

基于欧氏距离方法的缺陷识别技术研究

吕晶, 唐万有, 蒋瑞雪, 郝健强, 易端阳, 王慧芳
(天津科技大学, 天津 300222)

摘要: 通过分析常见的印刷缺陷特征,提出了基于缺陷几何形状和墨量变化共同判断缺陷类型,即通过欧氏距离方法检测缺陷的形状、位置等特征,并设计了一种色度和密度转化算法,来判断印刷缺陷的墨量变化,成功实现了对印刷品缺陷的提取、分类及反馈。

关键词: 在线检测; 欧氏距离; 色密转换; 故障反馈

中图分类号: TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)07-0090-04

Research of Defect Identification Technology Based on Euclidean Distance Method

LYU Jing, TANG Wan-you, JIANG Rui-xue, HAO Jian-qiang, YI Duan-yang, WANG Hui-fang
(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: Characters of common printing defects were analyzed. The method to determine the type of defect based on defected geometric shape and printing ink quantity changes was put forward, which used Euclidean distance method to detect shape, position and other parameters of defect. A kind of color density conversion algorithm was designed to judge ink quantity change of printing defect. Printing defect extraction, classification, and feedback was realized.

Key words: on-line detection; Euclidean distance; color density conversion; defects feedback

印刷品全画面在线检测系统能对印刷过程中出现的各种印刷缺陷进行准确的识别和判断,并及时反馈给印刷机及相应的控制系统进行实时控制与调整^[1],在生产中发挥了实际的重要作用。文中利用缺陷的几何形状特征和墨量变化共同判断缺陷类型,成功实现印刷缺陷分类并分析故障原因,满足了全画面在线检测的要求,保证了印刷品的总体质量。

1 印刷品质量评价

印刷质量主要是指印刷品各种外观特性的综合效果,即绝对质量^[2]。文中研究的是在忠实于原稿的基础上,将度量值与标准值做比较进行评判^[3],检测出印刷品缺陷。

印刷缺陷一般分为两大类^[4]:形状缺陷和颜色缺陷。形状缺陷主要是指将缺陷划分为点、线、面^[5]等

特征,而颜色缺陷关注的是印刷品颜色的一致性。通过对几种缺陷特征和故障原因分析,认为产生印刷缺陷的根本原因是由于各种印刷机械故障和印刷材料的影响导致转移到纸张上的油墨量本身发生了变化,导致印刷色彩发生变化。

“油墨量本身的变化”主要包括色强度、色相误差、灰度等变化和墨量多少变化。由于标准图像和待测图像的油墨相同,不存在色强度、色相误差、灰度等差别,墨量变化超过一定范围也是缺陷,因此不论是墨量缺陷,还是印刷工艺缺陷,都是依靠色度、形状、面积等判别。印刷缺陷分类见表1。

表1 印刷缺陷分类
Tab.1 Printing defect classification

	点	线	面
墨量差>0	飞墨	黑条痕	糊版
墨量差<0		白条痕	花版
无墨量	白斑	漏白	漏印

收稿日期: 2012-12-22

基金项目: 广东省重大科技专项(2010A080402010)

作者简介: 吕晶(1986-),女,天津人,天津科技大学硕士生,主攻印刷复制技术及印刷质量控制。

通讯作者: 唐万有(1955-),男,天津人,天津科技大学教授,主要研究方向是印刷质量控制及质量评价系统、印刷设备及其性能。

2 印刷检测关键技术

2.1 CCD 扫描图像

待测图像和标准图像都是在同一环境下,并使用同一 CCD 镜头进行扫描获得。由于该检测系统只检测 2 幅图像在同一位置的差别,采集的绝对数值对结果的影响可以忽略不计。基于对硬件的准确度要求,选择硬件时要做误差实验,用 CCD 扫描 2 个检测块,由缺陷检测软件程序读取并计算得到的色度差值与经校准的分光密度计检测相同 2 个检测块的色度差值之比,实验结果是在 0.95 ~ 1.05 之间,实验证明,正品 CCD 检测误差均能满足要求。

