

## 四色套印偏差视觉检测系统软件设计与实现

董南萍, 于丽杰, 高宗余

(北京联合大学 自动化学院, 北京 100101)

**摘要:** 针对计算机视觉自动检测和彩色套印偏差检测的特点与要求, 分析了彩色套印偏差视觉检测系统软件的功能和结构, 以及套印标志图像的分割方法, 在 VC++ 开发环境下, 采用面向对象的软件开发方法设计了软件系统。程序设计了自动检测和手动检测 2 种工作方式, 将检测数据存储到数据库, 并可以计算生成报表打印输出。配合相应的硬件, 该软件可以较好地解决彩色套印偏差自动检测的问题, 并已应用于印刷机套印精度的检测, 大大地提高了检测效率。

**关键词:** 套印偏差; 视觉检测; 软件设计

**中图分类号:** TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0108-05

## Software Design and Realization of Four Colors Overprint Deviation Vision Inspection System

DONG Nan-ping, YU Li-jie, GAO Zong-yu

(College of Automation, Beijing Union University, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The software structure and function of color overprint deviation vision inspection system and register marks image segmentation algorithm was analyzed according to the characteristics and demands computer vision automatic inspection and color overprint deviation inspection. The software was developed using object-oriented method under VC++ development environment. Automatic and manual detection modes were designed; the tested data were stored in the database; and report forms were generated and printed. The software solves the color overprint deviation inspection problem and has been used in overprint precision detection, which greatly improves detection efficiency.

**Key words:** overprint deviation; vision inspection; software design

套印偏差是印刷过程中的一个重要参数, 其准确性直接影响印刷质量。为了检测套印偏差, 通常在每一底色旁边设计专用的估计套印偏差的测量标记(如带十字线的圆)<sup>[1]</sup>。目前, 国内常用的四色胶印机一般采用叠印式套印标记, 套印偏差的检测主要采用离线人工方式, 通过放大镜对印刷品边缘的套印标记进行观察, 估计套印偏差大小, 然后根据经验调整套准机构, 检测精度和速度取决于工人的经验<sup>[2-3]</sup>。随着印刷技术水平的提高, 现代印刷机正在向高质量、高精度、高速度和高自动化方向发展, 以往人工检测套印偏差的方法已不能满足需要, 因此, 研究套印偏差的快速、准确自动检测及实时调整控制, 是保证印品

质量、提高印刷机的自动化水平的重要措施。

图案模式的快速辨识和颜色的快速辨识等视觉检测问题, 肉眼根本无法连续稳定地做到, 其他物理量传感器也难有用武之地。相比较而言, 机器视觉检测技术成为套印偏差检测的必然发展趋势, 例如文献[4-5]研究了基于图象处理的套印误差检测方法, 文献[6-7]中研究了叠印式套印标记的套印偏差检测方法, 并给出配套的系统软件的设计方法, 拓宽视觉检测技术的应用范围。

**收稿日期:** 2011-12-02

**基金项目:** 北京市属高等学校人才强教计划资助项目(PHR201008320, PHR201106149); 北京联合大学校级科研项目(zk200923x)

**作者简介:** 董南萍(1964-), 女, 湖南临澧人, 北京联合大学教授, 主要研究领域为计算机网络、软件设计。

**通讯作者:** 于丽杰(1970-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士, 北京联合大学副教授, 主要研究领域为计算机视觉、人工智能。

## 1 视觉检测系统组成及工作过程

为了实现彩色胶印机套印偏差自动检测,自行设计了基于视觉检测技术的套印偏差离线检测系统的样机。系统主要由3部分组成:工作台和图像采集系统(包括 CCD 摄像机、镜头、光源、计算机)以及视觉检测软件系统。系统选用大恒 DH-HV2000 数字摄像机、环形光源以及日本 Computar 公司 MLM-3XMP 可调焦镜头组成图像采集部分,摄像机通过 USB 总线与计算机通信。

检测时,将印刷页面置于工作台上,通过手动调整摄像机位置,获取页面不同位置上的套印标志图像。系统可以通过 LED 光源的电源调整,实现照明光源光照强度的调整,并进行 Z 轴调焦,CCD 摄像机将被测物体(彩色套印标志)在光的照射下所反映的信息记录下来,同时合成完整的数字图像信号,输入计算机,进行数字图像分析和处理,计算出4种彩色套印偏差的实际偏离值。之后,把检测得到的套印偏差数据统计分析,进行印刷机工况结果判定,并把数据结果记录到数据库中,显示输出套印偏差检测数据和判定结果。

