

机器视觉在印刷缺陷在线检测中的应用与研究^①

徐浪¹, 曾忠^{1,2}, 刘金赞¹, 王晓军¹

¹(上海理工大学机械工程学院, 上海 200093)

²(上海出版印刷高等专科学校, 上海 200093)

摘要: 为了提高印刷缺陷检测准确性与效率, 满足缺陷检测的实时性, 提出了机器视觉技术应用于印刷缺陷在线检测并研究检测过程中的相关问题. 设计印刷缺陷在线检测的方案及以数字信号处理器 DSP 为核心的视觉在线检测系统的硬件结构组成. 研究图像预处理、图像匹配与缺陷检测的算法并加以改进使其满足缺陷检测的实时性. 开发印刷品缺陷视觉检测软件, 对缺陷检测流程进行仿真, 验证检测方案与图像处理算法的可行性.

关键词: 机器视觉; 印刷; 图像处理; 缺陷检测; 数字信号处理器 DSP

Application and Research of Machine Vision on On-line Inspection for Printed Defect

XU Lang¹, ZENG Zhong^{1,2}, LIU Jin-Zan¹, WANG Xiao-Jun¹

¹(School of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

²(Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of inspection for printed defect and meet the real-time requirement for printed defect inspection, the article is proposed to application of machine vision on on-line inspection for defect and studies related problems. The article designs the program of on-line inspection for printed defect and visual on-line inspection system of the hardware components based on DSP. The article also studies algorithm of image pre-processing, image processing and image registration. We improve these algorithms to meet the real-time requirement for printed defect inspection. We design the software named printed defect machine vision system. It proves that the inspection program and algorithm of image processing is feasible through simulating process of defect inspection.

Key words: machine vision; printing; image processing; defect inspection; DSP

检测技术是现在印刷业重要的技术之一, 是保证印刷产品质量的重要手段. 在印刷过程中受印刷设备、印刷工艺、印刷材料等因素影响, 印刷品常常会出现套印不准、飞墨、刮伤、粘脏、起皱、污点等印刷缺陷^[1-4]. 当今, 国内检测印刷品缺陷的方式主要是人工随机抽样离线检测, 印刷品质量受人的主观判断影响较大, 很难保证印刷产品的准确性与一致性. 离线检测时间长, 印刷缺陷得不到及时纠正, 而且现代印刷机速度快, 造成了印刷材料浪费, 生产效率大大降低. 在包装印刷行业中, 人们对包装印刷品质量要求越来越高, 且包装印刷品存在周期短印刷量大, 在这种情况下, 急需一种在线的印刷缺陷检测系统.

机器视觉检测技术随着计算机技术与图像处理技术的发展已日渐成熟, 具有快速获取大量信息, 易于快速自动化处理信息、易于加工控制信息集成等特点很好地适应和满足了印刷品缺陷在线检测的要求. 机器视觉检测技术就是通过计算机来模拟人的视觉功能, 在机器加上“眼睛”, 通过这个“眼睛”获取对象的图像信息, 提取有用信息对其进行分析处理, 并依据规则做出判定, 完成质量检测^[5]. 视觉检测技术在印刷品缺陷检测的应用, 提高了印刷自动化程度和印刷品的质量, 大大降低了检测成本, 加快了生产速度和提高了生产效率. 为了保证印刷品缺陷检测的实时性, 本文利用机器视觉检测技术设计了印刷品缺陷在

① 收稿时间:2012-08-15;收到修改稿时间:2012-09-19

线检测系统,并研究了印刷图像缺陷检测方法。

1 视觉检测系统硬件的设计

印刷品缺陷在线检测要求准确识别与判定印刷过程中出现的印刷缺陷,将缺陷检测信息及时反馈到印刷机的控制单元并发出警报,实现印刷过程实时控制与监测。因此印刷品图像处理速度成为在线检测实时性的关键因素,要求实时图像处理系统具有很高的运算能力,所以这里笔者采用基于数字信号处理器 DSP 为核心的视觉检测系统,其硬件结构如图 1:

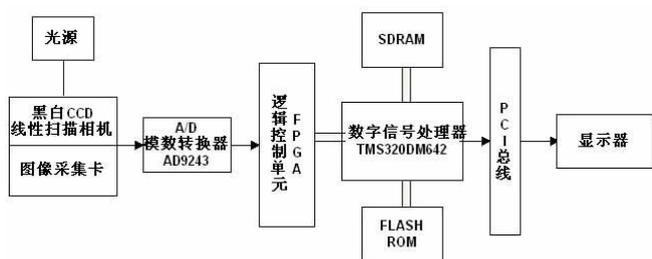


图 1 在线视觉检测系统的硬件结构

在印刷品缺陷线视觉检测系统主要由图像采集,逻辑控制单元,图像处理,图像传输,图像显示五个大部分组成。

1.1 图像采集

光源、黑白 CCD 相机、图像采集卡和 A/D 模数转换器组成图像采集部分。本文仅对印刷品中的套印不准、飞墨、刮伤、粘脏、起皱、污点等印刷缺陷的检测,为了快速采集实时图像,系统采用 DALSA 公司的 Spyder 3 系列 S3-20-02K40-00-R 高速黑白线性扫描相机,与 MV-M2000 高分辨率高速黑白图像采集卡。黑白 CCD 线性扫描相机与图像采集卡采集的模拟图像信号经 A/D 模数转换器转换为数字图像信号,FPGA 控制 A/D 模数转换器读写时序,将数字图像存入双端口静态存储器 SRAM 中^[6]。由于采用了黑白 CCD 相机,图像信息量小,提高了信息传输速度,且不影响缺陷检测结果,有利于图像处理与计算的准确性。

1.2 图像处理

系统采用 TI 公司的 TMS320DM642DSP 芯片,具有极强的处理性能,高度的灵活性和可编程性,针对视频和图像处理领域应用的高性能定点处理器芯片。此芯片应用了高性能 32 位定点 DSP 主频可达到 600MHZ,高速同步存储 SDRAM(32MB),存储空间与

存取速度得到了较大的保证,主频完全达到黑白 CCD 相机与图像采集卡采集图像的参数要求,满足了图像处理的实时性。数字信号处理器 DSP 采用了哈佛总线结构(指令和数据有各自的存储空间,寻址或存取数据、指令有各自的传输总线)使得各条指令的执行可以重叠^[7];提高处理器的时钟速度与采用并行处理与流水线处理的方式,保证数据传输的实时性。

在 DSP 处理器中主要完成数字图像读取、处理和输出。FPGA 控制帧存地址信号与读写控制信号。由 TMS320DM642DSP 芯片内部 CPU 访问同步动态存储器 SDRAM 中的图像,取出图像信息进行处理,处理结果经 PCI 接口通过 PCI 总线输出。图像处理程序及算法和标准图像信息均存储于 FLASHROM 中。

2 视觉检测系统的整体方案设计

印刷缺陷在线视觉检测系统首先需要采集多幅印刷品图像,制作标准模板图像,预先将其输入计算机中。标准图像与被检测印刷品图像经过图像预处理,图像配准,之后通过缺陷检测算法检测出印刷品缺陷,再对缺陷分析、判断和识别,输出缺陷结果。系统整体设计方案如图 2:

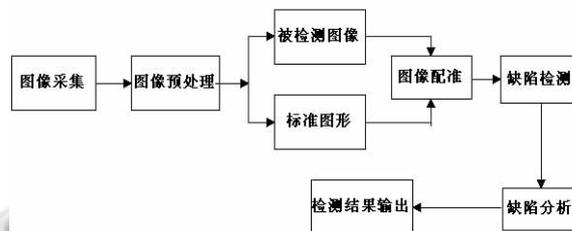


图 2 在线视觉检测系统整体方案

2.1 图像预处理

印刷图片在扫描过程中可能会受到光照不均,扫描精度不高和传输等因素影响过会产生各种噪声,使得图像质量不佳,图像模糊,特征不全,不便于后续处理,不利于图像分析。噪声也是影响被检测图像与标准图像定位与比较结果的重要因素,因此被检测图像与标准图像采用相同的图像预处理方式。

滤除以上噪声,可以改善印刷图像的质量,鉴于印刷品图像的特征采用中值滤波进行图像平滑处理。中值滤波思路是采用一个含有奇数点的滑动窗口,窗口中各点灰度的中值来代替指定点的灰度值,一种非线性信号处理方法克服了线性滤波带来的图像细节模

糊, 更适合于消除扫描图像的噪声. 选择 $(2n+1)(2n+1)$ 大小的窗口, 将其内像素灰度值排序, 生成二维数据序列 $f(i,j)$, 二维中值滤波结果由公式表示为:

$$y_{ij} = Medf(i, j)^{[8]}$$

但是中值滤波在保护图像细节方面存在不足, 会将飞墨等点状的缺陷去除, 为了得到较好的滤波效果往往取较大的 n 值, 大窗口内像素灰度值排序比较费时, 不利于图像的快速处理. 在数字图像中大部分区域像素值相同或是相近, 这些像素在量化过程中处于同一量化等级, 像素值发生较大变化只是在一些过渡区域, 所以改进中值滤波算法, 采用加权中值滤波算法. 选取窗口横向向右移动一个像素, 左边有新的一列像素移入, 右边有一列像素移出, 其余像素值不变, 影响当前像素的值就只有移出移入两列像素. 采用 5×5 的窗口向右移动一个像素的距离, 最右一列移出, 最左一列移入新的像素. 移入新的像素灰度值 a,b,c,d,f , 移出原有像素值 i,j,k,m,n , 判断 $a=i,b=j,c=k,d=m,f=n$ 同时满足条件, 则输出原有的中值, 如果不满足则按照中值滤波算法用新的中值代替原有的中值, 求出窗口内所有像素新值, 然后对新值进行排序得到新的中值, 对新的中值进行加权所得值赋给中心点, 重复上述步骤, 进入下一轮.

