在线检测

中图分类号: TS805

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2013)02-0035-05

Research of On-Line Printing Quality Detection Based on Mathematical Morphology

Bian Yu, Zhong Zehui, Fu Cuixia, Li Ting

(School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : Mathematical morphology takes image morphological characteristics as the research object, its image processing algorithms are dilation operation, erosion operation, opening operation and closing operation. It is applied in image preprocessing such as image enhancement, image segmentation and noise filtering, etc. A wide-ranging and in-depth research is made on domestic and international applications of mathematical morphology in online printing quality detection and a variety of new automated printing quality testing equipments are developed. The direction of future research on the printing quality online detection is mainly about establishment of the standard of printing quality of motion image capture detection, application of gray image algorithm in color image processing, classification of color defects, the reduction of calculated amount and improvement in instantaneity in the image preprocessing, etc.

Key words: mathematical morphology; printing quality; on-line testing

0 引言

现代化工业生产对印品质量的要求越来越高, 这同时也给印品质量的检测提出了更高的要求。传统的印品质量检测方法有主观目测法、密度检测法和色度检测法等, 这些检测方法具有成本较高、精度较低、速度较慢等局限性, 因此, 研究者们提出

基于机器视觉的印刷质量在线检测方法, 其核心是数字图像处理。这种印品质量在线检测方法是目前印刷质量控制的研究热点。

由于运用数学形态学进行图像处理方法简单, 运行快速, 并且可以硬件实现, 因此, 近年来国内出现了较多基于数学形态学原理设计的系统, 并成功应用于印品质量在线检测系统中, 效果显著^[1-4]。

收稿日期: 2012-10-26

作者简介: 卞 喻 (1986-), 女, 湖南株洲人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为印刷材料和印刷质量检测,

E-mail: 423475234@qq.com

基于数学形态学的印品质量在线检测基本原理为：先将数学形态学算法纳入基本检测软件中，再将被检测印品对象采集到计算机里，用图像处理软件对印刷图像和预先存入计算机内的模版图像进行分析比较，输出一定的报警信号以进行在线检测。

1 数学形态学的图像处理算法

数学形态学以图像形态特征为研究对象，设计一整套概念、变换和算法，用来描述图像的基本结构和特征，也即描述图像中元素与元素、部分与部分间的关系。其最基本的思想是将图像看成点的集合，用结构元素对其进行移位、交、并等集合运算，构成形态学的各种处理算法。

1.1 膨胀运算

膨胀运算是用结构元素对原图的所有像素做平移，再将平移得到的结构做并运算，其在数学形态学中的应用能将原图周围的背景点合并到图中。如果两个图像之间的距离较近，膨胀运算可能将这两个图像合二为一。膨胀运算不仅可保留原图的基本形状，还能填平原图边界上不平滑的凹陷部分^[5]。

1.2 腐蚀运算

将结构元素平移一段距离，这段距离中所有的点仍然包含在原图中，这些点的集合组成结构元素对原图像腐蚀运算的结果。

腐蚀运算可以减弱甚至消除小于结构元素的明亮区域，如边界上不平滑的毛刺、小凸起以及孤立的噪声点。当图像上两物体之间有细小的连通，可以通过腐蚀运算将其分开。

1.3 开运算

开运算是基于腐蚀运算和膨胀运算的二次运算：原图像被结构元素腐蚀后再被这个结构元素膨胀。开运算可以去掉图像中的一些毛刺、凸出部分和孤立子域，使图像边缘更加平滑，还可以消除形状小于结构元素的亮点，而将背景保留下来，得到背景的估计^[6]。

1.4 闭运算

闭运算是开运算的对偶运算^[7]，其先将图像膨胀，再运用腐蚀运算进行恢复。闭运算也可使图像轮廓更加光滑，但与开运算相反，其沿图像外边缘填充，填平缝隙和孔洞，去除凹向图像内部的尖角，将断线连接，而图像的基本位置和形状不变。

