

文章编号: 1006—1088(2002)02—37—04

# 印刷缺陷检测中的图像对准

韩 斌, 刘以安, 吴小俊, 王士同

(华东船舶工业学院 电子与信息系, 江苏 镇江 212003)

**摘 要:** 提出一种用于印刷缺陷检测的图像对准算法。对准抽样点取自图像边缘, 提高了算法效率, 降低了运算量。同时引入遗传算法, 避免陷入局部最优。实验表明, 该算法能对平移、旋转后的图像进行有效地对准。

**关键词:** 缺陷检测; 遗传算法; 图像对准

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

## 0 引 言

常见的印刷品表面的印后缺陷<sup>[1]</sup>, 主要有针孔、颜色失真、油墨溅污、黑点、文字模糊、沾污、起皱、漏印、刮伤、错位等。以计算机为核心的自动检测系统检测的基本原理是, 先通过摄像头采集一幅无缺陷的标准印刷图像, 然后在线采集待检图像。将待检图像和标准图像进行减影操作, 得到缺陷图像, 再对缺陷图像进行相应的统计分析处理。由于印刷品在传动过程中难免会发生平移和旋转, 因此减影前要首先将标准图像和待检图像对准, 求出两者的位置变换参数。图像对准的方法可以分两类<sup>[2]</sup>, 一类对准算法是先寻找对应的特征量, 然后再采用最小二乘、单位四元素或奇异值分解等方法来求变换参数。由于要求标准图像和待检图像间的变换参数, 如待检图像有印后缺陷有可能无法找到特征量间的对应关系, 因此不适合采用此方法。另一类方法是无需事前确定对应点, 先初步对准参数, 再不断迭代, 逐步向精确参数逼近。这类算法的代表是由 Besl 和 Mckey 提出的 ICP 算法(Iterative Closest Point)及其改进算法。优点是可对含噪声的图像进行精确对准, 问题是其依赖于梯度信息, 使用不当可能会产生不正确的对准或陷入局部最优。图像对准本质上是寻优过程。通过寻找最优的变换参数, 使得两幅图像的距离最小。遗传算法(Genetic Algorithms)是一类借鉴生物界自然选择和遗传机制的随机化、全局化搜索算法, 具有很高的鲁棒性和并行性。因此, 本文采用遗传算法来解决图像的对准问题。

## 1 图像对准的数学描述

数字图像可以用点集  $A = \{a(0, 0), a(0, 1), \dots, a(0, M-1), a(1, 0), \dots, a(x, y), \dots, a(N-1, M-1)\}$  表示。其中  $N$  和  $M$  分别表示图像横向和纵向的宽度。 $a(x, y)$  表示图像  $(x, y)$  坐标处的像素值。设有图像  $A = \{a(0, 0), a(0, 1), \dots, a(0, M-1), a(1, 0), \dots, a(x, y), \dots, a(N-1, M-1)\}$  和图像  $B = \{b(0, 0), b(0, 1), \dots, b(0, M-1), b(1, 0), \dots, b(x, y), \dots, b(N-1, M-1)\}$ , 则  $AB$  间的距离定义为:

$$D(A, B) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (a(i, j) - b(i, j))^2 \quad (1)$$

收稿日期: 2001—06—27

基金项目: 企业协作技术攻关课题

作者简介: 韩 斌(1968—)男, 江苏海安人, 华东船舶工业学院讲师。

如  $A$  和  $B$  完全一致, 且没有发生空间位置的变换, 即  $a(i, j) = b(i, j)$ , 则距离  $D(A, B)$  为零。

如待检图像  $B$  在摄入时和标准图像  $A$  摄入时的位置不同, 产生了坐标变换, 可将图像  $A$  中的所有像素点相对原点旋转  $\alpha$  角度, 再在  $X$  和  $Y$  方向分别平移  $\Delta x$  和  $\Delta y$  个像素单位, 以便和图像  $B$  中的各像素点相对应。变换方程为  $f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y)$  为:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} \tag{2}$$

其中,  $(x', y')$  为图像  $A$  中各像素点的坐标;  $(x, y)$  为变换后得到的图像  $B$  的对应像素点坐标(需对结果进行取整操作)。如已知图像  $A$  和由图像  $A$  变换后的图像  $B$ , 求变换参数  $\alpha, \Delta x$  和  $\Delta y$  过程, 称为图像对准。对准精度的衡量采用图像间的距离, 对准越精确,  $D(B, f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y))$  应越小。无缺陷图像  $B$  和标准图像  $A$  理想对准的情况下应满足:

$$D(B(x, y), f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y)) = 0 \tag{3}$$