## 2 系统软件工作流程及功能模块

软件通过图像采集系统来采集待检测印刷品的图像,进行图像分析处理,处理过程包括图像分色、图像分割、边缘提取。对于单张的印刷品,本软件的工作流程见图1。

根据软件的需求,将软件分为8个功能模块,包括:图像采集及显示模块、摄像机参数标定模块、光源调整模块、套准识别模块、图像处理模块、数据存储模块、打印报表模块以及用户管理模块等。

## 3 色标分割及边缘提取

软件用到的图像处理方法主要有:彩色图像分割、直线边缘提取等。

### 3.1 色标分割

从图像采集系统采集的彩色图像为24位真彩色图像,由红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色组成,R,G,B三基色间存在很强的相关性,改变任一分量都会导致

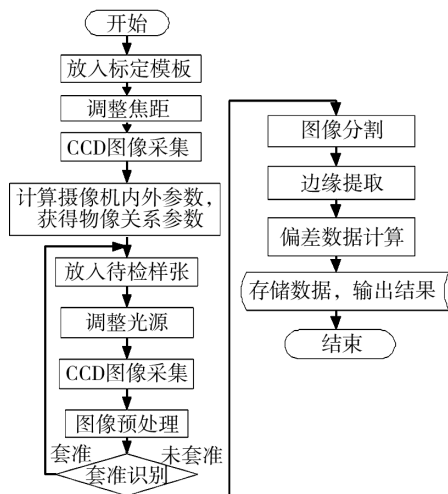


图1 套印偏差检测工作流程

Fig. 1 The flow chart of overprint deviation detection

颜色的失真与偏离<sup>[8]</sup>,图像处理时通常从相关性强的RGB色彩空间转换到相关性不强的色彩空间。选择HSI色彩空间作为彩色图像处理的模型。在HSI色彩空间,H,S,I3个分量是相互独立的,I分量与图像彩色信息无关,H和S分量通常通称为色度,表示颜色的类别与深浅程度。HSI模型各分量可以根据下面公式<sup>[8]</sup>计算得到:

$$H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 360 - \theta, & B > G \end{cases} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] \quad (2)$$

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B) \quad (3)$$

其中:

$$\theta = \arccos \frac{[(R-G) + (R-B)]/2}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}}$$

CMYK四原色是印刷色彩模式,四原色相互叠加能够产生其他颜色,如青色和黄色叠加产生绿色,青色和品红叠加产生蓝色等等。由图2可知,叠印式套色标志可分为以下几种情况:(1)完全未重叠的部分,包括Y(黄色),C(青色),M(品红);(2)两两交错的部分,包括G(绿色,由Y与C交叠而成),B(蓝色,由C与M交叠而成),R(红色,由M与Y交叠而成);(3)3个套色标记交叠的部分,这部分理论上是黑色。从以上分析看,套印标志图像的颜色种类包括:黑色、青色、黄色、品红、红色、绿色以及蓝色共7种颜色。与其他丰富颜色信息的彩色相比,套印标志图像的场景简单,图像中的目标和背景有各自的颜色,容易区

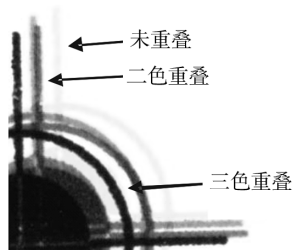


图2 样本重叠类型

Fig. 2 The overlap type of sample

分,因此本系统软件根据套印标志的颜色特征进行图像分割。在HSI颜色空间,像素的颜色由 $H, S, I$ 等3个分量组成,它们的值构成描述像素颜色的向量 $C_k$ , $k$ 为像素编号, $C_k = [C_{kH}, C_{kS}, C_{kI}]^T$ , $C_{kH}, C_{kS}, C_{kI}$ 表示图像的第 $k$ 个像素点的 $H, S, I$ 分量的值。理想状况下常见颜色的HIS的分量值见表1。

表1 常见颜色的描述方法(归一化数值)

Tab. 1 Common colors description method (Normalized value)