2 图像预处理方式

基于图像处理的印品质量在线检测过程为：首

先，采集目标图像，对其进行增强、去噪、几何校正以及网点分割等图像预处理；然后，将经过预处理的图像与标准样品进行匹配（图像灰度信息匹配和图像特征点匹配），对匹配后的图像运用模版匹配法、分层检测法或差分法等进行缺陷监测；最后，对图像进行套印检测。

数学形态学应用于图像预处理的方式主要有图像增强、图像分割及噪声滤除等。

1) 图像增强

数学形态学的基本运算开运算，由于具有平滑滤波的作用，应用于图像增强，可消除图像中的一些峰值毛刺^[8]，原始图像与经过开运算后的图像相减，即可将原图像中的峰值提取出来，获得增强作用，以增强图像中的文字和线段部分。

2) 图像分割

基于数学形态学的图像分割是采用具有一定形态的结构元素，以其量度和提取图像中的对应形状，以达到对图像分析和识别的目的。图像分割方法主要分为基于阈值、区域、边缘的分割方法以及基于特定理论的分割方法。近年来，研究者们不断改进图像分割方法，并与其他学科的新理论和新方法相结合，提出了不少新的分割方法。

3) 噪声滤除

将开运算和闭运算结合起来，可构成数学形态学噪声滤除器。对网点图像进行先闭后开的形态学操作，能够去掉二值化后图像中存在的白色小孤立点；再将图像反转，进行第二次先闭后开的形态学操作，则可去掉原图像中的黑色小孤立点；最后，再一次将图像反转，得到最终网点分割后的图像。

3 印品质量在线检测设备的研发

1977年，德国罗兰公司成功研制出第一代Roland CCI油墨调节装置，此后，印刷机的自动化控制系统得到了迅猛发展。海德堡公司生产出一种监控印品质量的可扩展式系统，用于单张纸印刷机的预调给墨、遥控给墨和遥控套准^[9]；德国Vision Experts公司开发出能检测各种纸张、多种材料表面印刷错误的在线检测系统；德国Eltromat公司生产的用于检测钞票印刷质量的GED-NOTA-SAVE系列，能高水准监控高精度印品的生产过程^[10]；以色列AVT公司生产的Print Vision系列产品，能够探测到印刷过程中漏印、颜色差异、斑点以及龟纹等错误。此外，美国的PROIMAGE公司、加拿大的DALSA集团公司和瑞士的BOBST公司等^[11]，都研制出新型自动化印品质量

检测设备。

目前,国内一些企业也在积极研究印品质量在线检测系统,并取得了一定的成果。北京路源宽带通信技术有限公司、上海印钞厂推出了人民币大张印刷质量在线检测装置;洛阳圣瑞机电技术有限公司开发了EE8000,EE8010,EE8100,EE8200等一系列印刷质量视频监控系统;武汉三维光之洋电气有限公司开发了SW-YP0001系统全自动彩色线阵扫描视觉检测系统;北京大恒图像视觉有限公司生产出的DH-CHECKC印刷质量在线实时检测系统,最高检测速度达6 m/s^[12]。

4 数学形态学在印品质量在线检测中的应用

目前,国际上较先进的印品质量检测方法一般使用印刷图像显微检测仪,即采用带有显微光路的图像采集系统,直接检测包括印版、印张在内的网点显微图像,并借助数字图像处理技术,求出网点的各项质量参数,显示网点图像。在这些印刷图像显微检测仪中,有几种产品已经在全球范围内被各种科研机构和印刷企业广泛选用,如德国德强公司的DMS910数字显微测量仪、爱色丽公司的iCPlate II印版检测仪和CCDdot网点测量仪、瑞士FAG公司的VIFLEX334柔性版印版检测仪等。这些产品的核心技术都是选用某种先进的图像分割方法,对网点显微灰度图像进行二值化分割计算,即将网点显微图像中的网点从背景中分离出来,但这种图像分割方法需要配备专门的硬件设备,通过示教才能完成图像质量检测。

