

DOI: 10. 13475/j.fzxb.20180300706

基于毛羽补偿与自适应中值滤波的 纱线主体图像识别算法

孙巧妍¹, 陈祥光², 刘美娜¹, 孙玉梅¹, 辛斌杰¹

(1. 烟台南山学院 工学院, 山东 烟台 265713; 2. 北京理工大学 化学与化工学院, 北京 100081)

摘要 为解决纱线参数识别与计算过程中毛羽对纱线主体图像识别的干扰问题,提出了基于毛羽部分图像灰度补偿与自适应中值滤波的算法。采用 R 数据将影像扫描仪采集到的 RGB 图像二值化处理为灰度图像;然后根据毛羽形态上垂直方向灰度值的变化规律识别毛羽(白色背景黑色纱线),并进行由小及大的 3 层推抹补偿,同时根据毛羽像素灰度值特点识别毛羽(黑色背景白色纱线),并用背景灰度值补偿;最后将补偿后的 2 种图像各自进行最大窗口小于 11 的自适应中值滤波。MatLab 仿真结果表明,该算法可较快地识别并补偿毛羽部分像素得到清晰的纱线主干图像,处理结果可达到检测精度要求。

关键词 毛羽补偿; 自适应中值滤波; 灰度变阈值识别; 垂直方向识别及推抹
中图分类号: TP 319 文献标志码: A

Image recognition algorithm based on yarn hairiness compensation and adaptive median filter

SUN Qiaoyan¹, CHEN Xiangguang², LIU Meina¹, SUN Yumei¹, XIN Binjie¹

(1. College of Engineering, Yantai Nanshan University, Yantai, Shandong 265713, China;
2. School of Chemical Engineering and Environment, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract In order to solve the influence of yarn hairiness on image recognition of yarn body in the process of yarn parameter recognition and calculation, an algorithm based on gray scale compensation and adaptive median filtering was proposed. R data were used to binarize the RGB image collected by the image scanner into a grayscale image. The image of the black yarn with white background was recognized according to the change of the vertical gray value in the feather form and then compensated by 3 layer push from small to large. The image of the white yarn with black background was recognized and the background gray value was compensated according to the gray value of the feather pixel. Each of the two compensated images were subjected adaptive median filtering (ANF) with a maximum window smaller than 11. The results of MatLab simulation show that the algorithm can recognize and compensate some pixels of yarn hairiness quickly and acquire clear main yarn image. The results can meet the requirements of accuracy.

Keywords hairiness compensation; adaptive median filter; recognition of gray threshold value; vertical direction recognition and push-wipe

在纺织行业的实际生产中,对纱线的质量检测及纱线密度的测量均需要检测并识别纱线主体。目前,国内外学者针对纱线毛羽进行了很多关于数字

图像处理方面的研究,以电子仪器测量以及图像处理代替人工测量。经过十几年的研究,数字图像处理纱线主干检测技术得到了快速发展。姬建正

收稿日期: 2018-03-01 修回日期: 2018-09-30

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR201709210161, 2016ZRA06068)

第一作者: 孙巧妍(1978—),女,副教授,硕士。研究方向为智能检测与控制、难测参数软测量建模。E-mail: bailianru@163.com。

等^[1]提出了一种首先采用二维自适应维纳滤波进行预处理,然后进行基于遗传算法的二维最大熵法阈值化和形态学运算的数字图像处理方法,方珩等^[2]提出了一种包括灰度变换、背景处理、图像增强去噪分割、动态阈值分割、倾斜纠正等手段的新型纱线毛羽图像特征识别算法。文献[3-5]也在这方面作了很多研究,但这些方法在算法难易程度、运算速度、识别结果方面都有待于进一步研究。

本文提出了一种先对预处理后的数字图像进行毛羽识别判断及图像补偿,然后对补偿后的图像进行自适应中值滤波运算的方法,去除原图像中的噪声和毛羽,保留纱线主体部分,2步完成纱线主体图像的提取。相比于以往的方法,本文算法相对简单,运算速度快。

