

# 基于骨架模板匹配的彩色印刷品文字缺陷检测

肖习雨, 张昌凡, 龙永红

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

**摘要:** 针对彩色印刷品文字缺陷检测难等问题, 提出了基于骨架模板匹配的文字缺陷检测方法。选取标准样本图像中有代表性的颜色, 经过粗分割和精分割, 提取主颜色; 在每个主颜色的色板上分析连通分量区域几何位置关系, 定位文字区; 逐步细化文字区色板并赋予不同权值, 得到骨架模板; 把待检样品图像与骨架模板匹配得到缺陷信息并标记在待检样品图像上, 完成缺陷检测。实验结果表明, 该方法能有效消除印刷过程中多种干扰带来的抖动和配准精度对文字缺陷检测的影响, 精确实现文字缺陷检测。

**关键词:** 文字缺陷检测; 颜色减少; 文字定位; 骨架模板

中图分类号: TS805.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2010)01-0038-04

## Color Printing Character Defect Inspection Based on Skeleton Template Matching

Xiao Xiyu, Zhang Changfan, Long Yonghong

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

**Abstract:** A character defect inspection method based on skeleton template matching is presented to deal with the detection problems of character breakage or stroke break. The dominant color is extracted by coarse segmentation and fine segmentation of the typical pixels from standard image samples. Regional geometric location of connected component is analyzed and text area is located on color planes of each dominant color. The text skeleton template is obtained by using the progressive refinement of color planes in text area. The sample images for inspection to skeleton template are matched in order to gain defect information and the defect information on sample images is labeled. Experiment results show that this method is able to eliminate the effects which are caused by twitter from interferences in the printing process and registration accuracy of text defect detection. It achieves an accurate defect inspection result.

**Key words:** character defect inspection; color reduction; text location; skeleton template

## 0 引言

印刷质量是印刷品各项外观特性的综合效果, 印刷质量的好坏直接影响到印刷产品信息传播的结果, 印刷质量控制在印刷过程中占有很重要的地位。在印刷品质量检测中, 文字印刷质量和图像印刷质量的行业分类标准不同<sup>[1]</sup>。通常文字区要求没有文字破损、笔画断裂和白点等形态缺陷; 图像区要求阶调与色彩再现, 无斑点与故障图形, 图像分辨率、表面特性等

与原始图像一致<sup>[2-3]</sup>。因此应该以不同的策略检测文字区和图像区的印刷质量。而对文字区缺陷检测包括文字区的定位和文字缺陷检测方法的设计 2 个部分。

文字区定位的方法通常可分为基于纹理和基于区域 2 类, 基于区域的方法又分为基于边缘和基于连通域 2 种<sup>[4]</sup>。基于纹理的方法通常应用在低分辨率的图像中, 缺点是比较耗时, 难以实现实时检测。基于边缘的方法是结合图像的边缘密度、边缘强度和边缘方向等特征的边缘检测方法, 可以有效地检测到字符边

收稿日期: 2009-12-25

基金项目: 湖南省科技计划基金资助项目(2008FJ3034), 湖南工业大学研究生创新基金资助项目(CX0902)

作者简介: 肖习雨(1983-), 男, 广东大埔人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为图像处理与智能控制,

E-mail: xiaoxiyu227@21cn.com

缘, 但很难去掉复杂画面的边缘干扰。基于连通域的方法假设字符具有一致的颜色, 提取图像文字色板, 分析色板连通分量关系, 得到文字定位的结果<sup>[5-6]</sup>。因为绝大部分英文字母都由1个连通分量组成, 连通域方法对英文定位有很好的效果; 由于汉字笔划的复杂性, 1个汉字通常由多个连通分量组成, 连通域方法直接用在汉字定位的效果不理想。

通常的文字缺陷检测采用模板匹配的方法, 如灰度值直接相减、色差比较法、基于区域的分析方法等, 把待检样品与标准图像配准后, 分析像素点各种对应关系, 得到待检样品缺陷信息<sup>[7]</sup>。这类方法不能有效解决文字印刷过程中各色板因配准误差、纸张抖动等带来的影响, 检测精度有待提高。

针对连通域方法定位汉字不理想和传统模板匹配方法不能有效消除印刷过程带来的影响, 本文提出了基于骨架模板匹配的文字缺陷检测方法。在文字定位部分, 采用了颜色减少方法提取彩色图像主颜色, 分析主颜色色板上连通分量区域几何位置关系实现单个汉字的重建, 并实现文字区定位。在文字缺陷检测部分, 逐步细化文字区色板得到文字骨架模板, 把待检样品的文字区与骨架模板匹配得到文字缺陷信息并标记在待检图像上, 有效消除了印刷过程带来的影响。检测流程如图1所示。