L. Koskinen 等人^[8]介绍了一种新型形态学操作软形态,在保持最标准形态操作特征的前提下,提供了更优的性能,能对加性噪声和形状特性小的噪声进行过滤。D. Sinha 等人^[13]提供了一个基于模糊集理论的方案。图像被建模为模糊的欧几里得平面或笛卡尔网格的子集,探讨深度、模糊的形态上的模糊嵌合表征,并将二值形态学的模糊形态嵌入图像处理过程中,能更好地识别印刷图像。

陈路^[14]研究了基于画面的印刷图像质量检测算法,对印刷图像文字部分的各种缺陷进行检测,根据低分辨率下的纹理特征变化及高分辨率下的各色网点面积率大小变化,对网点图像部分进行颜色检测,并使用神经网络模式的识别方法,对二色叠印网点图像实现精确的分割。彩色印品的形状缺陷较易检测识别,但对于检测出的纹理较复杂的颜色缺

陷,如何进行分类与处理,还需进一步研究。

蒋磊^[15]研发出针对印版网点图像进行分析处理的核心算法。根据网点图像具有模糊边缘的特性,采用模糊聚类方法对网点图像进行聚类分割,并通过试验证明了采用模糊聚类分割算法对印版网点图像进行分析处理的可行性。

邓忠华等人^[16]提出在凹版套色印刷实时图像处理系统中,经过图像增强、平滑滤波和二值化等预处理后,再应用基于数学形态学的图像分割方法,能够高速准确地分割出标记图像。彩色印品进行实时检测需要处理的数据量较大,为了实现印品的在线检测,要求预处理算法具有较高的精度,且在线检测算法尽量简单快速。

龙永红等人^[17]提出了一种新的图像套印偏差检测方法。根据蜂窝分裂法能实现图像量化的原理,确定色标分割的颜色中心、阈值距离以及色标质心间横向和纵向距离,计算出印刷套印偏差参数;然后,以色标与标准图像颜色的色差为基准,建立色度与密度的转换关系,并将色度值转换为对应的密度值;最后,利用网点参数与供墨系统的数学模型,计算出被检测到的实际墨量。套印偏差检测方法进度较高,误差小于0.05 mm,提高了套印的准确性。图像套印检测需要极高的精度和速度,因此,如何确定运动图像在线检测的图像采集标准为下一步工作的重点。

周春霞等人^[18]提出一种首先对网点图像进行灰度化、图像增强、二值化处理等图像预处理,再利用噪声滤除器对网点图像做进一步去噪处理的检测方法,使用此方法,最终分割获得的网点图像效果良好,为网点面积率识别和印刷图像质量评价提供参考。同时,该文献还提出:使用C语言对噪声滤除器进行编程,可以加快图像处理速度。作为低频信号的网点图像,通过噪声滤波器能较好地去除噪声,但作为高频细节部分的图像边缘,去噪效果不够理想。

杨宇等人^[19]针对多色印刷机套准检测中的十字线套色标识,提出了一种分级Hough变换的算法,通过细化的方法,将待检测量转化为细化后骨架间的距离,采取点对多线的映射方式,防止分辨率提高而导致峰值扩散。但为了彩色图像在线检测处理需具备的速度和精度,最好在分析待测印品实际情况和检测要求后,再选择检测算法,并借助硬件设施不断优化算法。

彭向前等人^[20]提出了一种利用灰度形态学提取

轮廓,对图像进行快速配准的方法。配准后的图像,利用图像差分算法,进行图像比较和形态学滤波,能将印刷缺陷快速准确地提取出来,且能满足最高300 m/min彩色印品质量检测的需要。在图像处理前,图像需进行极快速地配准,因此在合适的硬件基础上,保证检测图像采集的质量很重要,可以减少图像处理算法的计算量,提高处理速度。