1 数字图像中毛羽的识别与补偿

本文研究采用的图像采集设备是 Epson Perfection V850 Pro 底片胶片 A4 幅面影像扫描仪,采集图像所用到的纱线来源于南山集团精纺呢绒总厂 2017 年 4 月某批次产品,使用的处理软件是 MatLab7.0 及以上版本。采集的图像分为 2 类,一类是黑色背景白色纱线,另一类是白色背景黑色纱线。设备直接采集的是 RGB 彩色图像,黑色背景横向纱线图像矩阵大小为 $400 \times 506 \times 3$,黑色背景纵向纱线图像矩阵大小为 $500 \times 1\ 760 \times 3$,白色背景黑色纱线图像矩阵大小为 $800 \times 800 \times 3$ 。毛羽识别处理只需识别并去除毛羽部分,为后续的纱线直径及纱线密度识别打下基础,而对毛羽颜色识别不做要求。实际上 RGB 图像在存储黑或白图像时三维数据差别不大,因此直接采用原数据矩阵中的第 1 层即 R 数据进行降维处理,处理后图像变为灰度图像,大小为 400×506 、 $500 \times 1\ 760$ 和 800×800 。降维后的灰度图像既含有噪声又有毛羽,这二者均影响对纱线主体的判断。图 1 示出一张黑色背景白色纱线的原始采集图像。二值化预处理后,单纯使用窗口尺寸不超过 7 的自适应中值滤波后图像如图 2(a)所示,图 2(b)为使用 3×3 的方形结构元对图像进行膨胀腐蚀结合操作处理后的图像。

由图 2(a)可看出,单纯使用自适应中值滤波,图像没有明显变化,这是因为自适应中值滤波算法处理椒盐噪声效果很明显,而对毛羽的处理则没有效果。由图 2(b)可看出,单纯使用膨胀与腐蚀操作的结合可以将毛羽去除,但纱线主体的图像相比于原图有明显的模糊且边界不清晰。毛羽是实际存在的物体,不同于椒盐噪声、椒粒噪声或者白噪声,因

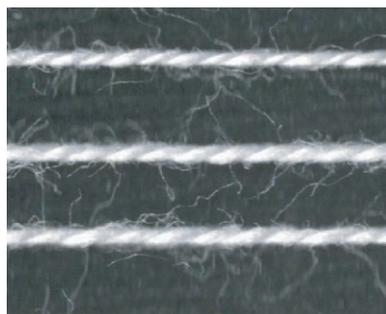
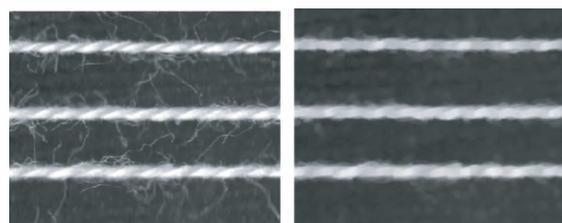


图 1 黑色背景白色横向纱线原始图像
Fig.1 Black background white transverse yarn original image



(a) 使用自适应中值滤波 (b) 使用膨胀腐蚀操作

图 2 使用自适应中值滤波和膨胀腐蚀操作处理后的图像

Fig.2 Images processed by adaptive median filtering (a) and by inflation and corrosion operations (b)

此应该研究一种算法只去除毛羽和噪声部分而保留纱线主体部分的清晰图像。

由于采集的黑色背景和白色背景 2 类图像中纱线毛羽呈现的灰度值和形态不用,为尽可能简单地识别并处理毛羽,针对 2 种不同情况采取的识别算法也不同。

1.1 毛羽灰度变阈值识别补偿法

黑色背景白色纱线的图像是常见的纱线采集图像,在这类图像中,由于毛羽相比于纱线主体要细很多,图像表现出纱线主体为白色而毛羽部分呈现灰白色的特点,即毛羽部分的灰度与纱线主体部分的灰度明显有差异。针对毛羽图像的这个特点,采取灰度变阈值识别来判断毛羽部分的像素位置。

