

应用于机器视觉的图像自动比对算法研究*

李志军,傅蓉浣

(轻工业自动化研究所,浙江 杭州 310015)

摘 要:针对当前印刷行业中使用的机器视觉设备,采用美国 TI 公司的 TMS320DM642 专用图像处理芯片,通过标准图像建模,并调用优化的图像自动比对算法软件,实现了对印刷业中的飞墨、漏印、污迹等常见缺陷的监测。研究表明,该技术在提高机器视觉设备的智能化程度方面具有广泛的应用前景。

关键词:DM642;标准图像建模;程序优化;图像自动比对

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2009)07-0053-04

Research of automatic image contrasting algorithm applied in machine vision systems

Li Zhi-jun, FU Rong-huan

(Research Institute for Automation of Light Industry, Hangzhou 310015, China)

Abstract: Aiming at the machine vision facilities in the current printing industry, the special image processing chip based upon TMS320DM642 of TI Company USA was applied to monitor the common defects in printing industry, such as misting, skipping, and smudge, with standard image modeling and optimized automatic image contrasting algorithm software. The result of the research shows that the technique has extensive use in intelligitizing machine version system.

Key words: DM642; standard image modeling; program optimization; automatic image contrasting

0 引 言

印刷机在高速印刷时,图像检测一直是图像处理中的难点,由于印刷图像移动快,人眼无法对印刷质量(如飞墨、漏印、污迹等)做出及时准确的判断,造成了印刷材料的大量浪费。印刷品的质量检测技术经历了从完全依靠主观检测到基于一些理论的客观检测、从离线检测到在线检测的发展阶段。

基于 Windows CE 及 DSP 软、硬件相结合的平台,本研究采用图像锐化的软件设计算法,在满足计算量小、实现简单、处理速度快的前提下,借助于 TMS320DM642 处理芯片^[1-2],对印刷行业中使用的机器设备增加智能化的印刷质量实时监测功能。解决机器视觉设备对印刷过程进行实时抓拍中的瑕疵和缺陷等问题,并有效地实现印刷过程中印刷质量的在线检测。

1 系统简介

1.1 系统框架图

系统框架图,如图 1 所示。

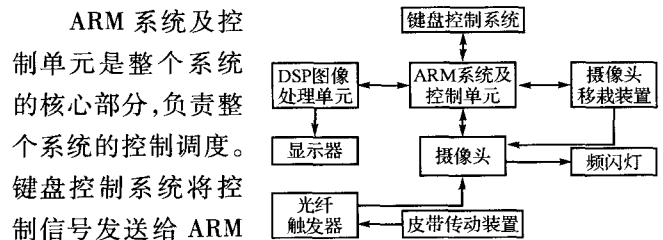


图 1 系统框架图

ARM 系统及控制单元是整个系统的核心部分,负责整个系统的控制调度。键盘控制系统将控制信号发送给 ARM 系统,由 ARM 系统控制摄像头移栽装置动作,摄像头移栽装置将位置信息返回给 ARM 系统并且控制摄像头移动到指定的位置。

摄像头就位以后,进入自动采集状态,等待外触发信号。皮带传动装置上放好待检物体。然后调节皮带转速以及转动方向,皮带装置开始运行。在皮带装置一侧打有白色标志,用来触发光纤触发器。光纤触发器将触发信号发送给摄像头,摄像头在打开快门采集的同时触发频闪灯,频闪灯闪光一次,摄像头可以拍摄到清晰的图像信息,然后将图像信息发送给 ARM 系统,ARM 系统将图像信息传输给 DSP 图像处理单元处理。由 DSP 进行图像的增强、模板比对等,并将结果显示到屏幕上。

收稿日期:2009-02-26

基金项目:浙江省科技计划重点资助项目(2007C21037)

作者简介:李志军(1964-),男,浙江嵊州人,主要从事计算机技术方面的研究。E-mail:zdhs@gqyzdh.com

通讯联系人:傅蓉浣,女,高级工程师。E-mail:frh_203@163.com

1.2 操作界面

操作界面如图 2 所示。

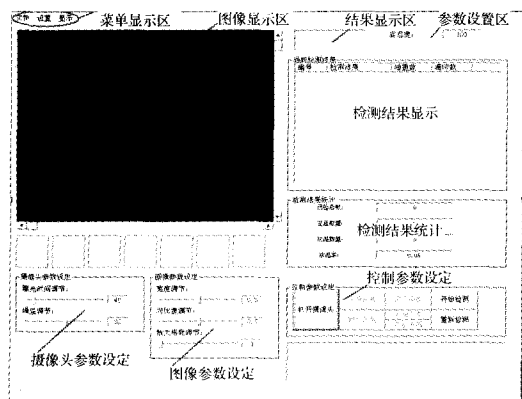


图 2 操作界面图

软件操作界面内容主要包括:菜单显示区、图像显示区、结果显示区、参数设置区、检测结果显示、检测结果统计、摄像头参数设定、图像参数设定以及控制参数设定等几个部分的内容。该操作系统用于对印刷过程的实时图像采集、算法处理、控制参数的设定,并统计相关检测数据。