2.2 分区精度

研究将以像素为单位的检测图像划分成以边长为 3 个像素的正方形区域进行计算,并结合实际印刷缺陷检测精度和检测速度的要求,设计了 4 个速度档位供操作者选择,当扫描的速度越大,扫描像素数越少,扫描精度也越小。分区标记见图 1。

S1	S2	S3
S4	S5	S6
S7	S8	S9

图 1 分区标记示意
Fig. 1 Sketch map of partition label

4 个速度档位分别是选取方式分别为:选取 S1, S2, ..., S9 共 9 个像素点;选取 S1, S3, S5, S7, S9 共 5 个像素点;选取 S1, S5, S9 共 3 个像素点;只选取 S5 1 个像素点。

CCD 采集到的图像空间为 RGB 模式^[6],而标准图像和待测图的颜色匹配是通过 RGB 做减法运算实现,误差在做差过程中消除,从而解决了设备本身带来的误差问题,进而印刷图像本身的颜色变化也就不会影响到。

在计算时,用一个分区的 n 个像素的 R, G, B 平均值代替这个分区的颜色信息。 $Si. R (i=1 \sim 9)$ 表示第 i 个像素的 R 通道信息, $A. R$ 表示平均得到的分区的 R 通道信息,值范围为 0 ~ 255, $Si. G, Si. B, A. G, A.$

B 依次类推。计算每个分区的 R, G, B 值,公式如下:

$$\begin{cases} A. R = \left(\sum_{i=1}^n Si. R \right) / n \\ A. G = \left(\sum_{i=1}^n Si. G \right) / n \\ A. B = \left(\sum_{i=1}^n Si. B \right) / n \end{cases} \quad (1)$$

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^[7]的方法转换到 Lab 颜色空间。

实际检测时,要根据印刷品的检测精度和其他一些具体情况来确定颜色差异允许的范围。将色差的阈值设定为可变值,实现检测系统的人性化。色差阈值可参照色差程度的鉴定标准进行设定。

2.3 基于欧氏距离判定缺陷形状

判断出存在色差的分区后,根据设定的缺陷标准,通过欧氏距离算法实现缺陷区域合并,并确定缺陷形状、面积、位置等几何特征参数。

欧氏距离^[8](Euclidean distance)也称欧几里得度量、欧几里得度量,是一个通常采用的距离定义,它是在 n 维空间中 2 个点之间的真实距离。在 VC++ 编程环境下,结合数字图像处理技术,实现了基于欧氏距离的方法对印刷品缺陷检测的应用。检测流程见图 2。

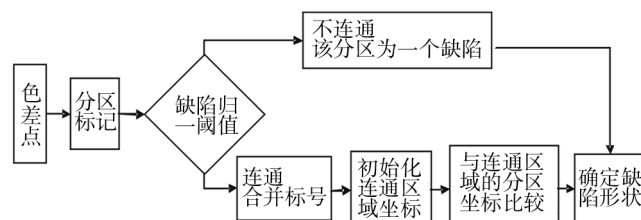


图 2 缺陷形状检测流程

Fig. 2 Flow chart of defect shape detection

基于欧氏距离的连通区域检测算法步骤如下。

1) 标记有色差分区。按照从左到右,从上到下的顺序,扫描待测图像的分区。如果该分区色差超过阈值,则标记为 f , f 变量由 1 开始,无缺陷分区标签不标记。

2) 计算缺陷归一阈值。为了符合实际检测需要,本系统将缺陷连通归一阈值设定为可变值,并通过式(2)确定归一阈值对应的像素数。

$$D = P \times 25.46 \quad (2)$$

其中: D 代表采集缺陷的像素数; P 代表通过

CCD 采集的图像分辨率; b 代表采集缺陷宽度, 单位为 mm。

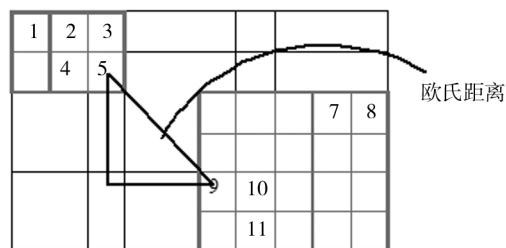


图3 欧氏距离判断连通色差点

Fig. 3 Judgment of connection color difference points by Euclidean distance

3) 缺陷合并。如果分区有缺陷标记, 则逐个判断此分区后的缺陷分区与它的欧氏距离, 如果距离小于缺陷归一阈值, 则将 2 个缺陷分区合并, 并将较大的缺陷标记数值改为标号较小的数值。如果大于阈值, 不作任何处理。