取整幅图像中灰度最大的 N 个和最小的 N 个值,然后各自取其均值作为识别算法中的最大灰度和最小灰度值。

$$G_{\max} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_1(1, i)$$

$$G_{\min} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_2(1, i)$$

式中: $D_1(1, N)$ 为最大值矩阵; $D_2(1, N)$ 为最小值矩阵; G_{\max} 为最大灰度均值; G_{\min} 为最小灰度均值。然后选取适当的阈值作为毛羽部分灰度识别的灰度值上限和下限。

$$h = G_{\min} + (G_{\max} - G_{\min}) \times \lambda_h$$

$$l = G_{\min} + (G_{\max} - G_{\min}) \times \lambda_l$$

式中: h 为灰度值上限; l 为灰度值下限; λ_h 为灰度值上限权值; λ_l 为灰度值下限权值, 且 $0 < \lambda_l < \lambda_h < 1$ 。依次遍历图像中的所有像素点, 如果图像灰度值 $x(i, j)$ 处于 (l, h) 区间, 则判断该像素为纱线毛羽, 需要补偿。可选择图像黑色背景部分的灰度值作为补偿值, 将该灰度值替换已识别出的原图像中的毛羽像素。

采用上述算法进行仿真, 图像矩阵大小为 400×506 。将采集的图像调入 MatLab, 经实验验证, 取 $N=10$, $\lambda_l = 1/6$, $\lambda_h = 1/2$, 补偿灰度值为 $l - (G_{\max} - G_{\min}) \times 1/17$ 时, 处理横向纱线的仿真结果较好, 如图 3 所示。图 4(a) 为黑色背景纵向纱线原始采集图, 二值化后图像矩阵大小为 500×1760 , 处理结果如图 4(b) 所示。由图 3 和图 4(b) 可看出, 使用灰度变阈值识别补偿算法后, 图像中的毛羽大部分被去除而纱线主体部分图像保存完好。

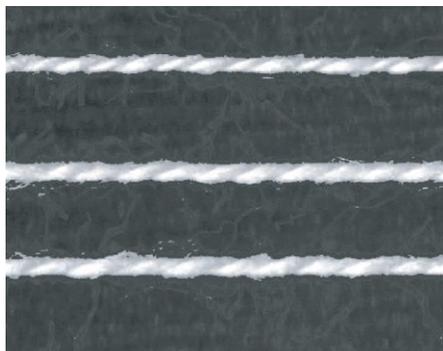


图 3 黑色背景横向纱线补偿处理后的图像
Fig.3 Image after black background transverse yarn compensation

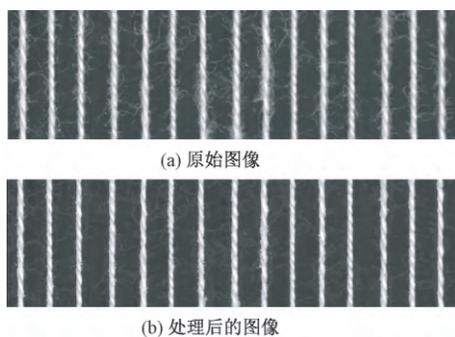


图 4 黑色背景纵向纱线补偿处理前后的图像
Fig.4 Images of black background longitudinal yarn compensation. (a) Original image; (b) Image after processing

1.2 垂直方向识别及推抹补偿算法

图 5 示出是采集到的一副白色背景黑色纱线的数字图像, 图像中毛羽的灰度值不同于黑色背景时的情况, 毛羽部分的灰度几乎与纱线主体部分的灰

度相同, 即毛羽部分不再是“灰色”而是“黑色”。若仍采用前一种方法则找不到合适的 λ_l 和 λ_h 值来检测出毛羽部分的像素, 即采用灰度变阈值识别补偿算法对该情况下的毛羽进行判别毫无效果。



图 5 白色背景黑色纱线原始图像
Fig.5 White background black yarn original image

通过图像可明显看到毛羽虽然很“黑”, 但与纱线主体相比却很“细”。虽然毛羽的形态各异, 但毛羽所在位置的“上下”或者“左右”临近几个像素变为背景灰度值。根据这个特点, 可通过一定像素半径内垂直方向灰度变化值超过一定阈值的方法来推断该像素点为毛羽区域。

如果满足下述 2 个关系式中的一个, 则可判断该点为毛羽区域的一点。

$$H_{\text{img}}(i-r, j) - H_{\text{img}}(i, j) > H_l \ \&\& \ H_{\text{img}}(i+r, j) - H_{\text{img}}(i, j) > H_l$$

$$H_{\text{img}}(i, j-r) - H_{\text{img}}(i, j) > H_l \ \&\& \ H_{\text{img}}(i, j+r) - H_{\text{img}}(i, j) > H_l$$

