

一种针对畸变印刷品字符校正的多项式自寻优改进方法

杨晓妍, 张俊涛, 周强
(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 针对畸变印刷品字符校正过程中无畸变先验知识、传统方法效率低且精度差的问题, 提出一种以多项式自寻优改进算法为核心的字符校正方法。**方法** 将待测字符区域视为小篇幅图像, 通过初次校正确定畸变区域, 以待测图像与标准图像的最小差分结果为优化目标, 利用菌群算法在畸变区域中进行校正控制点的自寻优运算, 从而建立校正函数对字符畸变区域进行校正, 并通过 Matlab 仿真加以实现。**结果** 该方法平均校正精度低于 0.6 像素, 运行时间低于 0.12 s, 达到了对畸变字符快速准确校正的目的。**结论** 该自寻优改进方法克服了人工操作的弊端, 对畸变字符进行了有效校正, 有助于提高后续缺陷检测的精度和效率。

关键词: 印刷品字符; 畸变校正; 自寻优改进方法; 菌群算法

中图分类号: TS896 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0187-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.034

A Polynomial Self-optimizing Method for the Character Correction of Distortion Prints

YANG Xiao-yan, ZHANG Jun-tao, ZHOU Qiang
(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a character correction method based on polynomial self-optimizing algorithm regarding the problems of no prior knowledge of the distortion, low efficiency of traditional method and poor accuracy in the correction process of distortion print characters. The character area to be detected was treated as a small image. The distortion region was determined by the initial correction. With the minimum difference result between the image to be tested and the standard image as the optimization target, the self-optimizing operation of the correction control point was carried out in distortion region by bacterial population algorithm, thereby establishing a correction function to correct the character distortion region, and finally it was realized by Matlab simulation. The mean correction accuracy of this method was less than 0.6 pixels, and the running time was less than 0.12 s, which achieved the purpose of fast and accurate correction of distortion characters. The self-optimizing method has overcome the shortcomings of manual operation and effectively corrected the distorted characters, which helps to improve the accuracy and efficiency of subsequent defect detection.

KEY WORDS: print character; distortion correction; self-optimizing method; bacterial population algorithm

印刷质量是印刷品各项外观特性的综合效果^[1], 是评价印刷品合格与否的重要因素。印刷品的基本信息主要通过字符反映, 字符印刷质量的好坏直接影响到印刷品信息传播的结果^[2], 因此有必要对印刷品字符缺陷进行检测。图像差分法是印刷品缺陷检测

的主要方法^[3], 然而在印刷过程中由于传送装置抖动等原因致使图像产生畸变, 无法直接进行差分比对, 需要采取有效的畸变校正算法实现配准。校正的精度将直接影响后续检测结果的准确性和精确性^[4], 因此, 畸变图像的校正是印刷品字符缺陷检测的重中之重。

收稿日期: 2017-11-01

基金项目: 陕西省教育厅专项科技项目(16JK1105); 陕西省科技攻关项目(2016GY-005); 咸阳市科技计划(2017k02-06)

作者简介: 杨晓妍(1993—), 女, 陕西科技大学硕士生, 主攻机器视觉、图像处理。

通信作者: 张俊涛(1966—), 男, 陕西科技大学教授, 主要研究方向为嵌入式系统、信号处理、短距离无线通信。

图像校正的关键是找出实现图像对准的校正函数进行复原处理。针对畸变图像的几何校正,目前常用的变换方法有刚体变换^[5]、仿射变换^[6-7]、多项式变换^[8-9]等。其中,刚体变换无法对抖动等造成的空间变形图像进行校正;仿射变换对于复杂畸变、尤其是细小字符畸变的校正不够精确;多项式变换通过寻求适当的多项式拟合图像之间的坐标变换关系实现校正^[10],此方法精度有所提高,但需人工选取校正控制点,校正精度受主客观因素的限制,因此,针对现有方法的不足,找出一种能够快速准确进行畸变字符校正的方法至关重要。

针对印刷品字符畸变区域的校正,文中将待检测字符区域视为一种小篇幅图像,在传统多项式法的基础上,提出一种自寻优改进算法:首先对待检测图像进行均匀选点以完成初次校正,通过对校正后缺陷图像中误检情况的判断确定畸变较大区域,进而利用菌群算法对畸变较大区域进行控制点自寻优,从而达到字符畸变区域最优校正的目的。实验结果表明该方法可以实现控制点的快速准确选取,提高字符畸变区域校正的准确性和快速性,减少漏检误检的发生,具有一定的生产指导意义。

