

基于高鲁棒性遗传算法的印刷质量自动检测方法研究与实现

李 果,周玉松

(安徽新闻出版职业技术学院,合肥 230601)

摘要:目前高速印刷机印刷产品质量检测问题一直存在,为解决印刷质量在开机运行状态下自动检测速度与精度问题,提出了一种基于计算机智能图像处理的优化解决方案,核心是引入高鲁棒性遗传算法,从提高计算机图像比对算法本身解决在线检测速度和精度问题,特别注意针对印刷行业普遍存在的印刷质量问题特点,创建基于遗传算法的印刷质量检测算法、建立适应印刷机的在线质量检测系统,并实现算法与实际应用的结合,尤其是与面阵CCD传感器的结合使用,为传统印刷企业提供可行的一整套在线监测解决方案及实验设备,提高印刷质量检测效率和质量,达到国内领先水平,并降低劳动成本。

关键词:印刷质量; CCD; 遗传算法; 在线检测

中图分类号: TS807; TP274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1891(2017)04-0027-04

Research and Implementation of Automatic Printing Quality Inspection Method Based on High Robustness Genetic Algorithm

LI Guo, ZHOU Yu-song

(Anhui Vocational College of Press and Publishing, Hefei 230601, China)

Abstract: At present, the quality of inspection of high-speed printing presses has always not been good enough. In order to solve the problems of speed and accuracy of automatic detection of printing quality in the running state, this paper is proposed to put forward an optimization solution based on computer intelligent image processing, the core of which is the introduction of high robustness genetic algorithms to solve the problem of speed and accuracy of online detection from the aspect of improving the computer image alignment algorithm itself. Special attention is paid to printing quality problems prevalent in the printing industry and the online printing quality detection algorithm based on genetic algorithm is established to realize the combination of algorithms and practical applications, especially the combination of CCD sensors, to provide a complete set of online monitoring solutions and experimental equipment for the traditional printing to improve the quality of printing, testing efficiency and quality to reach the leading level in China, and reduce labor costs.

Keywords: printing quality; CCD; genetic algorithm; on-line detection

由于商品社会的高度发达及文化传播业飞速发展,人们的生活已经离不开各种印刷包装品了,如图书、期刊、报纸、商品包装、海报、标签等。随之而来,人们对出版物及商品包装的印制质量要求与日俱增。在当前印刷过程中,由于受到印刷速度、精度、工艺、材料等因素制约,印刷品往往会出现各种缺陷,导致整个印刷班次出错。常见的印刷品缺陷主要有飞墨、针孔、偏色、漏印、黑点、刮擦、套印不准等^[1-2]。而在现有印刷企业中,由于印刷机更新换代昂贵,大部分企业依然沿用传统的质量检测,即人工检测,这样的检测方法不仅劳动强度大、效

率低、检测准确率得不到保障,更主要的是采用印刷后检测,检测不能与生产同步,当检测到次品后再停止或调整印刷,已经造成了巨大的成本损耗。因此,各印刷企业都迫切需要一种高效、高精度的印刷在线检测方式来替代人工检测,且不需要对现有印刷设备进行过大改动。本文通过引入高鲁棒性遗传算法,设计能实际用于印刷生产的智能在线检测系统。

1 遗传算法在印刷质量自动检测中应用的意义

整个印刷在线检测系统中,最重要的环境就是

如何高效、高精度获取印刷机开机时印刷品图像，并与预存的模板图像进行对比，最终获得检测结果。由于印刷机的设计特性及工艺特点，印刷载体都在高速旋转，印刷品在传动过程中难免会发生偏移或震动，但这并不都是次品，这就要求在减影操作前，求出待检测图像与标准印刷图像的位置变化参数，以便后期对准减影。简单来说，在高速运动环境下的图像比对，是系统成败的关键。图像对准方法基本分为两类，一类是先确定特征量，在求变换参数，进而完成对比；另一类是先设定校准参数，通过迭代逼近参数。比较来说，前一类算法速度较快但抗噪性差，后一种算法能够对包含噪声的图像对准，但过度依赖梯度信息，工作效率较低且容易产生对准错误，因此，需要一种更加稳健的算法达到速度和精度的优化^[3]。

遗传算法从典型问题潜在解集的一个种群开始，而这个种群是由一定数量经过基因编码的个体组成，且每个个体都带有遗传染色体特征，染色体由多个基因组合而成，决定了不同的外部表现。这种算法实质上就是构建起从现象到基因的映射编码。由于基因编码非常复杂，实际以二进制形式构建编码过程，先是产生第一代，然后按照遗传算法原理通过迭代逼近最优，这种如同自然进化一样的进化解集，末代种群可以看作最优解集，其过程如图 1 所示。遗传算法具有很高的鲁棒性和并行性，非常适合运用在需要兼顾图像精确对比及机器运动速度的印刷质量自动检测过程中。