1.3 操作流程

操作流程如图 3 所示。

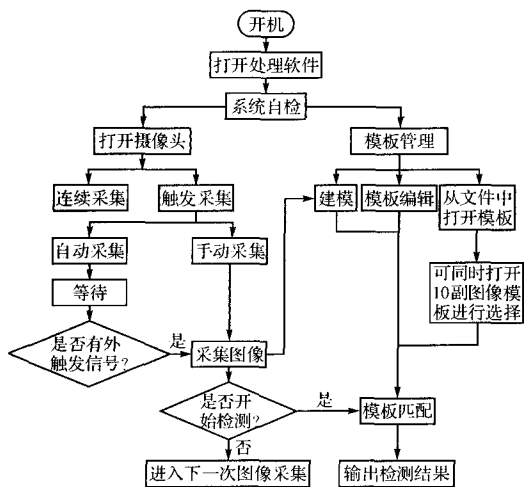


图 3 操作流程

开机后系统进行自检,自检正常后点击“打开摄像头”,摄像头进行初始化,然后可以选择连续采集和触发采集两种工作模式。在触发采集下有两种采集方式:一种是手动采集;另一种是自动采集。点击自动采集后,系统进入等待状态,当物体经过摄像头时,会发给触发器信号,触发器将信号传送给相机,相机在打开快门的同时触发闪光灯,自动拍摄一幅图像。手动采集时,每按键盘命令一次就会采集一幅图像。

模板管理是本系统的一个重要的功能模块,分为“建模”、“模板编辑”和“文件中打开”3个部分。当选择“建模”时,系统会读取当前采集到的图像作为建模的图像,用户根据需要建立自己的模板,模板建立好了以后,选择“模板编辑”来改变模板的区域。用户也可以直接从文件中读入模板。点击打开模板后,系统支持从 10 个模板图片中选择需要的模板文件。

当模板建立好了以后,点击开始检测,则本系统开始模板匹配过程,匹配结束后,会把结果显示到屏幕上。

系统支持图像局部放大功能,最大可放到 30 倍。有缺陷的图像由用户自定义保存到系统中,当模板像素为 1 280 × 1 024 pixels 时,存储的图片容量大概在 300 KB 以内。一个 10 GB 空间的系统存储约 3 万幅图像。模板图像或者缺陷图像定期备份到移动设备,或者通过以太网发送到远程服务器端。

1.4 建模流程

运行软件,点击“设置→建模”后开始进入建模流程。首先读入模板图像;然后对模板图像进行增强,强化图像中的特征信息,弱化图像中的平坦信息;最后对模板图像进行滤波,滤波的作用主要是去除图像中的随机高斯噪声以及椒盐噪声等。

接下来是选取模板区域,在载入的图像上选取所关心的区域作为模板区域。

选择好模板区域后,要首先对模板区域做归一化处理。归一化以后的图像可以进行特征提取,建立特征向量。将特征向量保存起来,建模结束。建模流程图如图 4 所示。

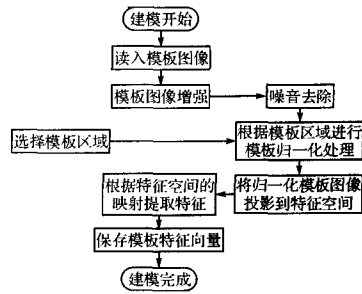


图 4 建模流程图

2 算法实现过程

当读入一幅待检图像时,首先要做图像增强处理,以解决图像获取过程中的图像质量退化问题。图像增强的目的在于通过处理实现有选择地突出,从而便于分析某些感兴趣的信息,抑制一些无用的信息,以提高图像的使用价值。本研究采用的是图像锐化的方法。图像锐化正是图像增强中空间域局部运算方法中的一种,其目的是增强和判断图像的边缘及轮廓信息。而图像锐化的具体方法就是通过微分而使图像边缘突出、清晰^[3]。

图像锐化的方法很多,主要包括梯度锐化法、Ro-

berts、Prewitt、Sobel 和 Laplacian 等多种算法。本系统中采用了 Sobel 算子进行图像增强^[4]。Sobel 算子是图像边缘算法中较常用的一种算子。Sobel 算子有两个,一个是检测水平边沿的;另一个是检测垂直边沿的。Sobel 算子对于像素位置的影响做了加权,因此效果更好。