	$H$	$S$	$I$
R(红)(1,0,0)	0	1	0.333
Y(黄)(1,1,0)	0.167	1	0.667
G(绿)(0,1,0)	0.334	1	0.333
Cy(青)(0,1,1)	0.5	1	0.666
B(蓝)(0,1,1)	0.667	1	0.333
Mg(品红)(1,0,1)	0.833	1	0.667
黑(0,0,0)	-	0	0
白(1,1,1)	-	0	1

实际采集的套印标志图像由于受光照、摄像机和印刷油墨的影响,各像素的值会有变化,以理想数值为中心波动,通过实验观察,设定 $H, S, I$ 三个分量的阈值: $T_{kS} = 0.2, T_{kH} = 0.085, T_{kI} = 0.2$ 。

白色像素属于背景像素,满足: $C_{kI} = 1, C_{kS} = 0$ ;黑色像素理论上应该满足条件 $C_{kI} = 0, C_{kS} = 0$ ,但是黑色的效果与印刷的着墨效果有关,着墨效果好,其黑色比较纯正,其灰度分量 $I$ 很小,有时着墨较少,或者拍摄时光线较强等因素,导致灰度分量 $I$ 较大,在满足 $C_{kI} < T_{kI}$ 时就作为黑色像素处理。

青色像素满足条件: $C_{kH} - 0.5 \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.667 \pm T_{kI}$ 。

品红像素满足条件: $C_{kH} - 0.833 \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.667 \pm T_{kI}$ 。

黄色像素满足条件: $C_{kH} - 0.167 \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.667 \pm T_{kI}$ 。

红色是品红和黄色叠加的结果,红色像素归入红色像素群和黄色像素群,满足条件: $C_{kH} \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.333 \pm T_{kI}$ 。

绿色是青色和黄色叠加的结果,绿色像素归入青色像素群和黄色像素群,满足条件: $C_{kH} - 0.334 \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.333 \pm T_{kI}$ 。

蓝色是青色和品红叠加的结果,蓝色像素归入青色像素群和品红像素群,满足条件: $C_{kH} - 0.667 \leq T_{kH}, C_{kS} > 1 - T_{kS}, C_{kI} = 0.333 \pm T_{kI}$ 。

若像素颜色值不满足以上任何条件,作为特殊颜色处理。以上分割使用的阈值可根据实验系统的情况进行微调。因此,系统的基于目标特征的彩色阈值分割详细算法流程见图3。套印标志图像的分割结果见图4。

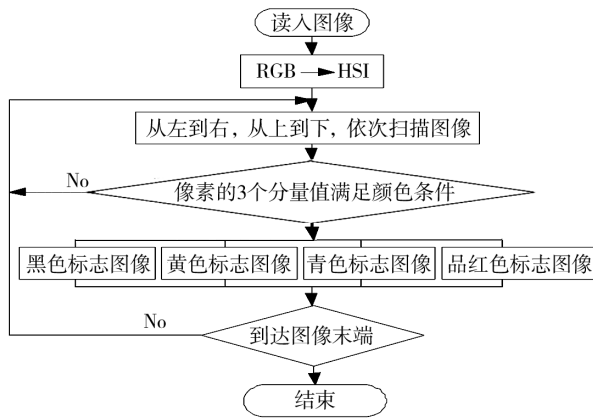


图3 基于目标特征的阈值分割算法流程

Fig. 3 The flow chart of threshold segmentation algorithm based on objective characteristics

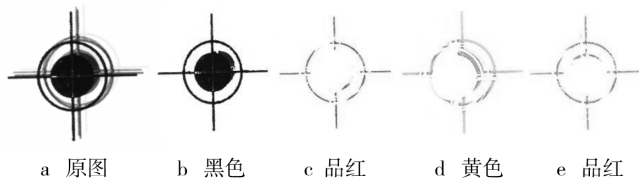


图4 真实标记分割结果

Fig. 4 The segmenting result of real register marks

### 3.2 直线边缘拟合

经过彩色图像分割后,套印标记的图像分割成只有单一色标的图像,图像中目标和背景都只有单一的颜色,可以直接转换为灰度图像进行处理。在此基础上,采用Canny算法进行边缘提取。

图像中的套印标志是圆和具有一定宽度的直线相交形成的,直线型边缘点具有如此的特征:(1)垂直边缘方向的像素梯度值变化迅速;(2)沿着边缘方向的像素梯度值变化缓慢;(3)同一条直线上像素点的梯度方向基本相同;(4)标识两侧边缘的梯度方向相反。

