

文章编号: 1671-6833(2015)06-0090-04

基于 Blob 分析的玻璃纤维织物缺陷检测方法研究

王庆海¹, 赵凤霞², 李纪峰², 金少搏²

(1. 河南机电职业学院 机械工程系, 河南 郑州 451191; 2. 郑州大学 机械工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 为了解决玻璃纤维织物在线检测效率低、实时性差等问题, 提出了一种基于 Blob 分析的织物缺陷检测方法。首先对织物图像采用均值滤波器进行平滑处理, 以削弱噪声和织物纹理的干扰, 然后采用 Otsu 算法寻找最佳阈值将图像分割为 Blob 和背景的像素集合, 采用形态学处理调整分割后的 Blob 形状, 最后对图像进行连通性分析和特征提取, 通过对 Blob 区域进行最小外接矩形拟合得到缺陷特征的个数和尺寸等信息。实验结果表明: 该方法计算简单、检测结果稳健可靠、实时性好。

关键词: 玻璃纤维织物; 在线检测; 缝隙缺陷; 机器视觉; Blob 分析; Otsu 算法

中图分类号: TN911.73 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1671-6833.2015.06.018

0 引言

在玻璃纤维织物的生产过程中, 织物的缝隙缺陷是影响产品质量的重要因素, 也是产品质量控制的主要验收项目之一。目前, 利用机器视觉技术进行织物的质量检测, 已经成为国内外研究的热点, 且已产生了许多检测算法, 如采用 Gabor 滤波技术的布匹瑕疵检测方法^[1]; 采用 AR 模型的谱估计方法^[2]; 基于纹理模型的疵点检测方法^[3]; 基于小波分析的织物缺陷检测方法^[4]; 采用非下采样 Contourlet 域高斯混合模型的布匹瑕疵识别算法^[5]; 采用图像纹理频谱能量分布的布匹瑕疵检测方法^[6]; 应用纹理增强分水岭的织物瑕疵检测方法^[7]等等。这些方法从不同的侧面可以实现织物的缺陷检测, 但是计算复杂度高, 实时性不好。笔者提出采用 Blob 分析方法对织物缺陷进行检测, 在检测过程中不需要对缺陷进行边缘提取操作, 也不需要模板匹配或样本训练, 而是对图像中具有相同灰度的连通域进行分析, 该方法计算简单, 易于实现, 且检测结果准确可靠, 实时性好, 能满足织物缺陷的在线检测需求。

1 图像获取

玻璃纤维织物为缝编织物, 是由一层或一层以上的无捻粗纱平行无皱褶排列, 各层纱线以相

同或不同的方向层叠, 再用有机纤维线缝编而成的制品。织物颜色一般为白色的, 在加工过程中织物的质量缺陷主要是断经或间隙造成的缝隙缺陷, 要求检测的最小缝隙宽度为 1 mm, 长度为 150 mm。织物的在线生产速度一般为 2 m/min 左右, 织物的幅宽范围一般为 200 ~ 2 500 mm。根据生产实际状况, 笔者设计的玻璃纤维织物机器视觉系统如图 1 所示。

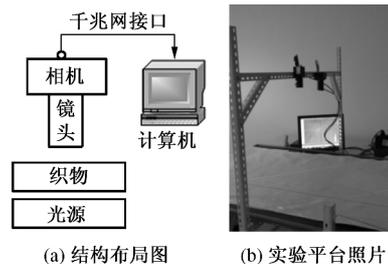


图 1 玻璃纤维织物机器视觉系统

Fig. 1 Glass fiber fabric machine vision system

由图 1 可以看出, 相机、镜头和光源组成了机器视觉系统的图像采集模块。其中, 相机采用的是两个全局曝光的 MV-GE130GM 型黑白工业相机(深圳迈德威视公司生产)同步工作, 分辨率为 1 280 pixel × 960 pixel, 帧率为 60 FPS(大于织物的运动速度), 因此, 可以获得无拖影的视频图像。镜头选用日本 Computar 公司的 M0814-MP2 机器视觉镜头, 规格为 2/3", 与所选用的相机相

收稿日期: 2015-07-11; 修订日期: 2015-08-24

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2010B460020)

通信作者: 赵凤霞(1971—), 女, 河南扶沟县人, 郑州大学教授, 博士, 研究方向为精密测量技术, E-mail: zfxmail@163.com.

配, 焦距为 8 mm. 相机与计算机之间的接口采用千兆网 GigE 接口, GigE 接口是工业应用所新开发的一种图像接口技术, 以 Gigabit Ethernet 协议为标准, 可以实现高速的、远距离的图像传输, 满足了在线检测的实时性要求. 光源设置在织物下方, 采用背光照明方式, 这种光源配置方式可以获得高对比度的图像; 当织物中有缝隙缺陷时, 则缺陷处将有亮光透过; 如织物中无缝隙缺陷, 则图像中无较大灰度差的特征出现.

图 2 为机器视觉系统获得的图像. 从图 2 可以看出, 缝隙缺陷与背景具有较大的灰度差, 形成了有利于后续图像处理的成像效果.

