

基于 DP 方法的印刷品图像检测技术研究

陈丽, 唐万有

(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: **目的** 研究印刷品图像质量在线检测及反馈。**方法** 利用机器视觉检测技术、数字图像处理技术,并基于 DP 方法对标准样张和有缺陷样张进行分割和匹配,根据图像不同的分辨率和所需检测精度来设计图像不同的分割方式,从而进行颜色信息的检测和分析,利用二级识别缺陷分类技术将缺陷进行分类,显示相应的缺陷类型,从而提高印品总体质量。**结果** 与传统的印品质量检测相比,实现了对印刷质量检测的高速度和高精度的要求。**结论** 基于 DP 方法结合缺陷特征,能够快速、准确地检测出印刷品缺陷。

关键词: 印刷缺陷; 在线检测; 动态分区; 缺陷类型

中图分类号: TS807

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)05-0116-05

Image Detection Technology of Printing Based on the DP Method

CHEN Li, TANG Wan-you

(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the online testing and feedback of print image quality. **Methods** Machine vision inspection technology, digital image processing technology and DP method were used to segment and match standard proofs and defective proofs. According to the type of image resolution and the desired detection accuracy, the type of image segmentation method was designed, thereby the detection and analysis of the color information was performed. Secondary identification defect classification technology was used to classify the defects and display the corresponding defect types, thereby the overall quality of the printed product was improved. **Results** Compared with the traditional printing quality testing, higher inspection speed and precision were achieved. **Conclusion** Combined with defect characteristics based on the DP method, print defects can be detected quickly and accurately.

KEY WORDS: printing defects; online testing; dynamic partitioning; defect type

随着印刷生产水平和工艺的不断进步,越来越多的高品质、多样化的印刷品占领了市场,印刷品已经成为人类生存和发展的重要组成部分^[1]。印刷界也因此面临着这样一个问题:如何更快、更准确地评定印刷品的印刷质量^[2-3]。

印刷品质量在线检测系统通过对印刷品存在的各种缺陷进行准确的识别和判断,并将信息及时反馈

给控制系统,使操作人员对印刷机进行相应的调整,从而实现对印刷过程的有效控制^[4]。文中利用机器视觉检测技术、数字图像处理技术来实现印刷品质量在线检测及反馈。DP(Dynamic Partitioning)为“动态分区”,文中基于 DP 方法对标准样张和有缺陷样张进行分割和匹配,根据图像不同的分辨率和所需检测精度,设计图像不同的分割方式,从而进行颜色信息

收稿日期: 2013-07-18

基金项目: 广东省重大科技专项(2010A080402010)

作者简介: 陈丽(1988—),女,天津人,天津科技大学硕士生,主攻印刷品复制技术及质量控制。

通讯作者: 唐万有(1955—),男,天津人,天津科技大学教授,主要研究方向印刷质量及质量评价系统、印刷设备及性能。

的检测和分析,显示相应的缺陷特征、缺陷类型、缺陷面积、相对位置,并及时报警剔除废品,从而提高印品的总体质量,与传统的印品质量检测相比,实现了对印刷质量检测的高速度和高精度的要求。

1 印刷品在线检测流程

对印刷品实现缺陷检测,首先将合格的印刷品通过 CCD 进行图像采集,并作为标准样张将其存储在计算机中^[4];然后,通过 CCD 图像采集待测印刷品,将所得图像与标准样张进行比较,找出与其不同之处即为缺陷,并将缺陷进行分析归类,剔除废品,收集合格品,从而达到印刷品缺陷检测的目的^[5-6]。检测流程见图 1。