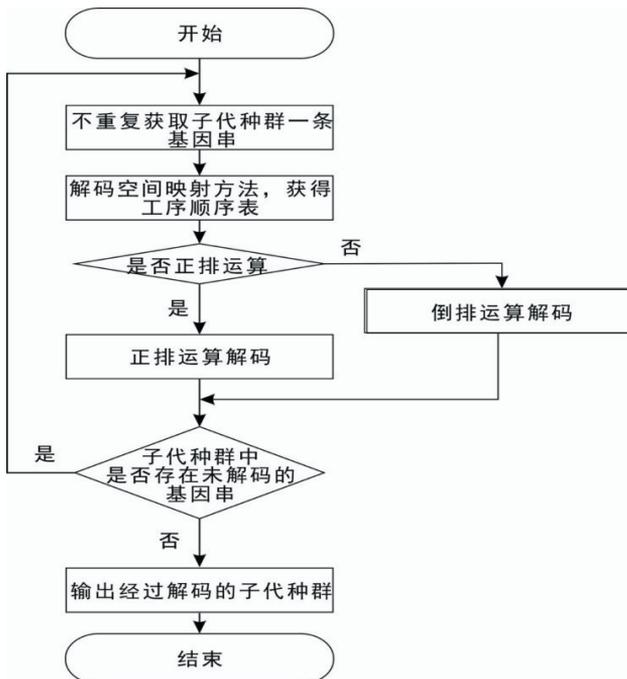


图 1 遗传算法示意图

基于以上考虑,本文提出建立一种基于高鲁棒性遗传算法的印刷质量自动检测方法,结合高灵敏度线阵 CCD 摄像头,搭建起可实际使用的在线检测系统,为印刷行业普遍存在的印刷品外观缺陷快速检测提供解决方案^[4]。

2 自动检测系统构建

2.1 在线检测系统硬件设计及主要特性分析

目前用于实际生产的印刷外观缺陷在线监测系统主要由 4 部分组成,即图像采集、图像定位、图像检测及结果输出 4 部分,其中图像采集部分包括照明光源、CCD 照相机、带有视频采集卡的计算机;图像定位部分主要是降噪算法、几何变换算法及定位算法软件构成;图像检测部分主要是通过图像减影比对进行分析;结果输出部分主要是显示检测结果及报警提示^[5](图 2)。

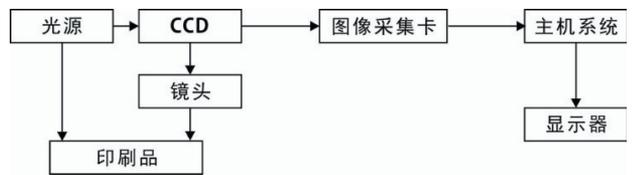


图 2 印刷品外观缺陷自动检测系统

光源、CCD 照相机及视频图片采集卡协同完成对印刷品的图像采集工作,这是整个检测工作的基础,而选择面阵 CCD 照相机的原因在于线阵 CCD 照相机的运行方式为逐行扫描,不适合印刷高速流水线;面阵 CCD 可以一次拍照获取多行信息,图像采集效率高,适用于高速流水线。因此,要想得到较好的信息采集必须使用面阵 CCD 摄像机来完成设计。

当前在线缺陷检测系统由于受计算机计算速度和相机采集速度、采集图像质量的限制,在实验过程中发现,系统运行特性分析如下:

(a)在线检测系统集成后,当系统达到运行极限时,在整个系统中,图像采集处理设备对极限的敏感度最高,经常会出现数据丢失现象;

(b)在系统协调工作中,通过对各部分设备在工作中故障率统计,特别是导致系统瘫痪的故障统计,发现由图像处理环节导致系统停机的瘫痪故障最高;

(c)系统检测过程中,漏检率及错检率达到 97% 以上;

(d)通过系统工作速度测试,特别是在对印刷机高速运行时的极限速度对系统工作速度冲击测试,面阵 CCD 的检测系统速度要明显高于线阵

CCD检测系统。

2.2 软件算法的构建

基于计算机视觉在线检测技术,最关键的部分就是图像对准。通常图像对准是采用图像匹配方法,其原理就是将已知标准图像与检测图像逐个比对,进而识别目标^[6]。具体分为两类:

(a)以某个确定条件为基准,在检测过程中逐步比对,确定最逼近最优解集的部分,达到检测识别。

(b)以预设标准图像为模板,与待处理的图像比较,从而对内容进行识别判断。衡量匹配对象和模板图像差别的参数为误差平方和。假设模板图像的大小为 $m \times n$ (宽 \times 高),模板中某点坐标为 (i, j) ,该点灰度值为 $U(i, j)$;与之匹配的待检测图像中该点坐标为 $(P-i, Q-j)$,灰度为 $V(P-i, Q-j)$ 。则此次匹配结果计算如式(1):

$$\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [u(i, j) - V(P-i, Q-j)] \quad (1)$$

从式(1)可以看出,运算量非常大,整个过程共要进行 $(\text{Width}-m+1) \times (\text{Height}-n+1)$ 次匹配。巨大的匹配数据要求巨大的储存空间,如果算法的匹配精度和速度要求海量的计算能力和储存空间,以至于无法达到或远远超过现有计算机发展水平,算法也就失去了意义。此外,由于印刷品形态各异,内容复杂,通过匹配达到最优解集只是理论上的,往往在实际中实现概率不高。因此,本文引入遗传算法进行优化。即在匹配模板中选取特征点作为控点,依托遗传算法的进化机制,实现到达最优解或次优解^[7]。

具体来说,本文提出的遗传算法解决方案是:通过对标准图像模板离散化并提取图像特征点,并设为控点;把标准图像设为模型,并选取部分离散点,应用遗传算法,对这些离散点进行优化组合。具体的基于遗传算法的图像匹配搜索算法的流程为:

(a)确定初始模板特征点(控点) Z_i

(b)循环开始

① $i \leftarrow 1$;

②以 Z_i 为初始模板,构建初始种群;

③ $j \leftarrow 1$;

④选择算子从第 $j-1$ 代种群 S_{j-1} 构建第 j 代的初始种群 S_j ;

⑤对第 j 代的初始种群 S_j 应用交叉算子和变异算子产生新的第 j 代的种群 S'_j ;

⑥对种群中所有的个体计算适应值;

⑦ $j \leftarrow j+1$;

⑧若达到遗传算法终止值,进到⑨;

否则返回到第③步重新执行;

⑨从当前种群所有个体中寻找适应值最小个体,并记为 A ;

⑩ $i \leftarrow i+1$,并令 $Z_i = A$,判断 $|Z_i - Z_{i-1}| < \delta$ 是否成立(δ 为一个相当小的正数),如成立,则退出循环,否则返回第①步重新执行。

(c)以 Z_i 为最优解,算法成功退出。

3 高鲁棒性遗传算法设计

3.1 基于自适应遗传算法的图像匹配技术路线

在构建自适应遗传算法时,应当使用变异算子,变异算子和交叉算子同时作用,能激发遗传因子的多样性,克服陷入局部极优的问题^[8]。遗传算法作为优化多峰值函数具备两个特性:一是搜索全局最优解时能够搜索新解集区域,二是找到最优解区域后能快速收敛到最优解,这两点是由交叉概率 pc 和变异概率 pm 决定的。如果传算法固定 pc 和 pm ,就不能保证算法的全局收敛性。本研究提出的 pc 和 pm 为自适应,其具体计算如下:

$$pc = \begin{cases} k_1(f_{\max} - f_{\text{avg}})f', & (f_{\max} - f_{\text{avg}}) \leq f' \\ k_2, & (f_{\max} - f_{\text{avg}}) < f' \end{cases} \quad (2)$$

$$pm = \begin{cases} k_3(f_{\max} - f)/(f_{\max} - f_{\text{avg}}), & f \leq f_{\text{avg}} \\ k_4, & f < f_{\text{avg}} \end{cases} \quad (3)$$

式(2)和(3)中: f_{\max} 为群体最大适应度, f_{avg} 为群体平均适应度, f' 为交叉互换双方中适应度较大的个体适应度, f 为个体适应度, $k_1 \sim k_4 \leq 0$,且均为常数。

自适应遗传算法流程构建如下:

开始

{

群体初始化;

计算群体适应度;

如不满足结束条件则执行循环:

{

选择操作;

自适应变化 pc 、 pm ;

交叉及变异;

计算群体适应度;

}

}

结束

这就是本文构建的自适应遗传算法。目前,也

有不少自适应遗传算法,但主要是让种群规模根据进化代数自适应变化,没有发挥交叉算子作用。本研究提出的自适应遗传算法,在寻优过程中,当接近某个收敛极限的时候,引入变异,不再陷入局部极优情况。反之,增加交叉算子,提高收敛效率,这样来兼顾最优解和收敛速度。