式中: r 为判断窗口半径; $H_{\text{img}}(i, j)$ 为图像中某点的灰度值; $H_{\text{img}}(i-r, j)$ 为图像中某点左方第 r 个像素的灰度值; $H_{\text{img}}(i+r, j)$ 为图像中某点右方第 r 个像素的灰度值; $H_{\text{img}}(i, j-r)$ 为图像中某点上方第 r 个像素的灰度值; $H_{\text{img}}(i, j+r)$ 为图像中某点下方第 r 个像素的灰度值; H_l 为灰度变化阈值。

当判断出该像素属于毛羽区域后, 就可以用背景灰度值进行补偿:

$$H_{\text{img}}(i, j) = H_{\text{img}}(i, j) + c$$

式中: c 为灰度补偿值。

判断窗口半径 r 应从 1 开始逐渐增大, 每当 r 增加 1 时, 前一轮补偿处理后的数据又可为下一轮毛羽区域的判定提供判断依据, 由小及大的逐渐“推抹”擦除毛羽部分。算法流程如图 6 所示。

采用上述算法进行仿真, 将采集的图像调入 MatLab 后, 矩阵大小为 $800 \times 800 \times 3$, 原始图像见图 5。二值化后, 图像矩阵为 800×800 。图 7 示出 $r=1$ 和 $r=2$ 时经垂直方向识别及推抹算法处理后的图像, 通过这 2 个图像可清晰地看到该算法“推抹”擦除毛羽的过程。经实验及仿真验证采用 $r=3$, $\rho=30$ 时效果较好, 处理后的图像如图 8 所示。继续增

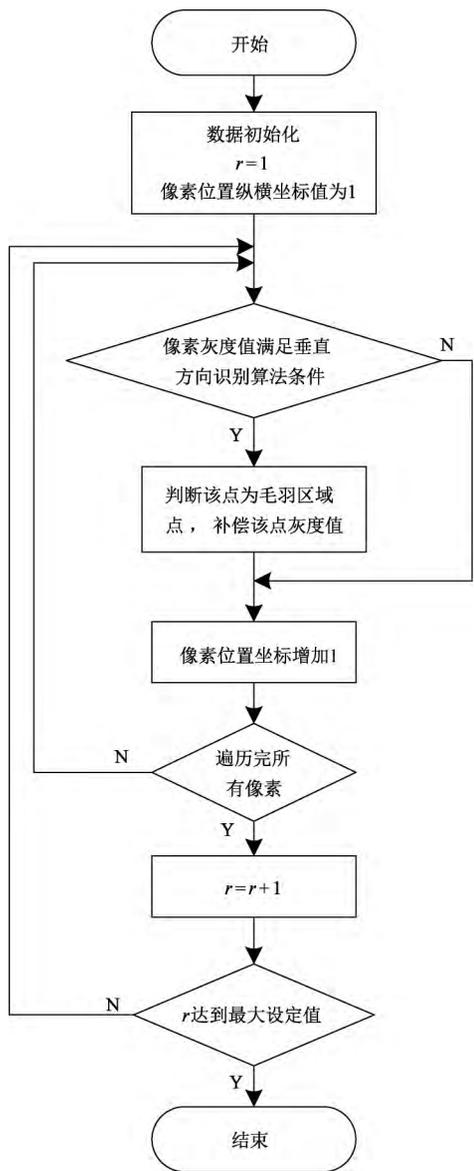


图 6 垂直方向识别及推抹算法流程图
Fig.6 Flow chart of vertical direction recognition and pushing algorithm

大 r 则只增加了程序执行时间而处理效果无明显改善。

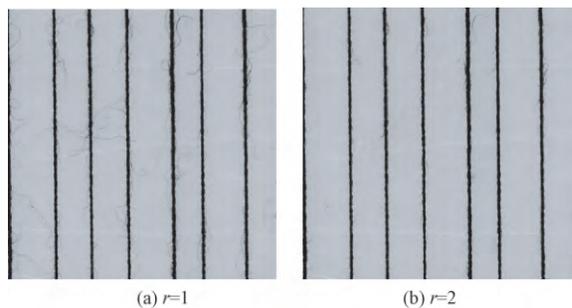


图 7 $r=1$ 和 $r=2$ 时处理图 5 图像的结果
Fig.7 Result of processing images in Fig.5 with $r=1$ (a) and $r=2$ (b)