1 印刷品字符缺陷检测及畸变校正

1.1 印刷品字符缺陷检测

印刷品缺陷检测的基本流程为:先对采集到的实时图像进行配准校正,将经校正后的待测图像与标准图像进行差分比对,最后根据检测标准找出具有一定面积、一定灰度差异的缺陷信息^[11]。

1.2 缺陷检测中的畸变校正及其难点

印刷品字符面积小、边缘复杂且印刷过程中易产生畸变,因此在差分比对前需对图像进行畸变校正。图像校正的最基本问题是找出实现图像对准的空间变换或映射方法,用以消除图像的空间变形^[5]。校正配准的一般流程见图1,先在标准图像上选取控制点;通过相似性度量在待检测图像上找到相应匹配点;利用控制点对建立坐标变换参数;最后由坐标变换参数对图像进行校正。通常通过多项式来拟合两图像之间的坐标变换关系,由此可以将图像校正问题转化为确

定多项式的系数问题,最终转化为确定校正控制点。

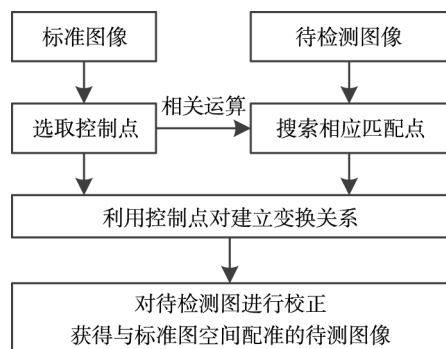


图1 校正配准流程

Fig.1 Flow chart of calibration registration

在实际字符校正过程中,存在以下几个难点。

1) 字符尺寸过于窄小。相对于面积为几十至几百万像素的整幅图像来说,字符宽度仅10像素,尺寸过于窄小,而设备抖动产生的畸变幅度可达几十甚至上百像素,使现有方法难以进行细小字符的识别和校正。

2) 畸变类型与畸变区域无法预知。印刷品字符受到生产工艺及机械精度等因素的影响会产生旋转、平移、缩放、偏扭、弯曲等形变^[12]。在实际校正过程中无法通过目视迅速判断畸变类型及区域,即无法准确找出实现图像对准的变换关系,使得后续的校正工作难以进行。

3) 控制点选取存在局限性。畸变字符的校正情况依赖于校正函数,而校正函数的确定依赖于控制点的选取。但通常在控制点选取时采用人工选点,该方法需耗费大量人力且受主客观因素影响,无法有效选取最优点进行校正。

2 字符畸变区域的自寻优改进算法

为了克服以上难点问题,文中设计了一种自寻优改进算法。针对难点1,将整幅图像分割为若干小篇幅图像,分别进行不同程度的畸变校正,以此提高校正精度。针对难点2,先对图像进行初次校正,通过分析校正结果确定畸变区域,再将畸变视为多种变形的综合结果,利用多项式法确定图像校正函数完成几何校正。针对难点3,引入菌群算法实现控制点的自寻优过程,达到字符畸变区域快速准确校正的目的。

文中的自寻优改进算法流程见图2,先对采集到

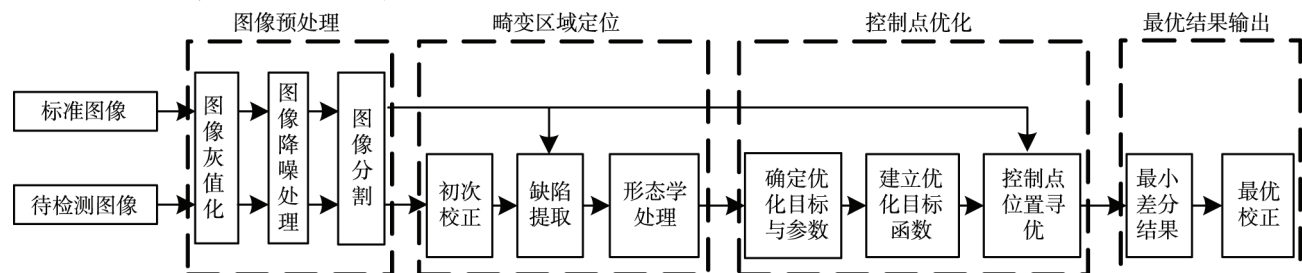


图2 自寻优改进算法流程

Fig.2 Flow chart of self-optimization algorithm

的图像进行灰度变换、滤波和分割等预处理。再分别对分割后的小篇幅图像进行初次校正和缺陷提取,并通过形态学处理定位畸变区域。最后使用菌群算法在畸变区域中进行控制点自寻优,找到最优控制点以实现畸变区域的准确校正。其中,畸变区域定位和控制点优化是该算法的核心。