对于含噪声(缺陷)的图像, 对准后应满足  $D(B(x, y), f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y))$  最小。

设  $A', B'$  分别为由图像  $A$  和图像  $B$  的像素点集抽样得到的像素点子集,  $A' \subset A, B' \subset B$ 。在实际对准过程中, 为减少运算量, 提高速度, 可通过对  $A'$  和  $B'$  对准, 来逼近  $A$  和  $B$  的对准。此时图像  $A$  和图像  $B$  的距离用  $D(A', B')$  表示。

## 2 抽样子集的生成

像素点子集  $A', B'$  中抽样点的选取质量, 直接关系到图像对准的准确性。要能比较好地反映原图像方位信息, 像素点子集中像素的数量不能过少, 分布要比较均匀。同时为了能精确对准, 应使图像距离相对于对准偏差尽可能敏感, 即使得

$$\frac{\partial D(A(x', y'), f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y))}{\partial \alpha \partial \Delta x \partial \Delta y}$$

尽可能大。采样选取点应处于图像颜色变化比较剧烈的地方, 而颜色变化剧烈的地方往往就是图像边缘。

因此, 首先对标准图像  $A$  (图 1) 进行边缘提取<sup>[3]</sup>, 然后在得到的边缘(图 2)上均匀地取点, 得到抽样子集  $A'$ 。图 2 中黑点即表示像素点子集选取的位置。将  $A'$  中的像素坐标经  $f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y)$  变换, 即可得到与  $A'$  对应的  $B'$ 。



图 1 标准图像  
Fig. 1 Primary image



图 2 图像边缘  
Fig. 2 Edge image

## 3 遗传算法设计

图像对准的实质是寻优, 寻找使得  $D(B(x, y), f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y))$  最小时对应的  $\Delta x, \Delta y$  和

$\alpha$ 。这里采用遗传算法来实现寻优搜索。

3.1 编码与译码

染色体由三部分组成, 分别对应变换参数的  $\Delta x$ 、 $\Delta y$  和  $\alpha$ 。采用二进制编码, 染色体的长度可根据运行中可能发生的最大变换范围和对准精度要求而定, 这里各取 8 位二进制数, 染色体长度为 24 位。为充分使用染色体资源以及避免运行过程中出现“死基因”, 建立实际解空间和编码间的如下映射关系, 使得遗传过程中出现的所有解都为有效解, 以横向偏移  $\Delta x$  为例,  $X$  为染色体译码得到的偏移值,  $MAX - \Delta x$  为用户设置的横向最大偏移,  $[ \ ]$  为取整操作, 则横向实际偏移:

$$\Delta x = \left\lceil \frac{X \times MAX - \Delta X}{256} \right\rceil$$

( 4 )

纵向偏移  $\Delta y$  和旋转角度  $\alpha$  的映射依此类推, 因  $\alpha$  的单位取弧度, 为非整型值, 故无需取整操作。

3.2 适应度函数

由每条染色体经译码得到相应的变换参数  $\Delta x$ 、 $\Delta y$  和  $\alpha$ , 对标准图像的抽样点坐标进行变换, 找到其在待测图像上的对应点坐标。计算标准图像和待测图像对应点的距离作为该染色体的适应度值:

$$F(\Delta x, \Delta y, \alpha) = D(B(x, y), f(A(x', y'), \alpha, \Delta x, \Delta y))$$

( 5 )

显然, 距离越趋于零, 该染色体的性能越优异, 代表的对准精度越高。

3.3 选择算子

采用遗传性能较好的期望值方法<sup>[4]</sup>: ① 根据每个个体的适应度值, 计算群体中每个个体在下一代生存的期望数目。② 随机选择一个个体, 若其生存期望值小于零, 重复②。③ 若某个个体被选中参与配对或交叉, 则它在下一代中的生存期望值减去 0.5; 若不参与配对或交叉, 直接被复制到下一代, 则它在下一代中的生存期望值减去 1。④ 转②, 直到生成新的群体。