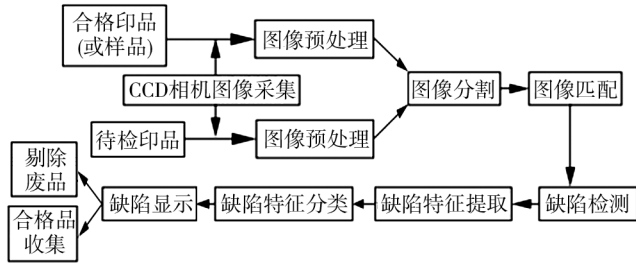


图 1 印刷品在线检测流程
Fig. 1 Online detection process of print

2 印刷品检测关键技术

2.1 图像动态分区

实验采用的线阵 CCD 分辨率为 300 ppi,因此一个像素大小为 $(25.4 \times 25.4) / (300 \times 300) \text{ mm}^2$,即约 $0.007\ 17 \text{ mm}^2$ 。要求需要达到的检测精度是能检测出大于 0.16 mm^2 的印刷缺陷。 $0.16 \div 0.007\ 17 \approx 22.315$,约 23 个像素为一个缺陷。将 5×5 的像素看成一个整体,即一个分区,进行检测,完全能够满足检测出 23 个像素为一个最小缺陷的要求。由此,整个图像被划分成多个 5×5 的像素区域。分区方式见图 2,以图像的左上角为坐标原点,建立坐标系,按照相应的尺寸进行分区,即 25 个像素为一个分区,将图像分割成若干正方形区域,并分别按照坐标系定义分区坐标^[7]。

结合实际印刷品检测速度和检测精度的要求,设计 6 个检测档位供操作者选择。在 5×5 的分区内,检

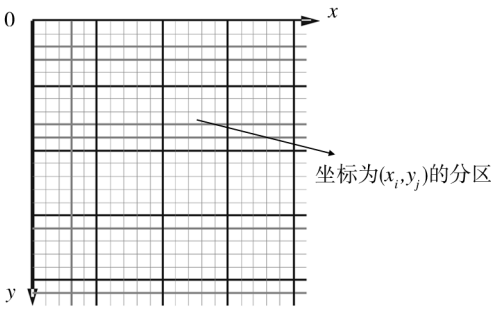


图 2 图像分区示意
Fig. 2 Schematic of image partition

测的像素数越多,检测精度越高,但所需的检测时间就越长;反之,检测速度得到提高,但检测精度下降。如图 3 所示,6 个速度档位像素的选取方式分别如下所述。等级 1,选取 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{25}$ 共 25 个像素点(见图 3a)。等级 2 有 2 种情况,第 1 种为隔行选取方式(见图 3b),选取 $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}, A_{25}$ 共 15 个像素点;第 2 种为隔列选取方式(见图 3c),选取 $A_1, A_3, A_5, A_6, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{13}, A_{15}, A_{16}, A_{18}, A_{20}, A_{21}, A_{23}, A_{25}$ 共 15 个像素点。等级 3,采用棋盘式选取方法(见图 3d),如选取 $A_1, A_3, A_5, A_7, A_9, A_{11}, A_{13}, A_{15}, A_{17}, A_{19}, A_{21}, A_{23}, A_{25}$ 共 13 个像素点。等级 4 有 2 种情况,第 1 种为双对角线选取(见图 3e),选取 $A_1, A_5, A_7, A_9, A_{13}, A_{17}, A_{19}, A_{21}, A_{25}$ 共 9 个像素点;第 2 种为中心二式选取(见图 3f),选取 $A_7, A_8, A_9, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{17}, A_{18}, A_{19}$ 共 9 个像素点。等级 5 有 4 种情况,第 1 种为五筒式选取(见图 3g),选取 $A_1, A_5, A_{13}, A_{21}, A_{25}$ 共 5 个像素点;第 2 种选取对角线上的 5 个像素点(见图 3h),即选取 $A_1, A_7, A_{13}, A_{19}, A_{25}$ 共 5 个像素点;第 3 种选取其中任一行(见图 3i),例如选取 $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ 共 5 个像素点;第 4 种选取其中任一列(见图 3j),例如选取 $A_2, A_7, A_{12}, A_{17}, A_{22}$ 共 5 个像素点。等级 6 只有 1 种情况(见图 3k),任一点选取,例如在一个分区内只选取 A_{13} 一个像素点。

在计算时,用一个分区内所选取的 n 个像素的 R, G, B 平均值代替这个分区的颜色信息。 $A_{i \cdot R}$ 表示第 i 个像素的 R 通道信息, P_R 表示分区内 R 通道的平均信息,范围为 $0 \sim 255$,同理 $A_{i \cdot G}, P_G, A_{i \cdot B}, P_B$ 分别表示 G 通道和 B 通道的信息。计算每个分区的 R, G, B 值,公式为:



