基于 Blob 算法的烫印缺陷在线检测的研究

张冬娟，唐万有
（天津科技大学，天津 300222）

摘要： 分析了常见的烫印缺陷，介绍了烫印缺陷在线检测的基本流程以及检测系统的关键技术，包括烫印缺陷的判定，Blob 算法如何分析连通区域，确定连通区域的数量、大小、面积和位置等信息，根据连通区域的特征参数成功地对烫印缺陷进行了分析归类，实现了烫印缺陷的在线检测。

关键词： 烫印缺陷；在线检测；Blob 算法
中图分类号： TS807；TS851^{+}.6 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2013)17-0016-04

Hot Stamping Defect On-line Detection Based on Blob Algorithm

ZHANG Dong-juan, *TANG Wan-you*
(Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: The common hot stamping defects were analyzed. The basic flow of hot stamping defects on-line detection and key technology of the detection system were introduced, including the judgment of hot stamping defects, analysis of connected component with Blob algorithm, and determining the number of connected area, the information such as size, area and position. Hot stamping defects were classified successfully according to the features of connected area parameter. On-line detection of hot stamping defects was realized.

Key words: hot stamping defects; on-line detection; Blob algorithm

传统烫印作为重要的印刷品表面整饰工艺其应用越来越广泛[1]，然而烫印过程中出现的质量问题仍借助于人的视觉，主观因素大，检测周期长。由此对于目前包装印刷行业现状，提出基于机器视觉的印刷品烫印图像质量检测系统势在必行。

基于机器视觉的印刷品烫印图像质量检测系统的主要原理是将 CCD 扫描的全画面印刷品中的烫印图像进行识别提取，然后针对烫印区域进行图像处理及缺陷分析。文中重点研究的就是经过图像识别后烫印图像缺陷的在线检测。

1 烫印缺陷的分析及检测流程

1.1 常见的烫印缺陷

烫印质量一般是指烫印产品各种外观特性的综合效果，即绝对质量[2]。文中所讨论的质量缺陷是待测烫印品与标准样张存在不匹配区域则认为存在缺陷。这样烫印缺陷可分为形状缺陷和颜色缺陷两大类，形状缺陷主要关注的是缺陷的外观形状，例如烫印不全（空花、砂眼）、多烫、漏烫、印迹不光整、印迹发花或斑脱、烫印起泡或出现极光、烫印位置走偏等，而颜色缺陷则是待检印刷品与标准样张颜色的不一致性，如糊版、图文光泽度差等[3]。

根据常见的烫印缺陷，综合分析各种缺陷的特征，将常见烫印缺陷分为三大类，见表 1。

表 1 烫印缺陷种类

Tab. 1 Hot stamping defect classification

形状	缺陷特征	实际缺陷
点	面积较小、色差大	飞金、砂眼、空花
线	宽度小、分布区域广	烫金部分划伤、褶皱
面	面积较大、色差小	糊版、漏烫、印迹不光整、图文光泽度差、多烫

收稿日期： 2013-06-17
基金项目： 广东省重大科技专项(2010A080402010)
作者简介： 张冬娟(1987-)，女，河北衡水人，天津科技大学硕士生，主要研究方向为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，主要研究方向为印刷质量控制及质量评价系统、印刷设备及其性能。

1.2　烫印缺陷在线检测流程

采用 CCD 相机采集一幅或多幅可认为是无缺陷的烫印品作为标准样张，并将其存储在计算机中[3]，通过图像定位、图像预处理操作，而后采用烫印区域识别技术提取烫印图像，即确定烫印区域的具体位置信息，然后对烫印完毕后的印刷品逐一采集，将待检烫印图像与标准样张的烫印图像进行匹配，寻找颜色差异及形状差异，通过程序判断差异的具体信息，以准确、快速地识别缺陷，并在屏幕上显示缺陷的位置、种类、面积大小等信息，以便工作人员查看，快速判断找出产生缺陷的原因，从而提高整个烫印工艺的质量和效率。检测流程见图 1。