4) 统计缺陷标记数值。将缺陷归一后的分区标记数值存入数组, 并将合并的连通区域进行整理, 得到合并后连通区域的缺陷标号、像素数和坐标值。

5) 确定缺陷坐标。以每个缺陷区域的第一 1 个缺陷分区的坐标初始化该缺陷区域的坐标值, 并不断与该区域具有相同缺陷标记的分区坐标进行比较, 找出最大、最小的列号、行号以确定该缺陷连通区域的坐标位置。

将检测系统的缺陷标准设置为自定义值, 根据印刷品检测质量不同要求, 可自行输入检测的缺陷大小, 根据式(2)可以计算出外接矩形的长和宽像素数, 从而判定各缺陷特征。

1) 如果长和宽的边长均在 b mm 的正方形内的所有缺陷都归为点缺陷。

2) 如果缺陷连通区域外接矩形的较短边大于设定的 b mm, 且长边与短边之比大于 10, 就判断该色差连通区域为线缺陷。

3) 如果缺陷连通区域的外接矩形长宽均大于 b mm, 视为是面缺陷。

2.4 通过色密转化判断墨量变化^[9]

由于颜色密度变化是用色度来衡量, 而颜色密度直接反映墨量的大小, 因此缺陷与油墨量有着密不可分的关系。通过缺陷区域 RGB 值来确定缺陷的密度值, 可以从数值上更好地区分出缺陷类型, 从而判断

墨量的变化。在实验中, 使用的是同一批油墨和纸张, 因此可以排除不同批油墨的墨色差异对使用密度判断带来的影响。

在印刷品的复制过程中, 主要以颜色的三彩色密度值 (D_r, D_g, D_b) 来度量颜色, 用密度计测量颜色样品时, 反射光密度的计量是通过对颜色样品的反射率进行转换而得到的, 即分别有:

$$\begin{cases} D_r = \log \frac{R}{R_{\text{反}}} \\ D_g = \log \frac{G}{G_{\text{反}}} \\ D_b = \log \frac{B}{B_{\text{反}}} \end{cases} \quad (3)$$

式中: D_r, D_g, D_b 分别表示在用红、绿、蓝 3 个滤色片进行测试时得到的光密度; $R_{\text{反}}, G_{\text{反}}, B_{\text{反}}$ 和 R, G, B 分别为反射光与入射光通量, 入射光通量 R, G, B 为 100。

利用 MCF-1 型反射式彩色密度计, 采用红、绿、蓝 3 个滤色片进行密度测量。以 D65 光源作为参考光源, 采用 10。观察者利用 Lab 与光谱三刺激值 XYZ 之间的关系可得密度值与 Lab 之间的关系为:

$$\begin{cases} D_r = \lg \frac{0.060\ 945\ 408R}{0.152\ 299\ 2X - 0.065\ 179\ 2Y - 0.015\ 12Z} \\ D_g = \lg \frac{0.253\ 939\ 2G}{-0.338\ 8X + 0.629\ 2Y - 0.050\ 4Z} \\ D_b = \lg \frac{0.307\ 266\ 432B}{0.010\ 841\ 6X - 0.020\ 134\ 4Y + 0.255\ 552Z} \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{其中, } X = \left(\frac{a}{500} + \frac{L+16}{116} \right)^3 X_0, Y = \left(\frac{L+16}{116} \right)^3 Y_0.$$