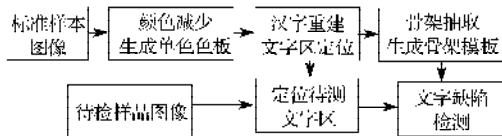


图1 基于骨架模板匹配的彩色印刷品文字缺陷检测流程

Fig. 1 The flow of character defect inspection based on skeleton template matching in color printing

## 1 彩色印刷品图像文字定位

### 1.1 颜色减少

颜色减少是逐步逼近颜色中心的过程, 找到有代表的颜色中心值。通常物体与背景间的边缘附近颜色变化剧烈, 而物体内部颜色变化缓慢, 所以采用局部梯度最小原则的颜色抽样方法, 选取物体内部的颜色, 即文字笔画内部的颜色被选取, 最终的颜色中心值由图像的内容决定, 具体步骤如下:

第一步, 设计边缘滤波卷积模版, 滤除噪声的同时保护图像边缘;

第二步, 采用局部梯度最小方法进行颜色采样, 得到图像颜色的集合;

第三步, 采用立方体聚类法合并颜色集, 得到粗分割结果;

第四步, 采用基于有限起始点均值偏移法进行精分割, 区域合并;

第五步, 对边缘像素点重新分类处理, 平滑边缘。最终得到图像主颜色 (如图2所示) 和每个主颜色对应的色板 (如图3所示)。

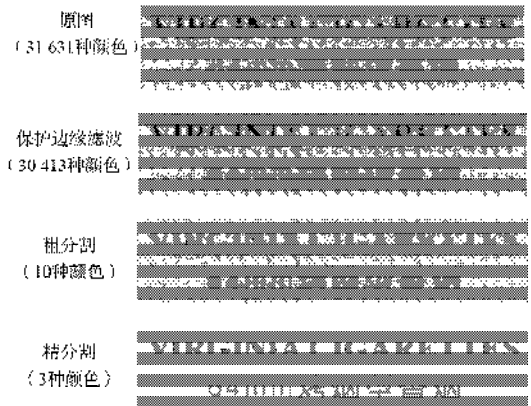


图2 提取图像主颜色过程 (原图为 651\*156)  
Fig. 2 The process of dominant color extracting (Original for 651\*156)

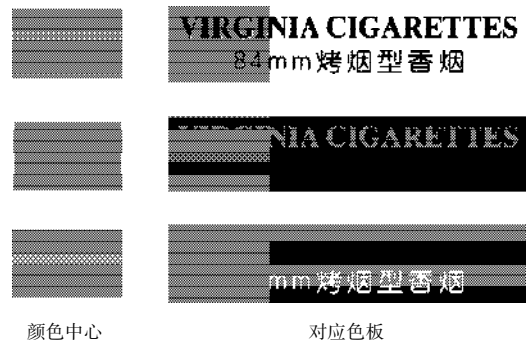


图3 主颜色对应的色板

Fig. 3 Corresponding color planes of each dominant color

### 1.2 汉字重建和文字定位

颜色减少后的每类颜色得到相应的二值色平面, 按八邻域的连通原则标注全部目标像素点, 形成连通分量, 提取连通分量的长、宽、面积、占空比和边界比等特征。在处理英文字母时, 单个英文字母就是1个完整的连通分量, 而绝大部分汉字笔划是断开的, 1个汉字往往有多个连通分量。分析连通分量区域位置关系, 合并上下、左右、半包围和全包围结构汉字的笔画。经过汉字重建后, 单个汉字连通分量的特性得到明显提高, 重建效果如图4所示。

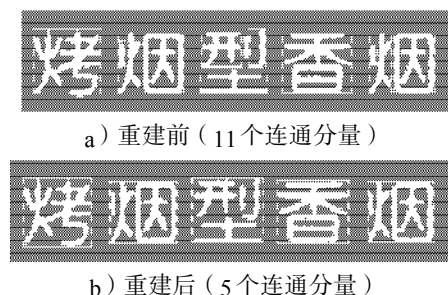


图4 汉字重建效果

Fig. 4 The rebuild effect of character

汉字重建后, 依据单个连通分量特征, 采用启发式滤波去掉明显的非文字连通分量; 分析连通分量区域几何位置得到全部连接关系, 去掉无效连接并确定文字行列走向; 最后合并各色块实现文本区定位。定位过程如图 5 所示。