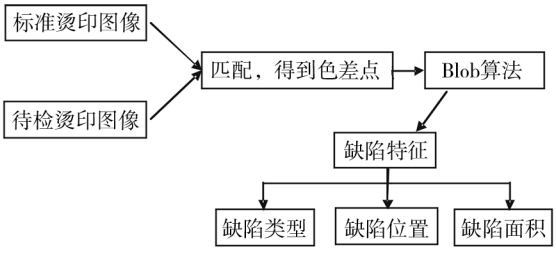


图 1　烫印缺陷在线检测系统流程

Fig. 1 Flow of hot stamping defect on-line detection system

2　检测系统的关键技术

在印刷品烫印缺陷在线检测系统程序中，最重要的是检测算法的设计。算法的最终目标是在保证正确检测缺陷的前提下，实现烫印品的实时处理。文中即在达到此目标的基础上，结合烫印的实际缺陷和检测精度的要求，完成对烫印缺陷的检测。下面就检测系统的关键技术和原理进行具体介绍。

2.1　缺陷判定[4]

通过烫印图像识别方法识别出标准图像和待测图像中的烫印图像后，对 2 幅图像相对应位置的颜色缺陷或形状缺陷进行比较，从而判断该像素是否为缺陷点。笔者在 CCD 采集的 RGB 彩色图像的基础上，运用色度检测法，判断烫印图像中的缺陷。实现色空间转换的算法较多，常用的有：纽介堡方程法、神经网络法、查表法、多项式回归法。采用三阶多项式回归法实现 RGB 色空间到 CIE $L^*a^*b^*$ 色空间的转换[5]。

$$[\boldsymbol{L}^*\boldsymbol{a}^*\boldsymbol{b}^*]=[\boldsymbol{R}\ \boldsymbol{G}\ \boldsymbol{B}]\cdot\boldsymbol{C} \tag{1}$$

实验中选取 1000 组 R,G,B 数值及对应的 L^*，a^*，b^* 值作为样本点，则式(1)中$[\boldsymbol{L}^*\boldsymbol{a}^*\boldsymbol{b}^*]$是一个$[1000\times3]$矩阵，$[\boldsymbol{R}\ \boldsymbol{G}\ \boldsymbol{B}]$是一个$[1000\times n]$矩阵，$\boldsymbol{C}$ 是一个$[n\times3]$矩阵，n 是系数矩阵的系数数目，那么三阶多项式 $\boldsymbol{P}[3\times n]$为：

$$\boldsymbol{P}[3\times14]:[R\ G\ B\ R^2\ G^2\ B^2\ R^3\ G^3\ B^3\ RG\ GB\ BR\ RGB\ 1]$$

$$L=[1\ R\ G\ B\ RG\ GB\ BR\ R^2\ G^2\ B^2\ RGB\ R^3\ G^3\ B^3]\times\boldsymbol{P}_1^{\mathrm{T}}$$

$$a=[1\ R\ G\ B\ RG\ GB\ BR\ R^2\ G^2\ B^2\ RGB\ R^3\ G^3\ B^3]\times\boldsymbol{P}_2^{\mathrm{T}}$$

$$b=[1\ R\ G\ B\ RG\ GB\ BR\ R^2\ G^2\ B^2\ RGB\ R^3\ G^3\ B^3]\times\boldsymbol{P}_3^{\mathrm{T}} \tag{2}$$

其中 $\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2,\boldsymbol{P}_3$ 分别为 L,a,b 等 3 个分量的系数，完成待测图像与标准图像色空间的转换之后，即可运用公式(3)，计算色差。

$$\Delta E_{ab}^*=\sqrt{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2} \tag{3}$$

其中 $\Delta L^*=L_1^*-L_2^*$，$\Delta a^*=a_1^*-a_2^*$，$\Delta b^*=b_1^*-b_2^*$，色差 ΔE_{ab}^*的单位为 NBS。理论上讲，一个 NBS 色差单位大约相当于视觉识别阈限的 5 倍[6]。因为颜色差异应允许多大范围才合适，要根据印刷品的检测精度和其他一些具体情况而定。

根据表 2《色差程度鉴别标准》确定一个合理的动态色差阈值 $\Delta E_{阈}$，对于图像中的每个像素，其与标准图像通过差影处理得到的色差值为 ΔE_{ab}^*，若 $\Delta E_{ab}^*\geqslant\Delta E_{阈}$，则将色差点标为 1，否则标为 0，即可将图像分为缺陷区域和背景区域。