图 3 速度档位像素的选取方式
Fig. 3 Speed gear selection method of pixels

$$\begin{cases} P_R = \sum_{i=1}^n A_{i-R} / n \\ P_G = \sum_{i=1}^n A_{i-G} / n \\ P_B = \sum_{i=1}^n A_{i-B} / n \end{cases} \quad n \in \mathbf{N}^+ \quad (1)$$

比较标准图像与待检图像的 R, G, B 值, 如果存在差别, 则将该区域的 RGB 颜色空间通过多项式回归的方法转换到 Lab 颜色空间^[8-9]。

由于不同的印刷品所需检测的最小缺陷(即检测精度)不同, 而不同的检测设备所采用的 CCD 分辨率也不同, 因此为了满足广大用户的需求, 设计了图像动态分区方式, 从而实现在不同 CCD 分辨率下, 根据印刷品的特性选择不同的图像分割方式和检测方式, 实现不同速率下对应的检测精度。图像动态分区取值表达式为:

$$J \times L^2 / 25.4^2 \approx N = a^2 \quad (2)$$

式中: J 为检测精度, mm²; L 为 CCD 分辨率; N 为一个最小缺陷所含像素数; a 为分区单元边长的像素个数。

由于图像动态分区的每种分割方式具有不同的检测等级, 同一等级下选取的像素数相同, 但选取方式各有不同, 因此, 图像动态分区中不同等级间检测速率和精度必然存在一定关系。在 ISO 300 标准图像上随机设置 40 个缺陷点, 运行程序选择不同图像分割方式和检测等级进行检测, 实验统计结果见图 4—5。

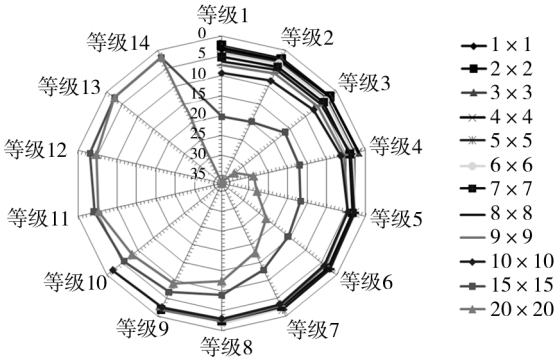


图 4 检测等级与检测速率之间的关系
Fig. 4 The relationship between the detection rate and detection grade

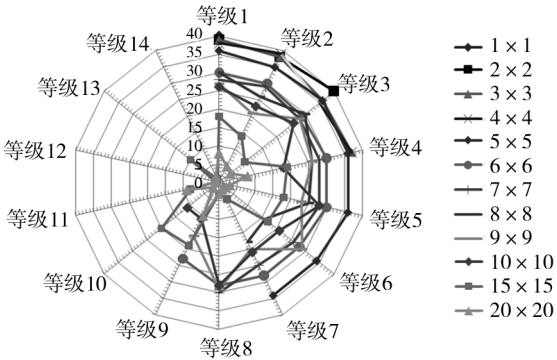


图 5 检测等级与检测精度之间的关系
Fig. 5 The relationship between the detection accuracy and detection grade

从图 4 可以看出, 在图像动态分区中, 在同一检测等级下, 分区单元越小, 检测速度越快, 所需时间越短。在相同图像分割方式下, 选取检测等级越高, 检测的像素点越少, 检测速度越快。关于检测精度, 从图 5 可以看出, 分区单元越小, 选取的检测像素数越多, 检测精度越高。在相同的图像分割方式下, 检测精度并不随检测等级的升高而降低, 这是由于在选取

检测像素点时,像素点在分区单元内受到相对位置的影响,像素点分布越集中,检测精度越低;像素点分布越均匀,检测精度越高。由此,为了使检测印刷品时又快又准,可根据实际需求尽量选择分区单元小、选取的检测像素点分布相对均匀的检测方式。通过分区,大大减少了计算量,加快了程序的运行速度。由于连续调图像各像素间的关联性及数据的冗余性,选择合适的图像分割方法对检测结果并没有太大的影响。