文中采用的是在标准 D65 光源下的数值, $X_0 = 100, Y_0 = 95.045, Z_0 = 108.892$ 。

研究是在判定缺陷形状和面积的基础上, 通过缺陷区域的墨量变化来实现印刷缺陷的分类, 以下通过 3 种缺陷形状类型具体说明。

1) 飞墨: 当待测图像与标准图像在同一位置比较时, 如果密度差大于设定阈值, 即墨量偏大, 且墨量产生变化的区域形状面积小于设定阈值, 出现频率小于设定阈值时, 则认为改缺陷为飞墨。

2) 条痕: 当密度差值大于设定阈值的区域的长宽比超过设定值, 且出现缺陷的频率大于设定值, 则认为该缺陷为线缺陷, 如果墨量偏大, 判定该缺陷为黑条痕, 如果墨量偏小, 判定该缺陷为白条痕。

3) 糊版:待测图像与标准图像存在大面积的密度值差超过设定阈值,或者是无墨部位着墨产生突变,则认为该缺陷为糊版。

3 检测结果分析

文中是在认为 2 幅图像已经配准的情况下进行检测的,在程序设计上,将检测速度档位、图像分辨率、缺陷归一阈值、缺陷点标准等设为自定义值,可以由用户自行设置。在检测程序的运行效果上,通过改变一个自定义值,而固定其他自定义值来检测程序的运行速度和缺陷检测准确率。

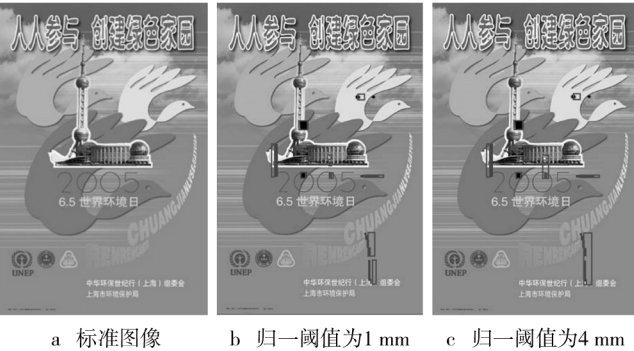


图 4 标准图像和缺陷图像示意
Fig. 4 Standard and defected image

3.1 设定不同的检测精度

设定采集图像分辨率为 300 ppi,则 4 种不同的分区检测精度下,检测的速度也有很大的差别,速度档位为 1~4,分别耗时 31,26,23,22 ms。

3.2 设定不同的缺陷归一阈值

对于 300 ppi 的图像,如果设置缺陷归一阈值为 1 mm,相距 12 个像素的缺陷分区认为是一个缺陷。在设定检测缺陷点为 2 mm 的情况下,设置了 5 个缺陷归一阈值,检测的缺陷数也不相同,见表 2。

表 2 缺陷归一阈值

Tab. 2 Threshold value of defect normalization

归一阈值	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
对应像素数	12	24	35	48	60
缺陷个数	11	10	9	8	7

3.3 设定不同缺陷点标准

对于 300 ppi 的图像,如果设置缺陷点标准为 1 mm,长、宽均小于 12 个像素的缺陷分区认为是点缺陷。在设定缺陷归一阈值为 1 mm 的情况下,设置不

同的缺陷点标准,检测的缺陷数分别为见表 3。

表 3 缺陷点标准

Tab. 3 Defect dot standard

缺陷点标准	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
对应像素数	12	24	35	48	60
点缺陷个数	0	1	4	5	6
线缺陷个数	3	3	3	3	3
面缺陷个数	9	8	5	4	3

4 结语

采用欧氏距离方法结合缺陷特征,能够准确检测出缺陷形状特征,通过色密转化算法判断缺陷位置的墨量变化,从而综合判断缺陷类型,通过将检测速度档位、缺陷归一阈值、缺陷大小等设置为可变值,使系统更加符合实际生产需求。

参考文献:

[1] 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(12):64-66.
CHEN Ya-jun,ZHANG Er-hu. Research on-line Defect Detection System for Printed-matter Based on Image Processing [J]. Packaging Engineering,2005,26(12):64-66.
[2] 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.
[3] 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.
[4] LUO J,ZHANG Z. Automatic Color Printing Inspection by Image Processing[J]. Journal of Materials Technology,2003(139):373-378.
[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 on-line Defect Detection Based on Blob Algorithm[J]. Packaging Engineering,2011,32(9):20-23.
[6] SHARMA C,TRUSSELL H J. Figures of Merit for Color Scanners[J]. IEEE Transactions on Image Processing,1997,6(7):428-533.