显然,处理白色背景黑色纱线图像时采用的垂

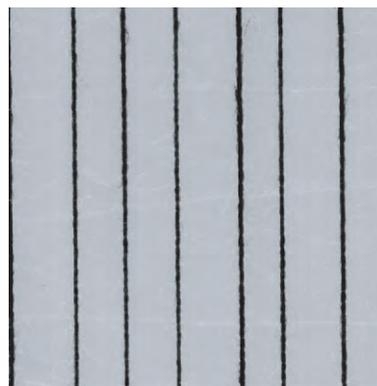


图 8 采用垂直方向识别及推抹补偿算法处理后的图像

Fig.8 Image processed by vertical direction recognition and message compensation algorithm

直方向识别及推抹算法相比于黑色背景白色纱线图像采用的变阈值识别补偿算法的程序执行时间要长很多。对于数据大小相同的图像,前者需要对每个像素遍历 r 次而后者只需要遍历 1 次。因此,在处理后者时为简化算法提高效率不需要采用垂直方向识别及推抹补偿。

2 自适应中值滤波处理补偿后的图像

经毛羽补偿后,图像中大部分毛羽已被滤除并补偿为背景亮度,但仍存在一部分像素点成为了椒盐和椒粒噪声。需要使用自适应中值滤波算法来进行进一步的处理。文献 [6-9] 对自适应中值滤波算法进行改进以解决各种实际问题,考虑到在纱线主干信息提取过程中毛羽是主要干扰信息,且毛羽已在上一步中基本去除,且图像针对噪声的处理没有特殊要求,为简化算法,缩小处理时间,只采用基本的自适应中值滤波算法即可,不必再做其他处理。

自适应中值滤波算法在滤波的过程中可根据预先设定好的条件,自动改变滤波窗口的尺寸大小,同时还可根据一定的条件判断当前像素是否为噪声,如果是则用邻域中值替换掉当前像素,不是则不作改变。 IMG_{xy} 为一幅将被处理的中心位于 (x, y) 的子图像。设 D_{min} 为最小灰度值, D_{max} 为最大灰度值, $D_{med} = IMG_{xy}$ 中的中值, D_{xy} 为坐标 (x, y) 处的灰度值。是否满足 $D_{min} < D_{med} < D_{max}$, 如果满足则继续判断是否满足 $D_{min} < D_{xy} < D_{max}$, 满足则输出 D_{xy} , 否则输出 D_{med} ; 第 2 层: 如果不满足 $D_{min} < D_{med} < D_{max}$, 则增大窗口尺寸, 如果窗口尺寸小于等于 IMG_{max} , 重复进行第 1 层, 否则输出 D_{med} 。

3 仿真及实验结果

使用 MatLab 软件 7.0 版对所采集的图像进行仿真。使用黑色背景白色纱线图像 2 张,图像矩阵大小分别为 $400 \times 506 \times 3$ 和 $500 \times 1760 \times 3$,白色背景黑色纱线图像 1 张矩阵大小为 $800 \times 800 \times 3$,见图 1、图 4(a)、图 5。根据上述算法,先进行二值化,然后对黑色背景白色纱线图像采用毛羽灰度变阈值识别补偿,对白色背景黑色纱线图像采用垂直方向识别及推抹补偿。最后,将补偿过的图像选择初始处理半径为 3,最大处理半径为 11 的窗口进行自适应中值滤波^[10],可得到图 9 所示的图像。对比图 1、图 4(a)、图 5 可看出,采用基于毛羽补偿与自适应中值滤波算法进行处理后,纱线毛羽基本清除,纱线主体图像清晰,边界清楚,完全可满足后续针对纱线线径进行测量的精度要求。