Sobel 算子另一种形式是各向同性 Sobel (Isotropic Sobel) 算子,也有两个,一个是检测水平边沿的,另一个是检测垂直边沿的。各向同性 Sobel 算子和普通 Sobel 算子相比,它的位置加权系数更为准确,在检测不同方向的边沿时梯度的幅度一致。如对于建筑物图像的特殊性,可以发现在处理该类型图像轮廓时,并不需要对梯度方向进行运算。

Sobel 边缘检测算子使用以下两个有向算子(一个水平的,一个是垂直的),每个都逼近一个偏导数:

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{与} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} D_x f(x, y) &= \{f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) \\ &\quad + f(x+1, y+1)\} - \{f(x-1, y-1) \\ &\quad + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)\} \\ D_y f(x, y) &= \{f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) \\ &\quad + f(x+1, y+1)\} - \{f(x-1, y-1) \\ &\quad + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)\} \end{aligned} \quad (1)$$

Sobel 算子采用滤波算子的形式,用于提取边缘^[5],可以利用快速卷积函数,简单有效,因此应用广泛。在观测一幅图像的时候,首先注意的往往是图像与背景不同的部分,正是这个部分将主体突出显示。本研究在此基础上使用了阈值化轮廓提取算法,已在数学上证明,当像素点满足正态分布时利用该算法所求的解是最优的。

图像增强以后,要进行模板的匹配。模板匹配是指从一幅大图中搜索和模板特征相似度最大的图像信息。这里提到的相似度就是搜索模板的度量。也就是说找到一个好的相似度函数是整个模板匹配过程的关键。

相似的模板信息包括尺寸、方向、形状、颜色灰度、纹理等信息。

单纯使用某一信息是不足以进行模板匹配的,所以这里要综合多种信息进行模板匹配。

相似性函数常用的方法是能量函数。为衡量模板 T 和目标图像中子图像 S^{ij} 的误差,可用 $D(i, j)$ 进行描述:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n) - T(m, n)]^2$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2 - 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) \\ &\quad \times T(m, n) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2 \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)中的第一项为子图的能量,第三项为模板的能量,都与模板匹配无关。第二项是模板和子图的相互关系,随 (i, j) 而改变。当模板和子图匹配时,该项有极大值。将其归一化,得模板匹配的相关系数(或称为匹配率):

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2}} \quad (3)$$

当模板和子图完全一样时,相关系数 $R(i, j) = 1$ 。利用相关系数 $R(i, j)$ 的公式可以做模板匹配,但运算量大,不适合工程应用。另一种算法构思是衡量 T 和 S^{ij} 的误差,其公式为:

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^{ij}(m, n) - T(m, n)| \quad (4)$$

在整个图像中, $E(i, j)$ 为最小值处,即为匹配目标。匹配模型建立起来以后,需要对匹配过程以及匹配算法做加速处理,以适应实时检测的需要。

首先进行粗略的匹配:

(1) 取模板的隔行隔列数据,即四分之一的模板数据,在被搜索图上进行隔行隔列扫描匹配,即在原图的四分之一范围内匹配。由于数据量大幅度减少,匹配速度显著提高。

(2) 取一个误差阈值 E_0 , 当 $E(i, j) > E_0$ 时,说明误差太大,可以停止该点的计算,继续下一点计算。为了合理地给出一个误差阈值 E_0 , 需要设计一个确定误差阈值 E_0 的准则:

$$E_0 = e_0 \times \frac{m+1}{2} \times \frac{n+1}{2} \quad (5)$$

式中 e_0 —各点平均的最大误差,一般取 40~50 即可; m, n —模板的长和宽。

然后需要对结果进行二次精确匹配。在第一次误差最小点 (i_{\min}, j_{\min}) 的邻域内,即在对角点为 $(i_{\min}-1, j_{\min}-1), (i_{\min}+1, j_{\min}+1)$ 的矩形内,进行搜索匹配,得到最后结果。

3 实验结果

本研究根据上述算法进行实验而得的检测结果,如图 5~图 6 所示,分别为飞墨检测示意图与漏印检测示意图。图 5 左侧是模板图像,右侧是有飞墨的情况。当印

刷速度快而墨身稠度不够时,因离心力使墨液飞溅而造成飞墨。该算法可以定义检测范围,当飞墨超出检测范围时,不予检测。当飞墨出现在检测范围内时,用颜色标识,同时记录飞墨的大小和数量、尺寸作为容忍度的阈值。可以通过设置容忍度来忽略较小的飞墨。