表 2　色差程度鉴别标准

Tab. 2 Color difference standard range

色差值(单位 NBS)	感觉色差程度
0.0～0.5	痕迹
0.5～1.5	轻微
1.5～3.0	可觉察
3.0～6.0	可识别
6.0～12.0	大

2.2　Blob 分析

以上只是完成了对单个缺陷像素的标记，而图像中缺陷像素往往组成多个连通区域，一个连通区域被认为是一个缺陷。文中采用数学形态学中的 Blob 分析，又叫斑点分析，是一种对图像中相同像素的连通域进行分析的技术，该连通域称为 Blob[7]。Blob 算法

就是找出图像中的连通域,并确定其数量、大小、面积和位置等信息的一种方法。通常 Blob 分析的主要步骤见图 2。

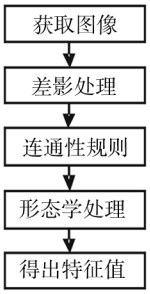


图 2 Blob 分析主要步骤

Fig. 2 The main steps of Blob algorithm

在进行差影处理后,运用连通规则标记连通区域,目的是分析缺陷特征。由于实际图像处理过程中受光照度不均匀、背景噪声和图像分割算法缺陷等因素的影响,使得图像中存在一些大大小小的孔洞或者碎片,成为伪连通区域,见图 3—4,因此在实际操作过程中将单像素点的伪连通域忽略不计。

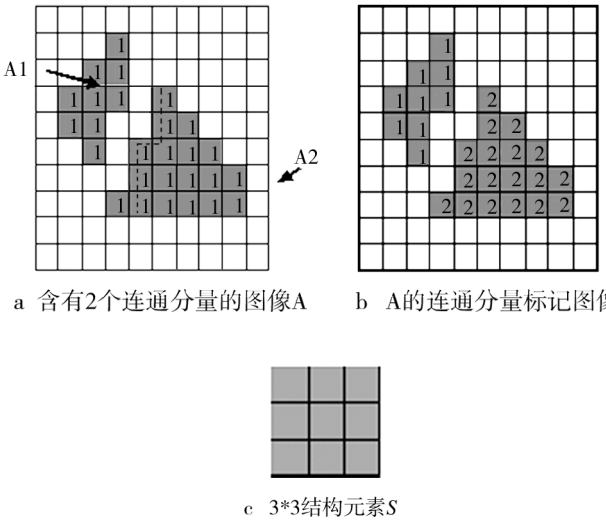
图 3 理想的差分图像

Fig. 3 Theoretic difference image

图 4 实际的差分图像

Fig. 4 Practical difference image

连通区域标记算法[8]是 Blob 分析的核心,文中采用基于形态学的膨胀操作提取连通分量。以 8 连通为例,对于图 5a 内含多个连通分量的图像 A,从仅为连通分量 A1 内部某个点的图像 B 开始,不断采用如图 5c 所示 3×3 的结构元素 S 进行膨胀。由于其他连通分量与 A1 之间至少有一条 1 个像素宽的空白缝隙(如图 5a 虚线所示),3×3 的结构元素保证了只要 B 在区域 A1 的内部,则每次膨胀都不会产生位于 A 中其他连通区域之内的点,这样只需用每次膨胀后的结果图像和原始图像 A 相交,就能把膨胀限制在 A1 内部。随着对 B 的不断膨胀,B 区域不断生长,但每次膨胀后与 A 相交又将 B 限制在连通分量 A1 的内部,直到最终 B 充满整个连通分量 A1,对连通分量 A1 的提取完毕。以此类推,依次提取连通分量 A2,图 5b 为图像 A 的连通分量标注图像。



a 含有2个连通分量的图像A　　b A的连通分量标记图像

c 3*3结构元素S

图 5 连通分量提取结果

Fig. 5 The extraction results of connected components

2.3 缺陷类型判断

在烫印缺陷的在线检测中,通过动态色差阈值判断缺陷区域,并对连通区域标记完毕后,需要对连通区域的形状特征进行分析。根据表 1 中烫印缺陷类型和缺陷形状的关系,即可对实际缺陷类型作出大致判断,以查找产生此类缺陷的原因。

根据烫印这一特殊整饰方法,通过对同样一幅图像的多次录入检测结果,制定了烫印缺陷判定标准。设缺陷外接矩形长为 L,宽为 W,面积为 A,缺陷面积为 S,其中缺陷判定条件均以像素(pix)为单位,见表 3。样张的烫印缺陷面积 S 如果大于 30 pix,则认为是废品;S 如果小于 10 pix,则认为是合格;S 介于 10 ~ 30 pix 之间时,则根据客户要求或实际情况选择性剔