2.1 畸变区域定位

由于待检测字符图像的畸变情况未知,先对图像进行初次校正,以消除整体的基础畸变。在标准图像上选取均匀分布的控制点,利用 1.2 节中所述方法建立变换方程完成对待检测图像的初次校正。将初次校正后的待检测图像与标准图像进行差分比较,并利用 otsu 法^[13]进行阈值分割,从而将缺陷提取出来。

初次校正对图像的整体畸变进行了还原,但若图中存在畸变情况较严重、初次校正无法有效还原的情况时,需对该严重畸变区域单独进行校正。此时缺陷图像中除真实缺陷以外,还存在由于未完全消除畸变而产生的误检点。其中误检点单个面积非常小、分布多且集中,而真正的缺陷区域分布较分散、单个面积大,因此文中先对提取出的缺陷区域进行形态学膨胀处理,使分布集中的误检点构成同一连通域,当连通域面积大于一定值时,可将该区域视为畸变较大区域,由此定位出畸变区域的位置。

2.2 校正控制点优化

畸变图像的校正效果取决于使图像对准的变换矩阵,而变换矩阵的确定取决于校正控制点的选取,因此,文中对畸变区域内的控制点进行寻优操作,通过优化控制点的位置以寻求畸变区域最优校正的效果。

2.2.1 优化目标与优化参数

1) 优化目标。畸变校正的理想结果是在后续的缺陷检测中准确检测到缺陷且无误检产生。为了实现量化畸变校正效果最佳这一目标,文中以校正后

$$r(T^{x_k, y_k}, S^{u, v}) = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^m (T^{x_k, y_k}(x, y) - \overline{T^{x_k, y_k}})(S^{u, v}(x, y) - \overline{S^{u, v}})}{\sqrt{\left(\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^m (T^{x_k, y_k}(x, y) - \overline{T^{x_k, y_k}})^2 \right) \left(\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^m (S^{u, v}(x, y) - \overline{S^{u, v}})^2 \right)}} \quad (2)$$

3) 确定变换矩阵。控制点与匹配点确定后,据多项式原理可知^[14],变换矩阵 T_n 通过式 (3) 求得:

$$\begin{cases} u = \sum_{j=1}^m \sum_{k=0}^{m-j} a_{jk} x^j y^k \\ v = \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^{m-j} b_{jk} x^j y^k \end{cases} \quad (3)$$

式中: (u, v) 为待校正图中的匹配点坐标; (x, y) 为标准图中的控制点坐标; a_{jk} 和 b_{jk} 为待定系数,即变换矩阵 T_n 的组成元素。文中选用一次多项式校正,故式中 $m=1$,化简式 (3) 并用矩阵表示为:

的待检测图像与标准图像的差分结果为优化目标。因畸变校正的结果会消除误检,但不会消除真实缺陷。故差分结果最小时,说明误检完全消除,此时图中检测到的缺陷均为真实缺陷,优化目标见式 (1),其中 $f(x, y)$ 为 $M \times N$ 的标准图像, $g(x, y)$ 为 $M \times N$ 的校正后待检测图像, Δ 为图像差分结果。

$$\min \Delta = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M |g(x, y) - f(x, y)| \quad (1)$$

2) 优化参数。控制点的位置选取决定了校正效果,文中通过调整控制点位置寻求最佳校正效果。为提高精度且不占用匹配时间,选取 4 个控制点 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$, $D(x_4, y_4)$ 的位置坐标作为优化参数。

2.2.2 优化目标函数的建立

建立优化目标函数 Δ 和优化参数 $x_1 \dots x_4, y_1 \dots y_4$ 间的函数关系。

1) 确定控制点。控制点作为优化目标参数,其位置将依据多项式校正法在寻优过程中确定。在寻优过程中,控制点的初始位置越接近最终优化结果,校正效果会越好,但因无先验知识,故控制点在界定范围内先随机选取初始位置进行寻优过程,最终依据多项式校正法确定最优变换矩阵对畸变区域进行校正,并通过校正效果再反馈决定控制点的移动。具体的寻优过程将在 2.2.3 节中详细介绍。