索,负责实现对数据库数据的读写操作。

3 层 C/S 体系结构对表示层、功能层、数据层进行明确分割,使之在逻辑上保持相对独立性,原来的数据层作为数据库系统独立分离出来,使表示层和功能层间的接口更加简洁明了,从而使整个系统的逻辑结构更为清晰,能提高系统的扩展性和维护性。

5 结语

采购管理对采购过程中物流运动的各个环节及状态进行跟踪管理,是印刷企业资金流的重点,该子系统中的采购计划可以准确计算出可用库存与库存警戒线,能够做到合理的价格分析、准确的计划采购量,从而在最小库存量的情况下保证生产的需要,减少资金积压,提高印刷企业生产效率,提高印刷企业的核心竞争力。

参考文献:

- [1] 汪旭敏,陈晓川,杨建国,等. 基于 WEB 的库存管理系统的设计和实现[J]. 机械设计与制造,2008(1):224-226.
WANG Xu-min, CHEN Xiao-chuan, YANG Jian-guo, et al. The Design and Implementation of WEB Based Warehouse Management System[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2008(1):224-226.
- [2] 赵天唯. 管理信息系统教程[M]. 北京:北京大学出版社,2011.
ZHAO Tian-wei. Management Information System[M]. Bei-

jing: Beijing University Press, 2011.

- [3] 张志东,李海鹰. 论物联网时代的到来对工业设计的影响[J]. 包装工程,2011,32(14):122-125.
ZHANG Zhi-dong, LI Hai-ying. Study on the Impacts of Internet of Things Era on Industrial Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(14):122-125.
- [4] 孔健行,戴宗友,苗卿. 智能库存管理信息系统研究综述[J]. 电脑知识与技术,2009(5):1100-1101.
KONG Jian-hang, DAI Zong-you, MIAO Qing. The Research of Intelligent Stock Management Information System[J]. Computer Knowledge and Technology, 2009(5):1100-1101.
- [5] 申冠楠,窦金凤,郭忠文. 百货店商品库存管理系统的设计与实现[J]. 现代商业,2010(2):266-268.
SHEN Guan-nan, DOU Jin-feng, GUO Zhong-wen. The Design and Implementation of Department Store Warehouse Management System[J]. Modern Commercial, 2010(2):266-268.
- [6] 吴江,莫逸凭. 共生式产品整合设计研究[J]. 包装工程,2011,32(24):65-68.
WU Jiang, MO Yi-ping. Research on Integration Design of Symbiotic-type Products[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(24):65-68.
- [7] 徐惠坚. 中小印刷企业供应链管理模型的构建[J]. 包装工程,2009,30(7):71-72.
XU Hui-jian. Little and Medium-sized Printing Enterprise Supply Chain Management Model[J]. Packaging Engineering, 2009(7):71-72.
- [8] 陈华. 库存管理系统中数据库的设计与实现[J]. 电脑开发与应用,2009,22(1):61-63.
CHEN Hua. The Design and Implementation of Database in Warehouse Management System[J]. Computer Development and Application, 2009(1):61-63.

(上接第 93 页)

- [7] KANG Herry R. Color Technology for Electronic Imaging Devices[M]. SPIE Optical Engineering Press, Washington USA, 1997.
- [8] 黄廷祝,何军华,李永彬. 高等代数[M]. 北京:高等教育出版社,2012.
HUANG Ting-zhu, HE Jun-hua, LI Yong-bin. Higher Alge-

bra[M]. Beijing: Higher Education Press, 2012.

- [9] 张良培. 密度计应用的一种新途径[J]. 武汉测绘科技大学学报,1995(3):79-82.
ZHANG Liang-pei. The New Way of Densitometer Application[J]. Journal of Wuhan Mapping Technical University, 1995(3):79-82.