经过了 Canny 算法提取边缘后,图像中的每个像素点都具有了相应的梯度矢量方向,根据梯度方向设定阈值,将像素点划分为左侧、右侧、上侧和下侧边缘像素点集合,并可剔出圆形标记边缘像素点,形成直线边缘像素点的集合。在每个边缘像素点集合内,采用最小二乘法拟合方法,将相关离散点拟合成为直线。原色标志的多条边缘直线确定后,可以计算图像中轴向和周向的套印偏差,通过视觉标定转化为物空间中的套印偏差。

## 4 软件实现结果

### 4.1 软件工作主界面

系统软件是在 VC++6.0 开发平台上开发设计的,系统软件的工作主界面见图 5,右侧为控制面板,

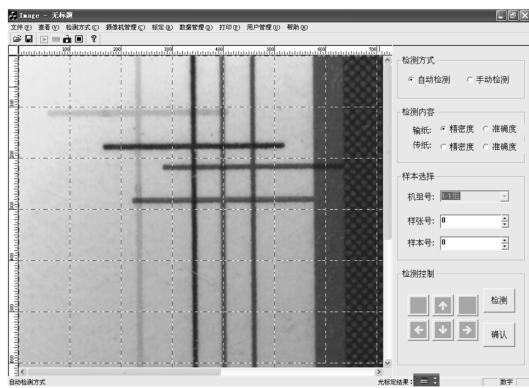


图 5 系统软件的工作主界面

Fig. 5 The software interface of the overprint deviation inspection system

包括检测方式选择、检测内容、检测样本选择,以及手动检测时检测标志线位置调整按钮等检测控制内容。左侧为图像显示区域,可以实时显示检测图像,在标定和测量时显示图像的处理结果。窗口左下角的状态栏可以实时显示图像测量数据,右下角的状态栏在光照强度调整优化时可实时显示光照强度标定数值,便于在检测过程中观察测量数据。工具栏的图形化命令按钮可以方便地控制摄像机工作。

### 4.2 软件的工作方式

根据需要,软件系统设计了手动检测和自动检测 2 种工作方式。手动检测为人工交互形式,在套印标记图像中通过鼠标移动“十字线”检测线图标选择特征点,也可以通过右侧控制面板的微调按钮微调“十字线”图标的位置,并可以调整控制“十字线”旋转角度。窗口的上面和左边可显示水平标尺和垂直标尺作为参照,在标尺上会有对应到当前鼠标位置的 2 条线来显示鼠标的当前位置坐标,通过肉眼观察标尺可直接观察到检测结果。手工检测方式适用于多种不同类型的套印标志的测量,测量精度取决于 CCD 图像传感器的分辨率以及人员操作的定位精度。自动检测是本系统的主要检测方式,图像采集后,一键测量,结果显示在测量环境中,不受操作人员的影响,测量精度取决于摄像机标定精度、特征点提取精度、CCD 图像传感器的分辨率等因素,计算速度与计算机性能直接相关。

### 4.3 报表显示输出

胶印机性能的评价参数主要包括输纸套准准确度、输纸套准精密度、传纸套准准确度、传纸套准精密度 4 个参数,是在连续印刷的 500 张印样中随机抽取 100 张印刷样张作为样本,分别测量每个样张上 8 个位置的套印标记作为样本点,取样本点同侧边宽度值,采用式(1),计算各颜色的套印精度,胶印机的输纸精密度为相应样本套印精密度的最大值,即取 8 个位置点计算结果中的最大值,作为胶印机的输纸精密度。

$$\delta_{kn} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (d_{kni} - \bar{d}_{kni})^2} \quad (1)$$

式中: $\bar{d}_{kni} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_{kni}$ ,  $d_{kni}$  为十字线同侧边距离; $i$  为样张顺序( $i = 1, 2, \dots, m$ );  $m$  为样张总数; $k$  为叠印(套印)十字线位置序号( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ );  $n$  为色数。

系统检测采用离线方式,将印刷机的印刷样品置于检测平台,通过人工操作依次检测样本,检测系统工作见图 6,检测系统软件运行在普通 P4, 2.8 G 台式计算机上,完成一个标记的检测计算时间是 1.6 ms。检测过程中,软件将各样本点检测的套印偏差数据存储于数据库表中,待所有样本检测完成后统计生成打印报表,可用于印刷机出厂性能评价,也可以单独输出每个样本点检测的详细数据。