2) 确定匹配点。以控制点坐标为中心,在标准图像上选取一定大小的模板区域,将模板区域叠放在待测图像上进行搜索,通过计算模板区域与搜索区域的相似性函数可确定相应匹配点坐标。相似性定义见式 (2)。其中, T^{x_k, y_k} 表示以 (x_k, y_k) ($k=1 \dots 4$) 为中心的模板区域, $S^{u, v}$ 表示以 (u, v) 为中心的搜索子图, $\overline{T^{x_k, y_k}}$ 为模板区域内所有元素均值, $\overline{S^{u, v}}$ 为搜索子图内所有元素均值。相似度取最大值 $\max(r(T^{x_k, y_k}, S^{u, v}))$ 时的点位置 (u, v) 即是该控制点的最佳匹配点。

$$(u, v) = (x, y, 1) \begin{pmatrix} a_{10} & b_{10} \\ a_{01} & b_{01} \\ a_{00} & b_{00} \end{pmatrix} = (x, y, 1) T_n \quad (4)$$

则可知 $T_n = (x, y, 1)^{-1} (u, v)$ 。带入控制点与匹配点,可化为:

$$T_n = \begin{pmatrix} a_{10} & b_{10} \\ a_{01} & b_{01} \\ a_{00} & b_{00} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_1 & v_1 \\ u_2 & v_2 \\ u_3 & v_3 \\ u_4 & v_4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

4) 畸变校正。确定变换矩阵后,即可对畸变图像坐标进行校正,并对校正后的坐标赋予灰度值,通过式(6)完成该过程。

$$g(x, y) = h(x', y') = h((x, y)T_n) \quad (6)$$

式中: $h(x', y')$ 为 $M \times N$ 的待校正图像; $g(x, y)$ 为 $M \times N$ 的校正后图像。

根据式(6),将式(5)中的 T_n 带入式(1)中,可得最终优化目标函数及其约束条件为:

$$\begin{cases} \min_{\substack{(x_1, y_1)(x_2, y_2) \\ (x_3, y_3)(x_4, y_4)}} \Delta = \Delta(x_1, \dots, x_4, y_1, \dots, y_4) = \\ \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M \left| h \left((x, y) \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_1 & v_1 \\ u_2 & v_2 \\ u_3 & v_3 \\ u_4 & v_4 \end{pmatrix} \right) - f(x, y) \right| \\ 0 < x_k < N, 0 < y_k < M (k=1, 2, 3, 4) \end{cases} \quad (7)$$

2.2.3 校正控制点位置寻优

文中使用菌群算法实现控制点位置的优化,菌群优化算法是由 K.Passino 教授提出的一种新型智能仿生优化算法^[15],通过模拟大肠杆菌的觅食行为实现寻找最优解的过程。在寻优过程中,将优化参数 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$, $D(x_4, y_4)$ 设置为细菌在 2 维空间中的具体位置信息,模拟菌群的趋向性、聚集、繁殖和迁徙 4 个主要觅食行为实现控制点的寻优过程,最终得到控制点位置的最优解。文中以校正后待测图像与标准图像的差分结果作为参数优化指标,并且以优化目标函数作为细菌适应度函数 J 。

$$J = \Delta(x_1 \dots x_4, y_1 \dots y_4) \quad (8)$$

具体的优化算法寻优步骤如下所述。

1) 初始化。寻优空间维数 $D=2$, 菌群规模 $S=100$ 。先对待优化参数初始化,为使畸变图像完整校正,文中设置各参数上下限为 $x_{\min}=1$, $x_{\max}=N$, $y_{\min}=1$, $y_{\max}=M$ ($k=1, 2, 3, 4$)。则控制点参数初始化见式(9),其中, r_{and} 为均匀分布在 $[0, 1]$ 区间的随机数, $x_k(0)$, $y_k(0)$ 为控制点初始值。

$$\begin{aligned} x_k(0) &= x_{\min} + \text{rand}(x_{\max} - x_{\min}) \\ y_k(0) &= y_{\min} + \text{rand}(y_{\max} - y_{\min}) \end{aligned} \quad (9)$$

则群体中第 i 个细菌的初始位置信息见式(10),其中 $i=1, 2, \dots, S$ 。

$$\begin{aligned} \theta_i(0) &= (A_0(x_1(0), y_1(0)), B_0(x_2(0), y_2(0)), \\ &C_0(x_3(0), y_3(0)), D_0(x_4(0), y_4(0))) \end{aligned} \quad (10)$$