3.4 遗传算子

交叉算子采用单点交叉, 变异算子采用个性化自适应变异遗传算子。针对种群中各个体性能参差不齐的特点, 变异操作时, 应分别实施不同的变异操作。由于染色体中各基因位的变异操作对解性能影响的大小不一样, 因此, 构造个性化自适应变异遗传算子, 对种群中的优势个体实施使其变化较小的变异操作, 使其逐步逼近最优解; 而对种群中的弱势个体, 则对其实施使其性能大幅变化的变异, 促其性能快速提高; 对种群中的弱势个体, 则对其实施使其性能大幅变化的变异, 促其性能快速提高。使用个性化自适应性变异遗传算子, 与普通遗传算法相比, 提高了变异操作效率、收敛速度和收敛稳定性。

3.5 图像对准的遗传算法流程

① 确定种群规模, 随即生成初始种群; 初始交叉概率、变异概率。② 计算每个个体的适应度值。③ 根据每个个体的适应度值, 从种群中选择个体进入下一代。④ 以交叉概率和突变概率对子代中的个体进行遗传操作。⑤ 计算子代中每个个体的适应度值, 对变异概率进行个性化自适应调整。⑥ 如满足结束条件退出; 否则转③。

4 实验结果

印刷品缺陷检测流程如图 3 所示。对图 1 标准图像和图 4 所示待检测图像, 采用上述算法进行对准, 根据图像篇幅, 自动选取了 24 个采样点,

种群 40, 交叉概率 0.4, 计算 10 次, 平均进化 332 代搜索到变换参数  $\Delta x = 0$ ,  $\Delta y = 0$ ,  $\alpha = 0.314$ (实际搜

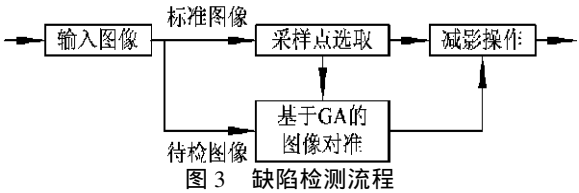


图 3 缺陷检测流程

Fig. 3 Inspection flow chart

索结果  $\Delta_x$  和  $\Delta_y$  有  $\pm 1$  至  $\pm 2$  像素的对准误差,  $\alpha$  的误差范围大约  $\pm 0.008$ ), 再进行减影操作, 检测出印刷缺陷如图 5 所示。运行结果表明, 该算法是有效的。



图 4 待检测图像( $\Delta_x=0, \Delta_y=0, \alpha=0.314$ )

Fig. 4 Detecting image

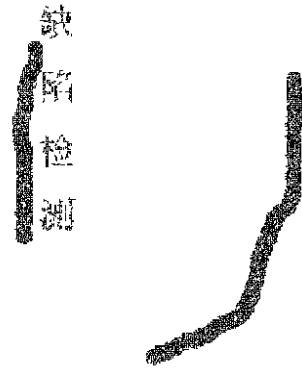


图 5 缺陷图像

Fig. 5 Detected result

## 5 结束语

基于遗传算法的图像对准算法, 具有较强的鲁棒性, 能在含噪声的情况下, 较好地实现图像的对准。同时, 由于图像对准是在图像点集的子集上进行, 减少了计算量, 提高了对准速度; 采用个性化自适应变异遗传算法, 提高了搜索效率。尽管遗传算法得到的可能不是最优对准参数, 但由于印刷品缺陷检测是以满足人的视觉效果为前提的, 只要偏差在人的视觉分辨力以内, 并不影响缺陷检测的效果。在得到的缺陷图像的基础上, 如何进一步进行缺陷图像的分析, 是下一步需要继续研究的课题。

### 参考文献:

- [1] 印后原理及工艺(第十四章)[M/OL]. 复合薄膜印后加工工艺. <http://bisenet.com/cgi-bin/documentdb/showtech.asp?id=1608#top>.
- [2] 张鸿宾, 唐积尧. 多视点距离图像的对准算法[J]. 自动化学报, 2000(1): 39—44.
- [3] CASTLEMAN K R. Digital Image Processing[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [4] 陈国良, 王熙法, 庄镇泉, 等. 遗传算法及应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.

## Registration Method for Defect Detecting of Printing Matter

HAN Bin, LIU Yi-an, WU Xiao-jun, WANG Shi-tong

((Dept. of Electronics and Information, East China Shipbuilding Institute, Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

**Abstract:** A registration method for defect inspection of printing matter is proposed in this paper. The sampled pixels are gotten from image edge, which can improve the efficiency and reduce the computational complexity. Genetic algorithm is used to find the global optimum results. The experimental results show that the proposed registration method can efficiently register images that are changed in translation, rotation and scale.

**Key words:** defect detecting; genetic algorithm; registration

(责任编辑: 邵仁蔚)