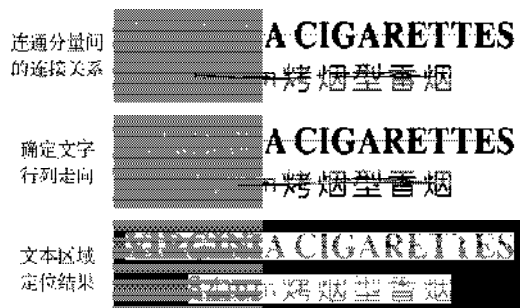


图 5 文本区定位过程

Fig. 5 Process of text block localization

## 2 基于骨架模板匹配的文字缺陷检测

### 2.1 文字骨架模板的提取

得到文字区定位结果后, 分析该块文字的特征实现缺陷检测。文字区缺陷检测主要检测文字是否模糊, 是否有笔画缺损和断笔、白点、边缘不清等, 整个版面的文字墨色是否保持一致, 文字密度或网点百分比是否达到了要求等。

人眼对文字印刷质量的判断是一个综合过程, 首先, 文字笔划的基本骨架点不能出现断裂, 而粗细可以有一定的变化。同时, 人眼的判断有一定的趋同性, 如果文字骨架部分印刷很好, 那么靠近骨架的点的印刷质量就无关紧要; 如果出现断笔, 那么断笔周围的点就非常明显。所以我们把视觉的判断过程应用到文字缺陷检测中, 从标准文字模板中抽取最能代表此字符特征的骨架点。具体做法是对标准字符色板一步步细化, 每一次细化操作剖去文字最外层的像素, 最后留下文字的骨架。在细化的同时给文字像素赋予权值, 依据像素被剖去的顺序赋予不同的权值, 以确定像素点的重要程度<sup>[8]</sup>。

$L(i)$ 表示第  $i$  个主颜色的二值标记图, 逐步细化的过程如下式:

$$L(i)' = bwmorph(L(i))$$

每一次细化后被去掉的像素点集合为  $C_j$ , 全部文字笔画像素被去掉或者细化超过 5 次时, 停止细化操作。根据不同位置像素的重要程度, 在细化过程中权值分别设为 1、2、3、5、8, 共 5 个等级。

$$M(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } C = C_1; \\ 2, & \text{if } C = C_2; \\ 3, & \text{if } C = C_3; \\ 5, & \text{if } C = C_4; \\ 8, & \text{if } C \geq C_5. \end{cases}$$

其中,  $C_j = L(i) - L(i)' (j=1,2,3,\dots,5)$ , 得到的骨架模板如图 6 所示, 在文字笔画边缘位置很暗, 表明这些像素的权值很小; 文字笔画内部位置很亮, 表明这些像素的权值比较大。文字的骨架模板充分表现了文字笔画上像素的重要程度。图 7 是把字母 R 的骨架模板放大的数字格式, 可以看到, 笔画边缘的像素权值很小, 而笔画内部的像素权值很大。



a) 标准文字  $Lab(i)$  的颜色层  
b) 骨架模板 (亮暗表示像素的重要程度)

图 6 标准色板得到的骨架模板

Fig. 6 Skeleton template from standard color planes

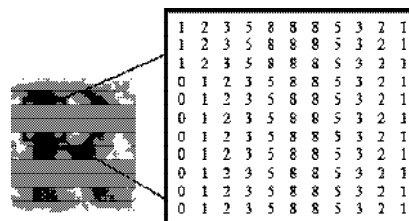
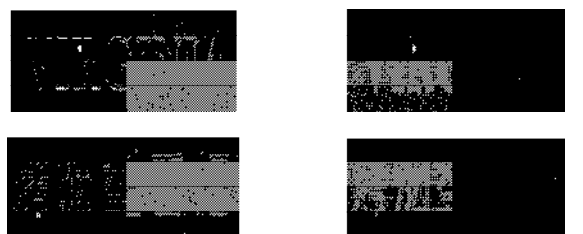


图 7 字母 R 放大的骨架模板示意图

Fig. 7 Diagram of letter R's enlarged skeleton template

### 2.2 基于骨架模板匹配的文字缺陷检测

印刷缺陷检测应用的特点是印刷品连续大批量生产, 幅面上对应位置的内容相对固定, 在标准样本中定位需要检测的文字区, 制成相应的模板。缺陷检测时首先定位待检样品图像上的对应文字区, 再把定位的区域与标准图像配准, 如图 8 为本研究中的缺陷信息示意图。这样有效降低了图像配准的难度和运算量, 在保证配准精度的同时避免了对整幅图像的配准, 大大减少了配准时间。



a) 样本和标准模板的差分结果  
b) 结合骨架模板匹配的缺陷图

图 8 缺陷信息示意图

Fig. 8 Diagram of defect message

区域配准后把待检样品与标准模板作差分, 这时整个区域的各种噪声都保留在差分图中。如文字边缘部分油墨在纸张上渗透不均匀或者因配准精度的影响导致文字笔画边缘部分存在较大差异。通过形态学操