根据 4 个控制点初值,利用式(2)计算 $\max(r(T^{x_k, y_k}, S^{u, v}))$ 以确定当前控制点的最佳匹配点,式(7)计算此时的优化目标函数,并将此作为细菌的适应度初始值。

2) 趋向性操作。对每个细菌进行一次旋转,利

用式(8)计算新位置的适应度值,并将其与前一位位置作比较,若未超过细菌前进步数的限制,当前值比前一个值更好,即当前校正偏差小于前一次,则前进,并更新适应度值;反之则保持不变。用 $\theta^i(j, k, l)$ 表示第 i 个控制点在第 j 次趋向性操作,第 k 次复制操作和第 l 次迁徙操作后的位置信息。 $C(i)$ 表示细菌趋向性的步长, $\Phi(j)$ 表示随机方向上的单位向量。则每一次趋向性操作后细菌 i 的位置更新为:

$$\theta^i(j+1, k, l) = \theta^i(j, k, l) + C(i)\Phi(j) \quad (11)$$

3) 复制操作。计算细菌在趋向性操作循环中经过的所有位置的适应度总和,适应度总和越大,校正偏差越大,细菌越不健康;反之则说明细菌越健康。淘汰适应度差的 $S_r = S/4$ 个细菌,复制前 S_r 个细菌。

4) 迁徙操作。菌群经过若干代复制后,每个细菌以一定概率被重新随机分布到新的位置空间。

5) 根据差分结果是否最小判断是否结束寻优。若满足最小,则结束寻优,返回当前的最优结果,即控制点的最优位置坐标以及差分结果的最小值;否则,返回第 2 步继续寻优。

寻优算法流程见图 3。其中, N_c , N_{re} , N_{ed} 分别为趋向性、复制和迁徙操作的执行次数,用参数 j, k, l 分

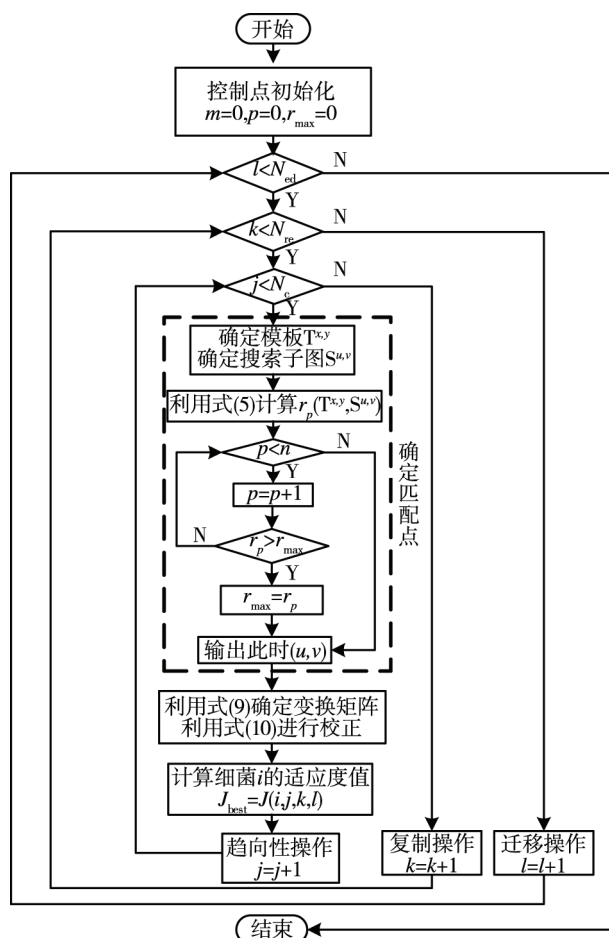


图 3 菌群算法寻优流程

Fig.3 Flow chart of bacterial population algorithm

别对这 3 个操作的计数, 初始时 $j=0, k=0, l=0$ 。 N_s 为趋向性操作中在一个方向上前进的最大步数, 用参数 m 计数, 初始时 $m=0$ 。 n 为确定匹配点时的最大搜索次数, 用参数 p 计数, 初始时 $p=0$ 。