徐咏驰^[21]研发了一种改进的脉冲耦合神经网络(pulse coupled neural network, PCNN)。根据印版图像反差小、网点边缘模糊的特点,以及暗、亮调层次的网点显微图像难于分割的情况,选用模糊C均值聚类算法、最大类间分差法和脉冲耦合神经网络,进行印版图像分割试验。试验结果表明,改进的PCNN算法效果较好,对不同大小的调频网点印版图像的适应性较好。

曾新新等人^[22]提出一种基于HSI(hue, saturation, intensity)颜色模型直方图以及颜色聚类的套色标记彩色分割方法。该方法将拍摄的RGB彩色图像转换到HSI颜色空间,并以H分量为主要依据,结合S与I分量进行粗分割,获取颜色初始聚类中心;然后,对图像的像素点进行颜色聚类;最后,采用区域合并,修复误分割的区域。试验结果表明:这种套色标记彩色分割方法能在较大范围内准确分割印品套色标记。作为一种矢量信息,彩色印刷图像质量检测的处理算法远比灰度图像的算法复杂,因此,如何将灰度图像处理中已实现的算法应用于彩色图像处理中,将是今后的研究重点。

5 研究展望

随着信息技术的发展,基于数学形态学的印品质量在线检测成为一个重要的研究领域,这种实时检测系统能即时完成印品检测,降低企业的生产成本,是印刷产业良好、有序发展的重要保证。目前,国内在印品质量实时检测系统方面进行了广泛而深入的研究,并已逐渐缩小了我国印品质量在线检测与世界先进水平的差距,但还需研究者不断努力,开发出更好、更适合实际生产应用的印品质量快速在线检测系统,提高生产效率,节约资源,最终实现完全自动化的闭环检测控制系统。

印品质量在线检测今后的研究方向主要为:

- 1) 在线检测运动图像采集标准的确立;
- 2) 灰度图像算法在彩色图像处理中的应用;
- 3) 颜色缺陷的分类;
- 4) 减少图像处理的计算量,与此同时,提高图

像预处理的实时性,在保证图像配准精度的前提下,提高配准速度。

参考文献:

- [1] 崔屹. 图像处理与分析: 数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 22-35.
Cui Qi. Image Processing and Analysis: The Application of Mathematical Morphology[M]. Beijing: Science Press, 2002: 22-35.
- [2] 赵慧. 基于数学形态学的图像边缘检测方法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
Zhao Hui. Research on Image Edge Detection Based on Mathematical Morphology[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010.
- [3] 张起丽. 基于数学形态学的彩色图像处理研究[D]. 西安: 西北大学, 2009.
Zhang Qili. The Study of Color Image Processing Based on Mathematical Morphology[D]. Xi'an: Northwest University, 2009.
- [4] 肖满生, 钟钦, 张建亚, 等. 基于数学形态学FCM聚类原型图像降噪方法[J]. 湖南工业大学学报, 2012, 26(4): 105-108.
Xiao Mansheng, Zhong Qin, Zhang Jianya, et al. The Image Noise Reduction Method Based on FCM Clustering Prototype with Mathematical Morphology[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2012, 26(4): 105-108.
- [5] Soille P. 形态学图像分析: 原理与应用[M]. 2版. 王小鹏, 译. 北京: 清华大学出版社, 2008: 50-52.
Soille P. Image Analysis on Morphology: Principles and Applications[M]. 2nd ed. Wang Xiaopeng, Translated. Beijing: Tsinghua University Press, 2008: 50-52.
- [6] 史健芳, 张富军, 郝宝峰. 基于小波变换和数学形态学的图像分割算法[J]. 太原理工大学学报, 2009, 9(5): 490-493.
Shi Jianfang, Zhang Fujun, Hao Baofeng. A Method of Image Segment Based on Wavelet Transform and Mathematical Morphology[J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2009, 9(5): 490-493.
- [7] 岳洪伟, 李扬, 蔡肯, 等. 数学形态学在图像处理中的应用与展望[J]. 影像技术, 2006(2): 19-21.
Yue Hongwei, Li Yang, Cai Ken, et al. Applications and Prospects of Mathematical Morphology in Image Processing[J]. Imaging Technology, 2006(2): 19-21.
- [8] Koskinen L, Astola J T, Neuvo Y A. Soft Morphological Filters[C]//Image Algebra and Morphological Image Processing II. [S.l.]: The International Society for Optical Engineering, 1991: 262-270.
- [9] 王尚伟. 彩色印刷图像质量检测技术综述[J]. 印刷世界, 2007(3): 13-15.