除[1]。

表 3　烫印缺陷判定标准

Tab. 3 The judging standard of hot stamping defect

形 状	判定条件/pix
点	外接矩形 $L\leqslant 2, W\leqslant 2$
线	外接矩形 $W\leqslant 2, L/W>3$ 或 $S/A<0.3$
面	$S/A>0.3$

实验过程中以 4096×1674 彩色烟盒包装图像为例,硬件配置为 Intel Corel（TM）2 Quad 处理器,2G 内存,Visual C++ 6.0 编程软件。运行程序中“缺陷检测”部分,设置合理的色差阈值,图 6 即为 $\Delta E_{阈}$ 为 4.0 的检测结果。

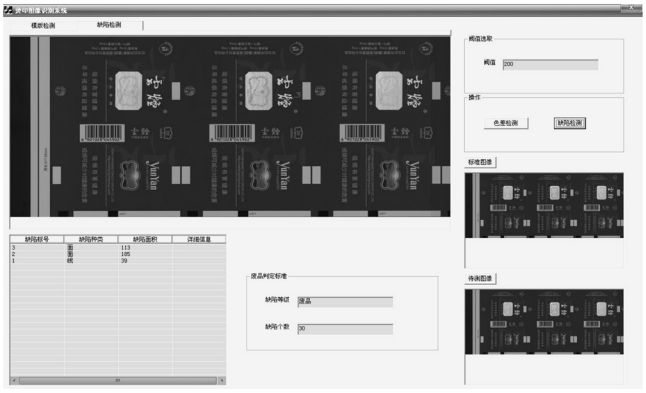


图 6　烫印缺陷检测结果

Fig. 6 The detection results of hot stamping defects

3　结论

在分析了传统烫印质量检测方法的基础上,结合数字图像处理以及机器视觉的知识,设计了印刷品烫印缺陷在线检测系统。该系统采用 Blob 算法能成功标记出烫印中的缺陷,并得到各缺陷的位置、面积、形状等信息。系统经过实验、研究以及程序的编制,目前已基本实现烫印产品的低速检测,达到最小检测 0.04 mm^2 缺陷的检测精度。由于算法的检测精度和硬件的限制,整个系统运行速度还不是很高。相信经过下一步对相关算法的不断优化,不断改善,程序将可以实现烫印在线高速检测。缺陷检测只是质量管理的手段,检测的目的是为了指导生产,因此在检后处理方面还有待开发。

参考文献:

[1]　何自芬,张印辉. 基于图像处理的烟标烫金质量检测技术研究[J]. 包装工程,2010,31(9):29-32.
HE Zi-fen,ZHANG Yin-hui. Research on the Quality of Tobacco Label Stamping Base on Image Processing[J]. Packaging Engineering,2010,31(9):29-32.

[2]　Intelligence Recognition of Reconnaissance Objective Based on INN Pattern Recognition[C]. Proceedings of the 5th International Symposium on Test and Measurement(Volume 1), 2003.(余不详)

[3]　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,2010,31(9):20-23.
XU Min,TANG Wan-you,MA Qian-li. Research of Printing Defect On-line Detection Based on Blob Algorithm[J]. Packaging Engineering,2010,31(9):20-23.

[4]　陈婧,唐万有,王学美. 多项式回归法在印刷品质量检测中的研究[J]. 包装工程,2009,30(11):93-95.
CHEN Jing,TANG Wan-you,WANG Xue-mei. Application Research of Polynomial Regression Algorithm on Printing Quality Detection[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(11):93-95.

[5]　Nektarios A. Colour Calibration of a Laboratory Computer Vision System for Quality Evaluation of Pre-sliced Hams[J]. Meat Science,2009,81:132-141.

[6]　刘武辉,胡更生,王琪. 印刷色彩学[M]. 北京:化学工业出版社,2004:136-146.
LI Wu-hui,HU Geng-sheng,WANG Qi. Printing Chromatics[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2004:136-146.

[7]　China-vision. BLOB 算法简述[EB/OL]. (2003-12)[2011-3]. http://www. china-vision. net/bbs7/2003 - 9/29/155940867. html.

[8]　XU Min,TANG Wan-you. The Application of Line-labeling Algorithm to On-line Defect Detection System for Printed-matter[C]//In:IEEE 2011 4th International Congress on Image and Signal Processing. Shanghai:IEEE,2011:320-323.