3 实验分析

3.1 过程

为了考察菌群算法优化校正的效果性能, 文中对图 4 所示的 95 幅印品图像进行了仿真研究。具体的实验过程见图 5。



图 4 待检测图像
Fig.4 Image to be detected

1) 预处理。对标准图像与待检测图像进行中值滤波、灰度转换以及多次分割操作。

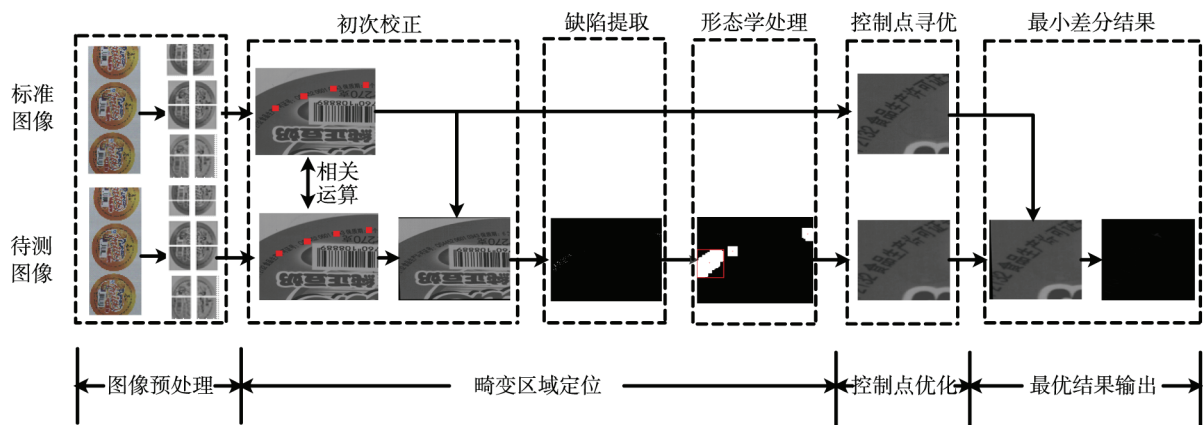


图 5 实验流程
Fig.5 Experimental process

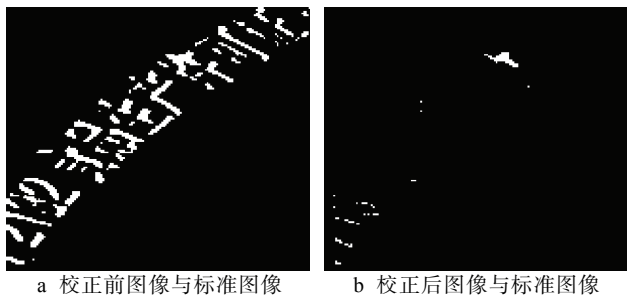


图 6 差分结果对比
Fig.6 Comparison of the difference results

同时, 因畸变字符的校正效果会影响后续缺陷检测的准确性及精确性, 故文中对分割后的每部分图像分别进行校正, 并利用 2.1 节中所述先差分后阈值分

2) 畸变区域定位。利用 2.1 节中所述方法, 均匀选取 4 个控制点进行待检测图像的初次校正, 并将校正后的待测图像与标准图像进行差分, 提取图中缺陷, 进而通过膨胀处理结果确定畸变区域。

3) 控制点优化。将畸变区域分割出来, 在该区域内利用 2.2 节中所述方法, 通过式 (1—7) 建立优化目标函数, 利用式 (8—11) 进行校正控制点自寻优过程。

4) 最优结果输出。将寻优结果输出, 即最优校正后的待测图像, 再与标准图像进行差分, 得到校正后最小差分结果。此时差分结果最小, 表明待测图像与标准图像实现空间对准, 缺陷图中误检完全消除, 证明字符畸变区域达到最优校正。

3.2 结果及分析

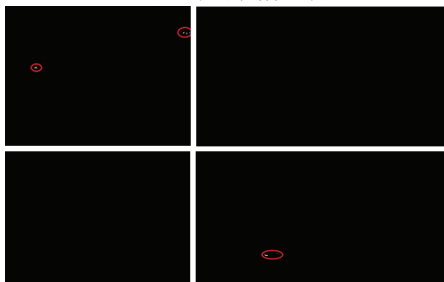
1) 校正效果。文中通过将校正前后待检测图像与标准图像的差分结果进行对比, 来表明校正效果的好坏。结果对比见图 6。由对比结果可看出, 该方法能够对字符畸变区域进行有效的校正, 且效果较好。