2.2 颜色空间的转换

前文提到,比较标准图像与待检图像的 R, G, B 值,如果存在差别,则将该区域的 RGB 颜色空间通过多项式回归的方法转换到 Lab 颜色空间^[10-11],转换方式见公式(3)和公式(4),从而计算出 ΔE 的变化范围。

$$\begin{cases} x = 2.7689R + 1.7517G + 1.1302B \\ y = 1.0000R + 5.5907G + 0.0601B \\ z = 0.0565G + 5.5943B \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \\ a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \\ b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \end{cases} \quad (4)$$

2.3 缺陷分类

缺陷分类是指对输入的图像特征完成识别和分类。受印刷工艺与设备等因素的影响^[12],印品在印刷过程中会出现飞墨、白斑、漏白、堆墨、墨杠、花版、脏版、糊版、重影、背面蹭脏、套印不准等印刷缺陷^[13-14]。按缺陷对产品质量影响的严重程度,可将它们大致分为点缺陷、线缺陷和面缺陷三大类。文中对缺陷的分类研究分为 2 个步骤,首先实现上述三大类印刷缺陷的分类,即一级识别缺陷分类^[15],再使用分类识别器识别的方法将一级识别缺陷分类的结果进一步划分,将各种缺陷类型一一识别出来,即二级识别缺陷分类。二级识别缺陷分类结果见表 1,从而有效地保证缺陷检测的质量。

表 1 二级识别缺陷分类

Tab.1 Classification of secondary identification defects

一级识别缺陷分类	点	线	面
二级识别缺陷分类	飞墨	白墨杠	花版
	漏白	黑墨杠	脏版
	白斑	划痕	糊版
	堆墨		重影
			背面蹭脏 套印不准

3 结语

在机器视觉在线检测基础上,基于 DP 方法结合缺陷特征,能够快速、准确地检测出印刷品缺陷,在点、线、面的基础上,利用二级识别缺陷分类技术,成功将缺陷分为飞墨、漏白、白斑、堆墨、墨杠、划痕、花版、脏版、糊版、重影、背面蹭脏、套印不准等缺陷类型。实现了对不同精度印刷品高速度和高精度的检测要求。

参考文献:

[1] 彭策. 印刷品质量控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004:42—50.
PENG Ce. Print Quality Control[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004:42—50.

[2] 罗红莲, 褚庭亮, 李家祥. 数码印刷产品质量分析与控制[J]. 包装工程, 2006, 27(1): 81—83.
LUO Hong-lian, CHU Ting-liang, LI Jia-xiang. Digital Printing Product Quality Analysis and Control[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(1): 81—83.

[3] WU H H P, YANG J G, HSU M M, et al. Automatic Measurement and Grading of LED Dies on Wafer by Machine Vision. Proceedings of International Conference on Mechatronics[C]//Kumamoto: ICM, 2007: 8—10.

[4] 陈亚军, 张二虎. 基于图像处理的印刷缺陷在线检测系统研究[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 65—66.
CHEN Ya-jun, ZHANG Er-hu. Research Online Defect Detection System for Printed-matter Based on Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(12): 65—66.

[5] 徐敏, 唐万有, 马千里, 等. 基于 BLOB 算法的印刷缺陷在线检测的研究[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 20—23.
XU Min, TANG Wan-you, MA Qian-li, et al. Research Online Defect Detection Based on Blob Algorithm[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 20—23.

[6] ZHANG Luo. Automatic Color Printing Inspection by Image Processing[J]. Journal of Materials Technology, 2003, 139: 373—378.

[7] 吕晶. 基于欧氏距离方法的缺陷识别技术研究[J]. 包装工程, 2013, 34(7): 90—93.
LYU Jing. Research of Defect Identification Technology Based on Euclidean Distance Method[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(7): 90—93.

