

## 一种印刷重影检测方法

赵 键,刘 雨,肖 飞

(国防科技大学 电子科学与工程学院 信息工程系,湖南 长沙 410073)

**摘 要:** 将数码相机自动聚焦方法中的 FSWM(频率可选加权中值滤波)算子应用到烟标印刷重影检测中。与现有的几种方法进行了性能比较。

**关键词:** 印刷重影 自动聚焦 FSWM 算子 鲁棒性

印刷技术的缺陷在印刷过程中常会引发多种问题。以烟标印刷为例,常见的缺陷有飞墨造成的污迹、印刷套色不准引起的重影、压凸部分与对应的图案或文字没有对准造成的压凸缺陷等。目前,国内主要是通过目测法来进行印刷品的质量检测。这种方法效率低、成本高、主观性强并且错误率较高。利用机器视觉检测来替代现有的人工检测方法已经成为国内外研究的重点。

印刷重影由于其缺陷特征细微,极易受噪声和图像配准精度的影响。因此如何精确、快速、可靠地检测出诸如重影等细微缺陷一直是研究的热点也是难点问题。目前针对印刷重影检测的方法有差值图像法<sup>[1]</sup>、互相关匹配法<sup>[2]</sup>等。这些方法虽然简单易行,但是在噪声和图像配准精度的影响下会导致检测准确率下降。

针对现有方法的不足,本文将数码相机自动聚焦方法中的 FSWM 算子应用到烟标文字重影的检测中,较好地实现了对噪声和图像配准精度的鲁棒性的改进。

### 1 基于 FSWM 算子的重影检测方法

烟标的重影缺陷主要是由于套印不准所导致的,多半发生在图案或文字区域。比较图 1 和图 2 可以看到,存在重影的文字区域具有文字笔画边缘不清、整体模



图 1 有重影的文字区域



图 2 无重影的文字区域

糊的特征。根据傅立叶光学理论,图像清晰的程度主要由光强分布中的高频分量的多少决定,高频分量少则图像模糊,高频分量丰富则图像清晰。从图 2 中可见,由于文字笔画边缘清晰,包含边缘的信息的高频分量显然要比图 1 中的多,因此,可以将图像边缘信息的高频分量的多少作为判断烟标文字区域是否存在重影的测度。

目前,在数码相机自动聚焦方法中应用比较广泛、利用图像边缘高频分量来作为判断图像清晰度的评价函数<sup>[3]</sup>主要有以下两类:

(1)梯度类函数:包括 Tenengrad 算子、SML 算子、SMD

算子等,这些算子均通过计算图像梯度来计算高频分量。

(2)频率类函数:这类函数主要基于图像的傅立叶变换,傅立叶变换的高频分量对应着图像的边缘,可以将傅立叶变换后的高频分量多少作为评价函数。

在梯度类函数中,比较常用的一种算子是SMD算子,即Sum-Modulus-Difference(模数偏差总和)算子,计算两相邻像素点的水平方向和垂直方向的一阶灰度偏差的总和,如式(1)所示。

$$\begin{aligned}
 SMD_x &= \sum_x \sum_y |f(x,y) - f(x,y-1)| \\
 SMD_y &= \sum_x \sum_y |f(x,y) - f(x+1,y)| \\
 SMD &= (SMD_x + SMD_y)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

由于种种原因,在图像获取、检测过程中常会出现各种噪声。而上述两类传统的评价函数的不足就在于对噪声比较敏感。因此,希望能采用一种既能准确计算出图像的高频分量大小,又对噪声不敏感的算子。FSWM算子<sup>[4]</sup>即Frequency-Selective-Weighted-MedianFilter(频率可选择加权中值滤波)算子,正好能满足需要。上面所介绍的SMD算子就是基于梯度、偏差来计算图像的高频分量,而梯度、偏差算子实质上是高通滤波器。由图像处理技术可知,中值滤波器既能有效地保留图像的边缘,又能有效地抑制脉冲噪声,所要采用的FSWM算子结合了中值滤波器和高通滤波器的优点,从而实现了在对噪声不敏感的情况下准确计算出图像边缘所包含的高频分量。本文所采取的FSWM算子如式(2)、(3)、(4)所示。

$$\begin{aligned}
 F_x &= med\{f(x-1,y), f(x,y), f(x+1,y)\} \\
 &\quad - \frac{1}{2} med\{f(x-3,y-2), f(x-2,y-2), f(x-1,y-2)\} \\
 &\quad - \frac{1}{2} med\{f(x+1,y+2), f(x+2,y+2), f(x+3,y+2)\}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= med\{f(x,y-1), f(x,y), f(x,y+1)\} \\
 &\quad - \frac{1}{2} med\{f(x-2,y-3), f(x-2,y-2), f(x-2,y-1)\} \\
 &\quad - \frac{1}{2} med\{f(x+2,y+1), f(x+2,y+2), f(x+2,y+3)\}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$FSWM = \sum_x \sum_y F_x^2 + \sum_x \sum_y F_y^2
 \tag{4}$$