割的方法进行缺陷提取, 通过比较传统方法与文中算法下检测结果的准确性来表明校正效果的好坏。文中算法校正后检测结果见图 7b, 传统算法结果见 7c。由图 7 可知, 传统方法校正后检测结果有误检产生, 而通过文中算法对畸变区域进行校正, 缺陷检测结果无误检产生。

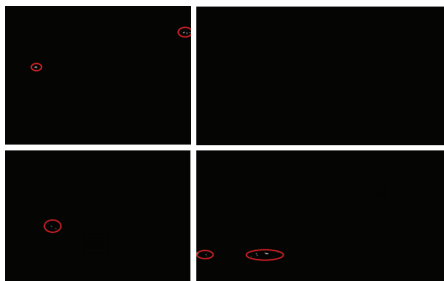
2) 校正精度。文中以均方根误差为标准来衡量校正精度。分别比较传统与改进算法下校正后图像中匹配点同标准点的均方根误差, 若误差小, 则说明校正后图像中的观测值同标准值之间的偏差小, 校正效果好; 反之, 则说明偏差大, 校正效果差。传统方法下校正图中匹配点的均方根误差见表 1, 改进算法下校正图中匹配点的均方根误差见表 2。



a 原图中的缺陷区域



b 自寻优改进方法检测出的缺陷区域



c 传统方法检测出的缺陷区域

图7 实际缺陷与检测缺陷对比

Fig.7 Comparison of actual defects and detected defects

由表1—2数据计算可知,传统算法的平均偏差为0.8848像素,而改进算法的控制点坐标平均偏差为0.5096像素,明显低于传统算法偏差。同时为了避免随机性的影响,文中对总计95幅畸变字符图像进行了校正检测,检测结果见表3。

表1 传统方法校正图中匹配点的均方根误差

Tab.1 Root mean square error of matching point in correction chart by traditional method

标准输出		传统输出		均方根误差 r_i ($i=1,2,\dots,10$)
x坐标	y坐标	x坐标	y坐标	
24.2952	260.3247	25.3008	258.4722	1.4905
106.0111	194.476	105.5976	193.4653	0.7722
41.7491	245.2509	42.0013	243.4326	1.298
211.5277	142.9077	210.8487	143.3988	0.5983
78.2435	209.5498	76.7239	208.8442	1.1847
432.8745	91.3395	434.176	91.1385	0.9312
303.5572	112.7601	304.2357	113.1209	0.5434
255.1624	126.2472	255.4625	126.2168	0.2133
495.5498	84.9926	496.2376	85.4294	0.5761
403.5203	93.7196	405.1873	94.2653	1.2403
$\sum r_i / 10 = 0.8848$				

表2 改进算法校正图中匹配点的均方根误差

Tab.2 Root mean square error of matching point in correction chart by improved algorithm

标准输出		传统输出		均方根误差 r_i ($i=1,2,\dots,10$)
x坐标	y坐标	x坐标	y坐标	
24.2952	260.3247	24.8725	259.9622	0.482
106.0111	194.476	106.3276	193.9857	0.4127
41.7491	245.2509	42.4786	245.8722	0.6776
211.5277	142.9077	211.9635	143.0277	0.3196
78.2435	209.5498	78.3947	209.7298	0.1662
432.8745	91.3395	433.7268	91.8953	0.7195
303.5572	112.7601	303.9263	112.9704	0.3004
255.1624	126.2472	255.5629	125.3724	0.6803
495.5498	84.9926	496.3376	85.7369	0.7664
403.5203	93.7196	404.2901	93.9628	0.5708
$\sum r_i / 10 = 0.5096$				

表3 检测结果

Tab.3 Detection results

算法	总检测 个数	正确检 测个数	正确检测 概率/%	平均运行 时间/s	平均校正 精度/像素
传统 算法	95	80	84.21	0.6572	0.8985
改进 算法	95	89	93.68	0.1187	0.5095
改进 程度		提高 11.25%	提高 11.25%	提高 81.93%	提高 43.29%

实验证明,文中的自寻优改进方法能消除误检并准确检测出图中缺陷,与传统算法相比,改进算法的校正精度提高了43.29%,运行时间提高了81.93%,且后续缺陷检测的准确率提高了11.25%,能更好地实现畸变字符的校正。