改进后的算法, 只是在原有的算法上多加了一步判断与加权, 对图像的处理速度影响不大. 采用 5×5 窗口对被检测图像与标准图像进行去噪处理, 既可以避免被检测图像中的飞墨等点状缺陷被去除, 还可以保持原有图像清晰轮廓和有效快速地除去图像噪声. 图 3 为标准图像与被检测图像经过 5×5 的窗口加权中值滤波后的图像.

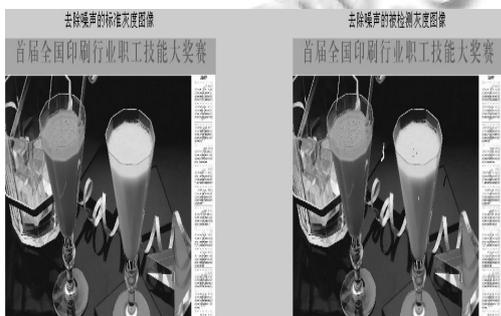


图 3 去除噪声图像

2.2 图像配准

在印刷过程中, 印刷纸张由前规与侧规定位后交

于递纸牙, 经过橡皮布滚筒与压印滚筒对压完成一次印刷, 然后印刷纸张进入下一色组, 在印刷色组之间递纸牙传递纸张的定位精度非常高. 在此过程中纸张发生旋转、倾斜的可能性非常低, CCD 线性扫描相机采集实时图像只有左右和上下存在少量偏移, 因此在图像配准时不需要考虑图像旋转与倾斜问题, 减少了图像配准算法计算量.

在印刷最后一色序的印版固定位置制作具有阶调变化长边为 10mm 和宽边为 2mm 的十字标记模板图像如图 4, 十字模板图像必须在裁切线之外的区域. 利用灰度值的模板匹配方式来定位目标图像, 然后利用十字图像完成整幅图像的匹配, 这种小模板匹配方式克服了两幅图像直接匹配计算量大, 无法满足实时检测的问题.

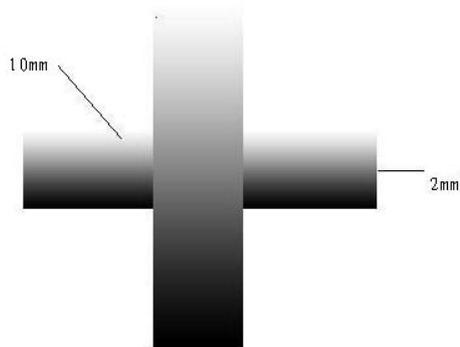


图 4 十字标记

标准图像的十字标记模板图像在实时图像的一定区域搜索, 模板的十字标记与实时图像十字标记对应像素点灰度值相同或者在一定的阈值范围内, 则两个十字标记图形匹配成功, 以其为基准, 完成标准图像与实时图像的配准. 为了提高配准的速度与效率, 在此十字标记模板的配准的基础上, 进一步改进匹配算法. 第一, 十字标记在图像的固定位置且实时图像只存在少量的上下左右偏移, 将搜索区域固定在一定的范围内. 这样缩减了在整幅图像区域内搜索十字标记所消耗的时间. 第二, 两幅图像十字标记区域内像素点灰度值有阶调变化, 选取对应十字标记八个顶点、两个矩形相交的四个点和十字标记的中心点为配准点, 十字模板图像配准时, 这十三个具有阶调变化且空间位置不同的对应像素点同时满足灰度值相同说明十字标记匹配已经完成. 算法改进后, 减少了实时图像与标准图像匹配的时间, 既满足了实时性的要求又

不影响配准的准确度。

2.3 图像缺陷检测

被检测图像与标准图像配准以后,通过两幅图像对比检测出图像的缺陷,用被检测图像减去标准图像,即是两幅图像对应的像素点进行做差,称为图像的减影技术.标准图像 $T(i,j)$,被检测图像 $S(i,j)$,通过减影技术得到的差影图像 $D(i,j)$,公式为:

$$D(i,j) = S(i,j) - T(i,j)^{[9]}$$

图像差分操作可以快速检测范围较大的缺陷区域,也可以检测像素点间的偏差.通过差影技术得到的缺陷图像,如图 5:



图 5 缺陷图像

2.4 图像二值化

图像二值化就是将图像变成一幅黑和白像素点组成的黑白图,减少图像处理的信息量,便于图像分析,保证实时性.图像进行差分操作以后转化为二值图像.首先对图像进行灰度值统计,灰度直方图的谷底作为阈值 T ,判断 $f(x,y) \geq T$? 如果 $f(x,y) \geq T$ 则 $f(x,y)=1$,像素点是白的;如果 $f(x,y) < T$ 则 $f(x,y)=0^{[10]}$,像素点是黑的,然后将新的像素点写回对应的原来的位置,就得到了二值化图像.图 6 白色区域即为检测出的印刷缺陷.



图 6 二值化图像

3 缺陷检测流程仿真

基于 VB 和 matlab 平台开发一软件仿真缺陷检测流程及图像匹配与图像处理算法,检测系统主要有图像采集模块、图像检测模块与缺陷图像分析组成.图像采集模块是控制相机处于合适的位置对印刷品进行扫描然后将数字图像保存在计算机中.图像检测模块主要包括灰度图像,图像平滑,图像配准、图像对比、图像二值化.缺陷图像分析模块是将缺陷图像检测结果进行分析统计,保存缺陷图像,统计分析数据通过 word 文档导出.系统界面如图 7:



图 7 系统界面

3.1 图像采集

单击“图像采集”按钮,如图 8.



图 8 图像采集界面

调用 VB 中函数来控制 X,Y,Z 方向三个方向的电机实现相机移动,在三个方向输入相机移动速度,使相机处于合适位置,然后“启动相机”按钮,开始分别对标准图像与被检测图像拍照,停止相机后,系统自动将照片保存在系统中.然后检测系统对标准图像与被检测图像进行配准.

3.2 图像检测

点击“图像检测”按钮，进入图像检测界面。导入标准图像和检测图像，在“缺陷区域面积”中输入参数，大于这个参数认为是缺陷，小于这个参数的被检测出缺陷的区域不认为是缺陷，如输入 30 个像素，在“缺陷区域个数输入”参数，如输入 3 个，表示是该图像中缺陷大于 30 个像素面积有 3 个或 3 个以上区域，系统发出信息产品不合格。“最大缺陷区域面积”输入参数，如输入 300，表示如果有一个或者多个缺陷面积超过 300 个像素，缺陷面积太大认为产品不合格。

点击“进行图像检测”按钮，开始检测，图 9 缺陷图像中白色区域是缺陷区域。



图 9 图像检测界面

3.3 缺陷图像分析

单击“缺陷图像分析”按钮，分析数据由 word 文档导出，如图 10。检测结果为总缺陷区域为 118 个，有效区域数为 9 个，因为在图像检测模块缺陷区域设置的数值是 3，有效区域数是 9 大于 3，图像检测结果为不合格。

检测图像名称	总缺陷区域数	有效缺陷区域数	是否合格	检测时间
被检测图像1.JPG	118	9	否	2012/02/22 21:04

图 10 检测数据

4 结论

通过实验仿真表明检测方案的可行性。机器视觉在线检测印刷品中出现的粘脏、污点、起皱、漏印、刮伤等缺陷具有很强理论与实用价值。随着高性能硬件的出现与优化检测算法，进一步提高检测的速度，更好的满足缺陷检测的实时性要求，视觉检测技术会在印刷缺陷检测领域越来越得到大量的应用。

参考文献

- 1 朱正为.印刷质量检测系统的研究与开发.昆明:昆明理工大学,2007,1-2.
- 2 张立凡.基于机器视觉的图文印刷缺陷检测研究.北京:北京印刷学院,2010,2-3.
- 3 薛延学,张二虎,吴学毅.基于计算机视觉的印刷包装品缺陷检测系统.包装工程,2004,25(5):185.
- 4 华新星.基于线阵 CCD 的印刷品缺陷在线检测方法研究.哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006. 2-3.
- 5 陈跃飞,王恒迪,邓四二.机器视觉检测技术中轴承的定位算法.轴承,2010(4):54-56.
- 6 韩阳.DSP 芯片在高性能图像处理技术中的应用研究.科技创新导报,2012(1):10-11.
- 7 赵俊梅,林祥德.DSP 芯片在数字图像处理中的应用.滁州学院学报,2008,10(3):55-56.
- 8 杨帆,等.数字图像处理与分析.北京:北京航空航天大学出版社,2007.79-80.
- 9 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.包装工程,2005,26(6):65-66.
- 10 王家文等.Matlab7.6 图形图像处理.北京:国防工业出版社 2009,150-152.