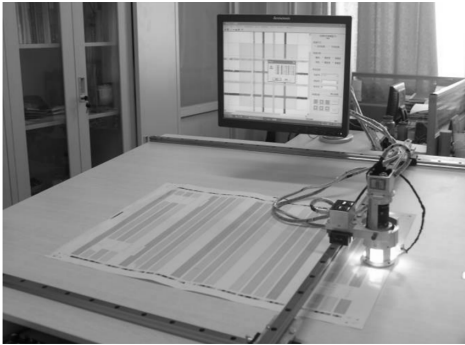


图6 检测系统工作示意图

Fig.6 The prototype machine of vision detection system

## 5 结论

研究了四色叠印套印标记图像的分割方法及系统软件的设计方法,软件的所有功能均在 VC++ 环境下实现并调试完成,解决了常见的 CMYK 四色叠印标记胶印机的套印偏差自动检测问题,拓宽了视觉检测技术的应用范围。实践应用表明:配合相应的硬件系统,该检测误差较小,满足彩色印刷机出厂时套印精度检测的需求。系统软件使用简单,操作方便,已经应用于北人集团印刷机套印偏差的检测。

### 参考文献:

- [1] SHIWEN G, WENHE L, YU G, et al. Manufacturing Resource Planning Technology Based on Genetic Programming Simulation[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2009, 22(2): 177-183.
- [2] 孙园园, 陈长纓. 彩色印刷套印误差检测系统的设计与实现[J]. 陕西科技大学学报, 2010, 28(2): 100-103.
- SUN Yuan-yuan, CHEN Chang-ying. Design and Implementation of Photoelectric System for Detecting Overprint Deviation in Color Printing[J]. Journal of Shanxi University of

Science & Technology, 2010, 28(2): 100-103.

- [3] 谢志萍. 基于 PLC 与图像联合控制的印刷套准系统关键技术研究[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 71-73.
- XIE Zhi-ping. Study of Key Technologies of Printing Register System Based on PLC and Image Joint Control[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 71-73.
- [4] 王梅, 李克天, 赵荣丽. 印刷自动套准偏差检测软件的主要技术问题分析[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 122-124.
- WANG Mei, LI Ke-tian, ZHAO Rong-li. Analysis of the Main Technical Problems in Automatic Registering Deviation Detection Software[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12): 122-124.
- [5] 赵明炎, 徐艳芳, 王瑜. 基于数字图像处理的套印误差检测方法[J]. 北京印刷学院学报, 2009, 17(2): 1-4.
- ZHAO Ming-yan, XU Yan-fang, WANG Yu. A Method for Detecting Register Error Based on Digital Image Process[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2009, 17(2): 1-4.
- [6] 于丽杰, 李德胜. 彩色套印偏差检测中的图像处理技术研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(11): 190-195.
- YU Li-jie, LI De-sheng. Application of Image Processing in Detection of Overprint Deviation in Color Printing[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(11): 190-195.
- [7] 于丽杰, 李德胜. 彩色印刷套准识别方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(5): 163-165.
- YU Li-jie, LI De-sheng. Study on Identifying Register State of Color Printing[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(5): 163-165.
- [8] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 第2版. 北京: 北京电子工业出版社, 2005.
- GONZALEZ R C. Digital Image Processing[M]. 2ed Edition. Beijing: Beijing Electron Industry Press, 2005.

(上接第 56 页)

- [16] NERIN C, RUBIO C, CACHO J, et al. Separation of Polymer and On-line Determination of Several Antioxidants and UV Stabilizers by Coupling Size-exclusion and Normal-phase High-performance Liquid Chromatography Columns[J]. J Chromatogr A, 1995, 690(2): 230-236.
- [17] HARPER M. Sorbent Trapping of Volatile Organic Compounds from Air[J]. J Chromatogr A, 2000, 885(1-2): 129-151.

- [18] NERIN C, ACOSTA D. Behavior of Some Solid Food Simulants in Contact with Several Plastics Used in Microwave Ovens[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(25): 7488-7492.
- [19] EU Project CT 98-4318, Programme on the Recyclability of Food Packaging Materials with Respect to Food Safety Considerations - Polyethylene Terephthalate (PET), Paper and Board and Plastic Covered by Functional Barriers[S].