4 结语

以畸变印刷品字符图像为研究对象,针对其配准校正过程中畸变情况未知、传统方法效率低、精度差的问题,提出了以自寻优改进算法为核心的字符校正方法。通过大量实验证实了文中算法的正确性及可行性。其中,自寻优改进算法是文中的核心,与传统算法相比,它克服了人工选点因存在局限性而导致的效率低、精度差的问题,并引入菌群算法实现了控制点的自动寻优过程,达到了快速、准确校正畸变字符的目的。通过对比分析实验数据得知,该算法的平均校正精度在0.6像素以内,系统运行时间低于0.12s,较传统算法更精确、快速。通过该算法对畸变图像进行校正后,缺陷检测的正确率可达93.68%,在实际应用中具有明显优势。

参考文献:

- [1] KIPPHAN H. Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods[M]. Heidelberg: Heidelberg Druckmaschinen AG, 2001.
- [2] 邢堃, 韩汉光, 吴怡之. 基于机器视觉的印刷标签检测系统的改进[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(11): 197—201.
XING Kun, HAN Han-guang, WU Yi-zhi. Improvement of Machine Vision Based Defect Detection System for Printed Labels[J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50(11): 197—201.
- [3] 田敏, 刘全香. 分区域分等级的印刷品缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 122—127.
TIAN Min, LIU Quan-xiang. Method of Print Defects Detection Based on Sub-region and Grading[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 122—127.
- [4] 汪清芳. 基于机器视觉的标签缺陷检测系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2014.
WANG Qing-fang. Design and Implementation of Label Detection System Based on Machine Vision[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2014.
- [5] 张立凡. 基于机器视觉的图文印刷缺陷检测研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2010.
ZHANG Li-fan. Study on the Defect Detection of Graphic Printing Based on Machine Vision[D]. Beijing: Beijing Institute of Graphic Communication, 2014.
- [6] 胡方尚, 郭慧, 邢金鹏, 等. 基于印刷缺陷检测的图像配准方法研究[J]. 光学技术, 2017, 43(1): 16—21.
HU Fang-shang, GUO Hui, XING Jin-peng, et al. Image Registration Based on Label Printing Defect Detection[J]. Optical Technique, 2017, 43(1): 16—21.
- [7] 管焱然, 管有庆. 基于OpenCV的仿射变换研究与应用[J]. 计算机技术与发展, 2016, 26(12): 58—63.
GUAN Yan-ran, GUAN You-qing. Research and Application of Affine Transformation Based on OpenCV[J]. Computer Technology and Development, 2016, 26(12): 58—63.
- [8] 王学平. 遥感图像几何校正原理及效果分析[J]. 计算机应用与软件, 2008(9): 102—105.
WANG Xue-ping. Geometric Rectification and Effect Analysis of Remote Sensing Image[J]. Computer Applications and Software, 2008(9): 102—105.
- [9] 王春媛, 张晔, 吴扬, 等. 融合共线方程和多项式修正的遥感影像正射校正[J]. 西安交通大学学报, 2012, 46(12): 49—54.
WANG Chun-yuan, ZHANG Ye, WU Yang, et al. An Ortho-Rectification Algorithm Based on Collinearity Equation and Polynomial Error Modification for Remote Sensing Imagery[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2012, 46(12): 49—54.
- [10] 杨高攀. 遥感影像几何校正方法研究与应用[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.
YANG Gao-pan. Research and Application on Geometric Correction Methods of Remote Sensing Image[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2010.
- [11] 刘海娟. 基于图像处理的印刷品缺陷检测技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
LIU Hai-juan. Research on Defect Detection of Printed Matter Based on Image Processing[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.
- [12] 郭凡慈. 图像配准和缺陷检测算法在印刷系统中的应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
GUO Fan-ci. Image Registration and Defect Inspection Algorithms and Their Application in Printing System[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011.
- [13] QIAO Nao-sheng, SUN Ping. Study of Improved Otsu Algorithm and Its Ration Evaluation Analysis for PCB Photo Electric Image Segmentation[J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2014, 124(17): 4784—4787.
- [14] 曹玲玲, 张永梅. 基于多项式的遥感图像快速几何校正[J]. 电脑开发与应用, 2011, 24(1): 5—7.
CAO Ling-ling, ZHANG Yong-mei. The Rapid Geometric Correction of Remote Sensing Images Based on Polynomial Transform[J]. Computer Development and Application, 2011, 24(1): 5—7.
- [15] PASSINO K M. Biomimicry of Bacterial Foraging for Distributed Optimization and Control[J]. IEEE Control Systems Magazine, 2002, 22(3): 52—67.