3.2 基于自适应遗传算法的图像匹配实验方案及设计

假设一幅 $N \times N$ 像素的印刷在线采集图像 S 和一幅 $M \times M$ 像素的预测标准印刷模板图像 $T(M \leq N)$, T 在 S 上平移, T 覆盖的图像称为检测合成图 $S_{i,j}$, i,j 为检测图左上角像素点在 S 图中的坐标,叫参考点,可得:

$$1 < i, j < N - M + 1$$

比较 T 和 $S_{i,j}$ 内容,定义:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n) - T(m, n)]^2 \quad (4)$$

将式(4)展开,则有:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2 - 2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M S^{i,j}(m, n) \times T(m, n) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2 \quad (5)$$

在展开式中,右边第3项为模板图像总能量,是一个常数;第1项是模板图像覆盖下检测合成图的能量,它随 (i, j) 位置的改变而改变;第2项是检测合成图和模板的互相关系,随 (i, j) 位置的改变而改变。 T 和 $S_{i,j}$ 匹配时这一项最大,因此可用式6相关函数作相似性测度:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2}} \quad (6)$$

通常的SSDA算法逐个像素计算 R 值,计算量巨大,不能适应高速印刷生产线。而本课题提出的自适应遗传算法,针对一峰多值 R ,可以确保全局收敛,具体流程如下:

(1) 基因编码:确定最佳匹配参考点 (i, j) ,这两个二进制编码分别代表坐标 i 和 j ;

(2) 初始化群体:初始群体需要尽可能遍布整个区域 S ;

(3) 定义适应度函数:即相似性测度 R ;

(4) 参数和变量的确定:如种群规模 N 和最大代数 M 等,并取 $k_1=1.0, k_2=1.0, k_3=0.5, k_4=0.5$ 。

(5) 算法执行,达到最大代数停止,取执行过程中适应度最高个体即为最佳匹配位置。

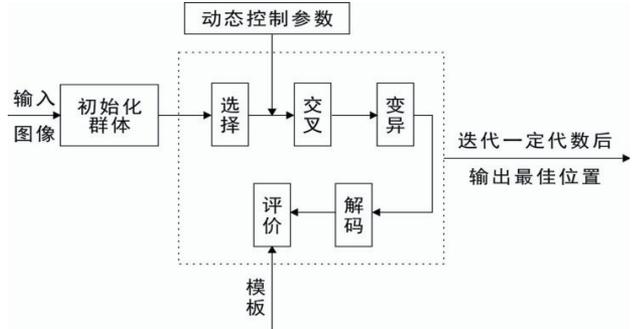


图3 基于自适应遗传算法的图像匹配实验流程图

4 测试及结果分析

测试实验计算机为Intel Core i3-3240 3.4GHz,内存2 GB;软件为MATLAB2016a。测试采用了SM算法和遗传算法进行比较,具体结果如图4~5所示。



图4a 原始图像 图4b SM算法处理 图4c 遗传算法



图5a 原始图像 图5b SM算法处理 图5c 遗传算法

总体来看,使用SM算法的图像比对,对图像获取分割出现模糊,而采用自适应遗传算法分割比对,图像区域清晰,信息损失较小,总体来说,遗传算法的计算值也比SM算法较少一倍,达到了设计目的。

参考文献:

- [1] 陈亚军.基于图像处理的印刷品缺陷在线检测系统研究[J].包装工程,2005,26(6): 64-66.
- [2] 潘全玲.印刷品在线检测系统在实际应用中遇到的问题及解决方案[J].包装工程, 2005,28(4): 45-47.
- [3] 阮秋琦.数字图像处理学[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [4] 潘全玲,张蕾.印刷品在线检测系统在实际应用中遇到的问题及解决方案[J].包装工程,2007(4): 45-47.
- [5] 李学伟.基于图像处理和识别技术的彩色印品质量检测系统研究[D].淄博:山东理工大学,2006.
- [6] 余文勇,周祖德,陈幼平.一种高速印刷品缺陷在线检测系统[J].华中科技大学学报(自然科学版),2006(6): 80-83.
- [7] 许亚军,陈小惠.一种基于遗传算法和小波分解的刚性图像配准方法[J].江苏科技大学学报(自然科学版),2008(2): 75-78.
- [8] 初红艳,杨俊敬,蔡力钢,等.基于遗传算法和自适应的印刷色彩模糊控制[J].北京工业大学学报,2013(9): 1303-1310.