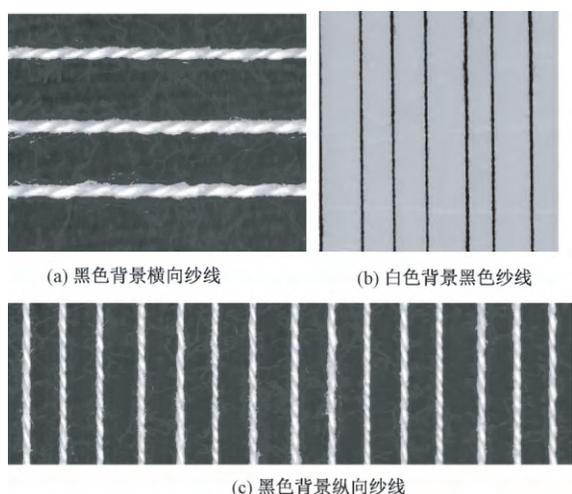


图 9 最终处理后的图像

Fig.9 Final processed images. (a) Black background horizontal yarn image; (b) Background black yarn image; (c) Black background longitudinal yarn image

根据前期其他学者的研究方法^[1]为图像分割并采用纱线形态学计算线径,所得图像中纱线的直径数据如表 1 所示。数据表明采用图像处理法的检测效果测量直径与理论直径最大误差在 3% 以内,满足精度要求。

表 1 测试方法所得结果对比
Tab.1 Results comparison

图片	理论直径/mm	测量直径/mm	误差率%
黑底横向白线	0.202	0.207	2.48
黑底纵向白线	0.202	0.205	1.49
白底黑线	0.205	0.203	1.00

4 结束语

使用数字图像处理技术进行纱线直径测量时,最重要的一步是识别并处理纱线主干图像。通过分析研究及仿真提出了一种基于毛羽补偿与自适应中值滤波的纱线主体图像识别算法。由于采集的图像只是黑白两色,故数据预处理只用 R 维数据而弃用 GB 两维数据直接将 RGB 图像二值化为灰度图像。然后,根据不同背景颜色图像的特点,黑色背景图像根据毛羽呈现灰色而背景是黑色,白色背景图像根据毛羽很细且与纱线主干一样呈现黑色而毛羽上下或左右临近几个像素外就已经呈现背景色的特点,选择垂直方向识别及推抹补偿法。白色背景图像根据毛羽很细且与纱线主干一样呈现黑色而毛羽上下或左右临近几个像素外就已经呈现背景色的特点,选择垂直方向识别及推抹补偿法。通过上述 2 种方法分别对不同特点图像中的毛羽识别并补偿为背景色。最后,将已进行了毛羽识别补偿的图像进行自适应中值滤波。仿真结果证明本文算法相对简单,处理速度快。

FZXB

参考文献:

[1] 姬建正,刘建立,高卫东,等.基于数字图像处理的纱线线密度测量[J].纺织学报,2011,32(10):42-46.
JI Jianzheng, LIU Jianli, GAO Weidong, et al. Measurement of yarn linear density based on digital image processing [J]. Journal of Textile Research, 2011, 32(10): 42-46.

[2] 方珩,辛斌杰,刘晓霞,等.一种新型纱线毛羽图像特征识别算法的研究[J].河北科技大学学报,2015,36(1):63-72.
FANG Heng, XIN Binjie, LIU Xiaoxia, et al. Research of a novel method for measuring yarn hairiness based on image recognition [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2015, 36(1): 63-72.

[3] 郭燕蕾,顾平.纤维和纱线检测中的图像处理技术[J].江苏丝绸,2008(2):1-4.
GUO Yanlei, GU Ping. Image processing technology in fiber and yarn [J]. Jiangsu Silk, 2008(2): 1-4.

[4] 孙银银,潘如如,高卫东.基于数字图像处理的纱线毛羽检测[J].纺织学报,2013,34(6):102-106.
SUN Yinyin, PAN Ruru, GAO Weidong. Detection of yarn hairiness based on digital image processing [J]. Journal of Textile Research, 2013, 34(6): 102-106.

[5] 张增康,马卫红.基于线阵 CCD 的纱线毛羽检测[J].上海纺织科技,2017(10):43-46.
ZHANG Zengkang, MA Weihong. Yarn hairiness detection based on linear CCD [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2017(10): 43-46.

(下转第 72 页)