图 5 飞墨检测示意图

漏印的情况如图 6 所示。可以预先划分出检测区域,如图 6 左侧的文字部分。当检测到图像漏印时,如右侧图所示,有颜色报警,并统计漏印个数。

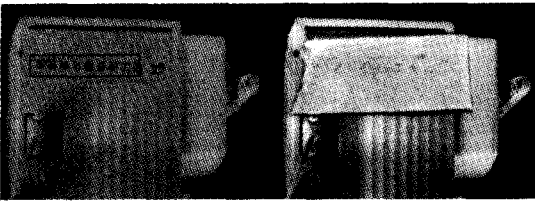


图 6 漏印检测示意图

4 结束语

通过建立软件算法的数学模型到程序的编制和优化,研究了图像自动比对算法实现过程。本研究已在实际应用中得到有效验证,如包装印刷检测、条码印刷检测、标签印刷检测等,可以检测常见的印刷缺陷,如划痕、灰尘、漏印、墨痕和褶皱等,检测精度为 0.3 mm。通过对容忍度的设置,满足不同场合的精度要求,因而具有十分广阔的应用前景。

参考文献 (References):

- [1] 熊 伟. 基于 TMS320DM642 的多路视频采集处理板卡的硬件设计与实现[J]. 国外电子元器件, 2006(6): 8-13.
- [2] Texas Instruments Incorporated. TMS320DM642 video/imaging fixed-point digital signal processor data manual. [EB/OL]. [2003-05-01]. <http://www.ti.com/sc/does/psheets/man.asp>.
- [3] 刘松涛, 周晓东. 基于 TMS320C6201 的实时图像处理系统[J]. 计算机工程, 2005(7): 17-23.
- [4] 王 磊, 莫玉龙. 基于 Canny 理论的边缘提取改善方法[J]. 中国图象图形学报, 1996(3): 191-195.
- [5] 陈宏席. 基于保持平滑滤波的 Sobel 算子边缘检测[J]. 兰州交通大学学报, 2006, 25(1): 86-90.

[编辑: 李 辉]

(上接第 33 页)

在含气率小于 12% 时,随含气率的增加,扬程和效率的减小并不明显。当含气率增至 15% 时,试验值急剧下降,理论值与实测值出现一定偏差,这主要是因为计算模型进行了一定简化,气泡不变形,并且不发生破碎和聚合,当含气率增加,气液两相之间的耦合作用增强,简化模型的误差增大,导致理论值和实测值之间出现较大偏差。

3 结束语

本研究应用 Fluent 软件对漩涡泵叶轮内部气液两相流场进行数值模拟,通过对叶轮流道内部静压分布和性能预测曲线的分析,可以得到以下结论:

(1) 根据 CFD 技术对气液两相流场进行模拟,得到的计算结果可以预测泵内的气相分布情况;

(2) 气液混输时,叶片压力面静压低于吸力面静压,叶轮根部静压低于顶部静压,进口含气率越高,静压下降程度越严重;

(3) 气液混输时泵的各性能指标普遍较输送清水时低。含气率低于 10% 时扬程、效率降低不大,随含气率不断增大至 15% 时,各性能指标陡降,最终发生断流;

(4) 在进口含气率较低时,本研究所采用的计算

模型是可行的。

参考文献 (References):

- [1] 汪功明. 变量叶片泵叶片选择径向放置动力学分析[J]. 轻工机械, 2008, 26(1): 100-102.
- [2] 余志毅, 曹树良, 王国玉. 叶片式混输泵内气液两相流的数值计算[J]. 工程热物理学报, 2007, 28(1): 46-48.
- [3] 余志毅, 曹树良, 王国玉. 叶片泵内气液两相流的三维流动数值模型[J]. 北京理工大学学报, 2007, 27(12): 1057-1060.
- [4] 杨敏官, 吴小莲, 康 灿. 轴流泵叶轮内气液两相流动分析[J]. 中国农村水利水电, 2009(1): 93-95.
- [5] 黄列群, 袁 静, 陈义红, 等. 螺旋式纸浆离心泵内部流动的数值模拟[J]. 机电工程, 2007, 24(12): 50-52.
- [6] HAZRA S B, STEINER K. Computation of dilute two-phase flow in a pump[J]. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2007, 203(2): 444-460.
- [7] ZHU Zu-chao, XIE Peng, OU Guo-fu, et al. Design and experimental analyses of small-flow high-head centrifugal-vortex pump for gas-liquid two-phase mixture[J]. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2008, 16(4): 528-534.
- [8] 万映娟, 严 敬, 王 桃, 等. 两种不同叶片的离心叶轮的数值模拟[J]. 机械, 2008, 35(2): 12-14.
- [9] 王红利, 宋鹏云, 赵 龙. 固液旋流泵固体颗粒分布的数值模拟研究[J]. 机械, 2008, 35(12): 9-12.

[编辑: 罗向阳]