作滤除噪声的做法往往也会把缺陷信息同时去掉。所以直接分析差分图很难滤除各种噪声影响而保留真正的缺陷信息。而骨架模板的权值很好地体现了区域上各像素的重要程度, 将差分结果与骨架模板匹配, 能有效滤除各种噪声而保留真正的缺陷信息, 因为噪声位置上的权值一般都很小, 文字笔画重要部分的权值一般都较大。差分结果与骨架模板匹配后得到缺陷信息  $E(i)$ :  $E(i) = D(I, I^0) * M(i)$ 。

其中:  $D(\cdot)$ 表示色差函数, 计算两幅图像的色差,  $I$ 表示待检样品图像,  $I^0$ 表示标准样本图像。

分析图 8 a) 中的缺陷信息, 如果样品和标准模板直接匹配, 在文字边缘有很多细小的干扰, 这种干扰并不是真正的缺陷, 而是多种干扰带来的抖动和配准精度的影响。骨架模板的引入有效消除了抖动或配准精度的噪声, 使真正的缺陷信息得以保留且表现得非常明显, 见图 8 b)。去掉缺陷图上的值和缺陷块面积小于一定阈值的干扰, 二值化后留下真正的缺陷, 最后在样品图像上标记出该缺陷, 完成缺陷检测, 结果如图 9 所示。

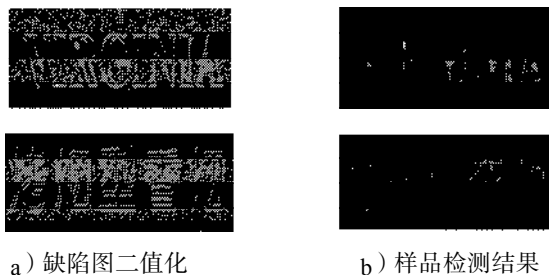


图 9 缺陷检测结果

Fig. 9 Result of defect inspection

### 3 结论

基于骨架模板匹配的方法实现了彩色印刷品文字缺陷检测, 有效应用了人眼对字符印刷质量的判断过程。从标准文字模板中抽取最能代表此文字特征的骨架, 依据文字笔画像素的重要程度赋予不同的权值。在骨架模板匹配时有效消除了印刷过程中多种干扰带来的抖动和配准精度对文字缺陷检测的影响, 精

确实实现文字缺陷检测。

#### 参考文献:

- [1] Helmut Kipphan. Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods[M]. Heidelberg: Heidelberg Druckmaschinen AG, 2001: 225-228.
- [2] 赵键. 印刷品套印质量检测方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.  
Zhao Jian. Research on the Check Technology of Overprint Quality of Printed Matter[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2006.
- [3] 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 Yajun, Zhang Erhu. Research On-Line Defect Detection System for Printed-Matter Based on Image Processing[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(12): 64-66.
- [4] Jung K. Text Information Extraction in Images and Video: A Survey[J]. Pattern Recognition, 2004, 37(5): 977-997.
- [5] Nikolaou N, Badekas E, Papamarkos N, et al. Text Localization in Color Documents[C]// International Conference on Computer Vision Theory and Applications. Setubal: Portugal Springer Press, 2006: 181-188.
- [6] Ye Q, Jiao J, Huang J, et al. Text Detection and Restoration in Natural Scene Images[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2007, 18(6): 504-513.
- [7] 韩彦芳, 施鹏飞. 基于数字图像处理的表面缺陷检测技术[J]. 测控技术, 2005, 24(9): 15-18.  
Han Yanfang, Shi Pengfei. Surface Defect Detection Based on Image Processing Techniques[J]. Measurement & Control Technology, 2005, 24(9): 15-18.
- [8] 陈斌. 基于机器视觉技术的印刷质量在线检测关键技术研究[D]. 成都: 中国科学院成都计算机应用研究所, 2005.  
Chen Bin. Research of Key Points in Print Inspection Systems Based on Machine Vision Technology[D]. Chengdu: Chengdu Institute of Computer Applications, Chinese Academy of Sciences, 2005.

(责任编辑: 徐海燕)