式中: $f(x,y)$ 为图像像素点的灰度值, $F_x$ 、 $F_y$ 分别为图像沿水平方向和垂直方向的FSWM滤波的结果,FSWM为图像的FSWM滤波算子值。

从FSWM算子的表达式中不难发现,对于图像中任一点,其水平和垂直方向的FSWM滤波结果是通过选择位于相同行或列的三个相邻点的中值来进行梯度偏差的计算,当图像发生小位移(如水平或垂直方向偏移1个像素),由于中值选择的作用,该点处的FSWM滤波值不会发生变化。从而可以得出结论,当待测图像相对于模

板图像的配准精度在小范围内波动时,对FSWM算子值不会产生很大的影响。

## 2 检测方法的具体应用

具体应用到检测烟标文字区域重影时,本文采取了以下步骤:

(1)图像的预处理:首先是确定标准模板图像文字区域位置坐标,再利用该位置坐标应用图像配准的方法将待测图像的文字区域相对于模板图像的文字区域进行位置配准。本文采用基于边缘的霍夫变换图像配准方法<sup>[5]</sup>。

(2)分别计算标准图像和配准后的待测图像文字区域的FSWM算子值。记 $Fl_s$ 为标准图像文字区域的FSWM算子值, $Fl_r$ 为配准后待测图像文字区域的FSWM算子值。

(3)确定重影检测的测度。设 $Fratio$ 为 $Fl_r$ 与 $Fl_s$ 的比值,即 $Fratio = Fl_r / Fl_s$ 。由于 $Fl_r$ 、 $Fl_s$ 分别反映了待测与标准图像中高频分量的大小,显而易见,当待测图像无重影时, $Fratio \approx 1$ ;当待测图像有重影时, $Fratio < 1$ 。因此,可以确定一个门限值 $Tf$ ,如果 $Fratio < Tf$ ,则判断待测图像有重影;如果 $Fratio > Tf$ ,则判断待测图像无重影。

## 3 实验结果

本文先采用124幅待测图像来进行各个算法的对比实验,其中31幅是相对于标准图像的旋转角度在 $[-10^\circ, 10^\circ]$ 范围内的无重影图像,31幅是相应的旋转角度在 $[-10^\circ, 10^\circ]$ 范围内的有重影图像,另外62幅是在前两者基础上叠加了脉冲噪声的图像(信噪比为44.3dB)。

(1)通过计算 $Fratio$ ,可得到图3所示的折线图。图中横坐标为各个待测图像相对于标准图像的旋转角度值。从图3中可以看出,当待测图像无重影时,不管是否存在噪声,其 $Fratio$ 值均在1的附近变动(表现为方框线与叉号线几乎吻合且比较平稳地分布在0.9~1范围内);当待测图像有重影时,不管是否存在噪声,其 $Fratio$ 值分布在0.7的附近(表现为圈号线与三角线几乎吻合且比较平稳地分布在0.7~0.8范围内)。由此可见,本文采用的FSWM算子对噪声并不敏感,而且通过一个判别门