- Wang Shangwei. Overview of the Color Printing Image Quality Testing[J]. Printing World, 2007(3): 13-15.
- [10] 张 芬,解 凯. 印品质量检测综述[J]. 北京印刷学院学报, 2010, 8(4): 45-47.
- Zhang Fen, Xie Kai. Review on Printing Quality Detection [J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2010, 8(4): 45-47.
- [11] 何明辉. 印刷品在线检测系统综述[J]. 印刷质量与标准化, 2008(7): 19-22.
- He Minghui. Overview of the Printing Online Testing System [J]. Printing Quality and Standardization, 2008(7): 19-22.
- [12] 李 果. 自动印刷质量检测技术及系统综述[J]. 印刷质量与标准化, 2011(1): 51-53.
- Li Guo. Overview of the Automatic Printing Quality Testing Technology and System[J]. Printing Quality and Standardization, 2011(1): 51-53.
- [13] Sinha D, Dougherty E R. Fuzzy Mathematical Morphology [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1992, 3(3): 286-302.
- [14] 陈 路. 基于画面的印刷质量检测控制系统研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2002.
- Chen Lu. Research of Printing Quality Checking and Controlling System Based on the Image[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2002.
- [15] 蒋 磊. 基于图像分割处理的印版检测技术的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2004.
- Jiang Lei. Study on the Printing Detect Technology Based on the Image Segmentation[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2004.
- [16] 邓忠华, 周远英, 祝 翔. 基于数学形态学的凹版印刷系统实时图像处理研究[J]. 包装工程, 2004, 25(2): 31-33.
- Deng Zhonghua, Zhou Yuanying, Zhu Xiang. Real-Time Processing of Intaglio Printing Based on Mathematical Morphology System Based on Mathematical Morphology [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 31-33.
- [17] 龙永红, 吴 敏. 一种基于图像的套印参数测量方法[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2006, 33(2): 59-62.
- Long Yonghong, Wu Min. A New Technique Based on Image Processing for Printing Registration Deviation Detection[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2006, 33(2): 59-62.
- [18] 周春霞, 魏 敏, 唐正宁. 基于数学形态学的印刷网点图像分割方法[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 14-15.
- Zhou Chunxia, Wei Min, Tang Zhengning. Printing Dot Image Segmentation Method Based on the Mathematical Morphology[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 14-15.
- [19] 杨 宇, 李德圣, 杨凤飞. Hough变换在印刷机套准检测中的应用[J]. 微计算机信息, 2007, 23(15): 272-274.
- Yang Yu, Li Desheng, Yang Fengfei. Hough Transform Used in Imprinter Register Mark[J]. Microcomputer Information, 2007, 23(15): 272-274.
- [20] 彭向前, 陈幼平, 余文勇, 等. 一种高速印刷图像处理算法[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(5): 300-304.
- Peng Xiangqian, Chen Youping, Yu Wenyong, et al. Processing Algorithm of High Speed Printing Image[J]. Application Research of Computers, 2007, 24(5): 300-304.
- [21] 徐咏驰. 印版显微灰度图像二值化算法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
- Xu Yongchi. Binarization Algorithm for Plate Microscopic Image[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009.
- [22] 曾新新, 李德胜, 王跃宗. 一种用于套色检测的图像分割新方法[J]. 微计算机信息, 2008, 24(27): 276-277, 162.
- Zeng Xinxin, Li Desheng, Wang Yuezhong. A New Color Image Segment Method for Register Detection[J]. Microcomputer Information, 2008, 24(27): 276-277, 162.

(责任编辑: 徐海燕)