- [8] SHARMA C, RUSSELL H J. Figures of Merit for Color Scanners [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(7): 428—533.
- [9] 曹从军. 色彩管理关键技术 CIE $L^*a^*b^*$ 与 CMYK 变化算法的研究 [D]. 西安: 西北大学, 2008.
CAO Cong-jun. Color Management Key Technologies CIE $L^*a^*b^*$ and CMYK Change Algorithm Research [D]. Xi'an: Northwestern University, 2008.
- [10] KANG H R. Color Technology for Electronic Imaging Devices [M]. Washington: SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [11] 刘武辉, 胡更生, 王琪. 印刷色彩学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
LIU Wu-hui, HU Geng-sheng, WANG Qi. Printing Color Science [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [12] 蔡吉飞. 胶印机规范化操作与故障排除 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
CAI Ji-fei. Offset Standardized Operation and Troubleshooting of Offset Printer [M]. Beijing: Chemical Industry Publishers, 2007.
- [13] 华新星. 基于线阵 CCD 的印刷品缺陷在线检测方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
HUA Xin-xing. Based on Linear CCD Research on Defect Online Detection of Printing [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2006.
- [14] 钟辉. 彩色印刷品图像缺陷自动检测系统算法的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2005.
ZHONG Hui. Research Color Print Image Defects Automatic Detection System Algorithm [D]. Changchun: Jilin University, 2005.
- [15] 高军, 陶娜娜, 张建. 基于数字图像处理技术的印刷品质量检测系统的应用研究 [J]. 包装工程, 2006, 27(10): 111—113.
GAO Jun, TAO Na-na, ZHANG Jian. Application of Print Quality Inspection System Based on Digital Image Processing Technology [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(10): 111—113.

(上接第 115 页)

- [6] 杨丹丹, 刘真, 朱明. Photoshop CS3 中 HDR 图像的阶调映射算法的评价研究 [J]. 包装工程, 2010, 31(3): 101—106.
YANG Dan-dan, LIU Zhen, ZHU Ming. Evaluation of Tone Mapping Algorithms for HDR Images in Photoshop CS3 [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 101—106.
- [7] DEVLIN K. A Review of Tone Reproduction Techniques [C]. Department of Computer Science. University of Bristol, Tech Rep CSTR-02-005, 2002.
- [8] 李金城, 刘真. 跨媒体颜色再现方法的研究 [J]. 包装工程, 2009, 30(5): 66—67.
LI Jin-cheng, LIU Zhen. Study of Cross-media Color Reproduction [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5): 66—67.
- [9] 刘红芳, 赵秀萍, 金洪勇. 图像色貌模型的研究及应用 [J]. 包装工程, 2008, 29(6): 58—61.
LIU Hong-fang, ZHAO Xiu-ping, JIN Hong-yong. Research and Application of Image Color Appearance Model [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6): 58—61.
- [10] 刘真, 朱明, 陈广学, 等. 基于色貌效应预测的 HDR 图像显示研究 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2011, 36(7): 871—876.
LIU Zhen, ZHU Ming, CHEN Guang-xue, et al. Research on HDR Image Rendering Based on Image Appearance Effect Predicting [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36(7): 871—876.
- [11] FAIRCHILD M D, JOHNSON G M. Meet iCAM: An Image Color Appearance Model [C]//IS & T/SID 10th Color Imaging Conference, Scottsdale, 2002.
- [12] EBNER F, FAIRCHILD M D. Development and Testing of a Color Space (IPT) with Improved Hue Uniformity [C]//IS & T/SID 6th Color Imaging Conference, Scottsdale, 1998: 8—13.
- [13] NATHAN M, FAIRCHILD M D, HUNT R W G, et al. The CIECAM02 Color Appearance Model [C]//IS & T/SID's Tenth Color Imaging Conference, Color Science and Engineering: System Technologies and Applications, Scottsdale, 2002: 12—15.
- [14] LI Chang-jun, LUO M R, BRYAN R, et al. CMC 2000 Chromatic Adaptation Transform: CMCCAT2000 [J]. Color Research and Application, 2000, 27(1): 49—58.
- [15] KUANG J, YAMAGUCHI H, JOHNSON G M, et al. Testing HDR Image Rendering Algorithm [C]//IS & T/SID 12th Color Imaging Conf: Color Science, Systems, and Application, Scottsdale, 2004: 315—320.