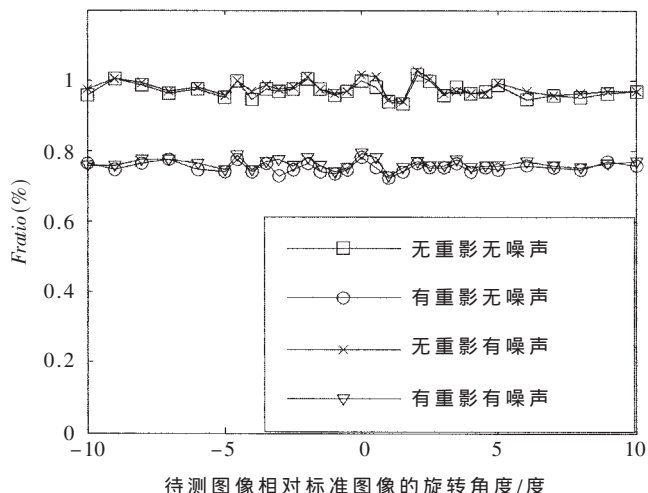


图3 FSWM算法性能图

限值可以准确地判断出待测图像是否存在重影。

(2)与FSWM算子法类似,利用SMD算子计算Sratio,得到图4所示的折线图。

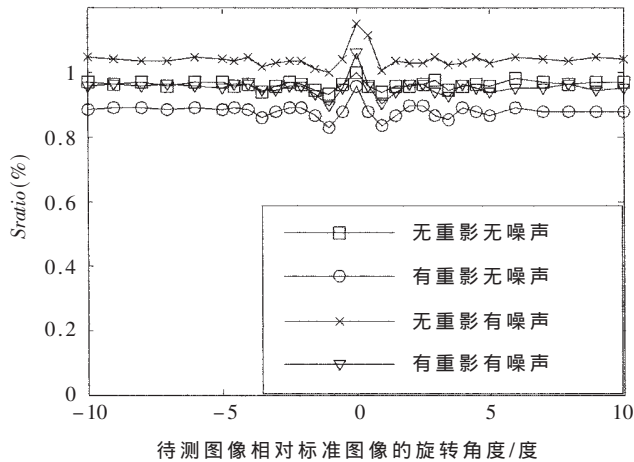


图4 SMD算法性能图

从图4中可见,当待测图像无重影时,由于噪声的影响,导致Sratio的值波动很大(表现为方框线与叉号线相差很大);当待测图像有重影时,由于噪声的影响,同样会导致Sratio的值波动较大(表现为圈号线与三角线偏差较大),因此,SMD算子法对噪声很敏感。

(3)采用互相关匹配法可得到如图5所示的结果。Corr值即待测图像与标准图像之间的互相关系数。从图5中也可看到,互相关匹配法极易受到噪声影响,因此各个折线相差较大。从图5中可以看到,在 $[-1^\circ, 1^\circ]$

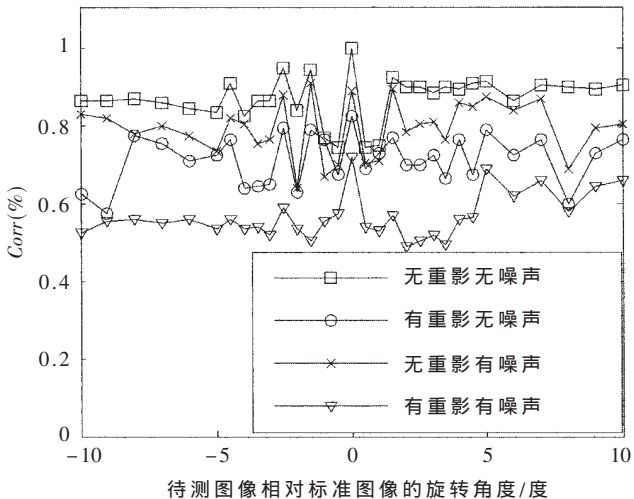


图5 互相关匹配法性能图

的小旋转角度范围内,Corr的值波动较大,反映了当待测图像相对于标准图像旋转角度较小时,配准精度有所波动。反观图3可见,FSWM算子法在同样的小角度范围内,Fratio的变化要平稳得多,可以看出,互相关匹配法受匹配精度影响较大,而本文所采用的FSWM算子法受匹配精度影响较小。

在Windows平台下,利用Matlab7.0.1实现了相应检测程序。本文采用的实验数据为300幅待测图像,图像大小为 $650 \times 300$ 像素。通过实验得到四种重影检测算法的检测性能如表1所示。

表1 四种重影检测方法检测性能表

	检测率	漏检率	虚警率	所耗时间(s)
FSWM算子法	0.945	0.03	0.025	0.23
SMD算子法	0.717	0.08	0.200	0.19
互相关匹配法	0.624	0.09	0.280	0.34
差值图像法	0.583	0.12	0.300	0.12

本文提出了基于FSWM算子的重影检测方法,并将该方法与其他两种重影检测方法进行对比,实验结果表明本文所采用的FSWM算子法检测重影准确率高,与其他传统的检测方法相比,在脉冲噪声和配准精度的鲁棒性方面有较大的改进,能较好地满足印刷品的重影检测。进一步的工作可以归纳为如下两点:

(1)改进图像预处理中所采用的图像配准方法,使得配准精度更高,速度更快。

(2)可以考虑,在FSWM算子中只用一个方向上的FSWM算子,即水平方向或垂直方向,以减少计算量。

### 参考文献

- [1] RADKE R J, ANDRA S, Al-Kofahi O et al. Image change detection algorithms: a systematic survey Image Processing[J], IEEE Transactions, March 2005: 294-307.
- [2] 曲中周. 基于图像处理的香烟小包装在线实时检测系统[D]. 南京航空航天大学硕士学位论文, 2004.5.
- [3] 刘树凤. 数码相机自动聚焦算法的研究与实现[D]. 华南理工大学硕士学位论文, 2003.2.
- [4] CHOI K S, LEE J S, KO S J. New autofocusing technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras[J]. Consumer Electronics, IEEE Transactions on. June 1999: 820-827.
- [5] 张登银, 汤志云. 基于边缘配准的印鉴自动鉴别方法[J]. 南京邮电学院学报, 2003, (9): 25-30.