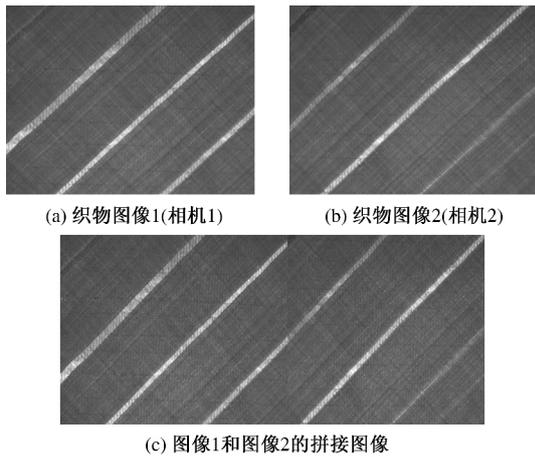


图 2 玻璃纤维织物图像
Fig. 2 Glass fiber fabric image

2 织物缺陷检测的 Blob 分析算法

采用 Blob 分析法对织物缺陷进行检测时, 需要把具有相同灰度值的像素构成的连通域分割出来, 检测流程如图 3 所示.

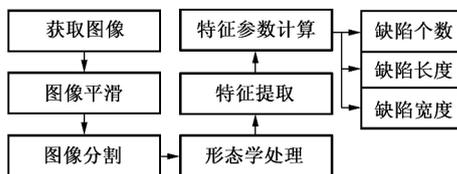


图 3 织物缺陷的 Blob 分析流程
Fig. 3 Blob analysis process for fabric defect

2.1 图像平滑

由于在图像获取过程中受照明光线的方向、亮度、稳定性、柔性织物表面张紧程度不一致、以及图像拼接接缝等的影响, 使所获取的图像中含有噪声; 同时, 织物具有纹理结构特征, 这些纹理结构也会影响织物缺陷的检出率和准确性. 因此, 需要对图像进行平滑处理以模糊织物纹理和减小噪声干扰. 常用的滤波器有高通滤波器、中值滤波

器、均值滤波器等. 其中, 均值滤波是典型的线性滤波算法, 能够有效滤波图像中的加性噪声, 达到模糊织物纹理结构和减小噪声干扰的目的. 因此选择均值滤波器.

2.2 图像分割

在进行 Blob 分析时, 必须把图像分割为构成斑点 (Blob) 和局部背景的像素集合. 最简单的分割算法是阈值分割法, 它适用于目标和背景占据不同灰度级范围的图像. 分析图 2 可知, 织物图像中的缺陷目标与背景具有完全不同的灰度, 比较适合采用阈值分割方法. 阈值分割法的定义为

$$S = \{ (r, c) \in R \mid g_{\min} \leq f_{r,c} \leq g_{\max} \}. \quad (1)$$

由式 (1) 可知, 阈值分割就是将图像 $f(r, c)$ 中灰度值处于阈值 g_{\max} 和 g_{\min} 范围内的全部点选到输出区域 S 中. 由此可见, 阈值分割的关键是确定合适的阈值以准确地将图像分割为目标像素和背景像素.

常用的阈值确定方法有直方图双峰法、P 参数法、基于最大类间方差原理的 Otsu 算法、基于信息熵原理的一维最大熵法、迭代法等等. 其中, 双峰法比较适合直方图存在双峰的情况. 图 4 所示是图 2 的灰度直方图, 直方图呈单峰状态, 因此双峰法不适合于织物缺陷的检测. P 参数法用于在固定分辨率下, 目标所占整个图像的比例已知的情况; Otsu 算法适用于目标与背景灰度差比较明显的情况; 最大熵法和迭代法对于具有非理想双峰直方图的图像可以得到较好的分割, 但是运算速度较慢, 不适合在线的实时处理. 本文需要在线检测玻璃纤维织物的缺陷, 对实时性要求较高, 对比这些阈值确定的方法可知, Otsu 算法是一种比较适合本文的方法.

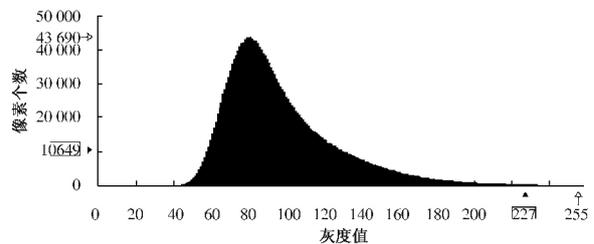


图 4 图 2 所示图像的灰度直方图
Fig. 4 Histogram of the image in Figure 2

采用 Otsu 算法进行图像分割的过程如下:

- ① 计算图像的直方图, 寻找直方图的最大峰值;
- ② 以最大峰值为初始阈值 Th 对图像进行分割, 将图像分割为 A, B 两类;
- ③ 分别计算 A, B 两类像素集合的均值 μ_A, μ_B , 计算公式分别见式 (2) 和式 (3);
- ④ 计算 A, B 两类像素的类间方差 σ , 公式见

式(4); ⑤将 Th 在最大峰值 ± 25 范围内循环, 分别计算 A 、 B 的类间方差, 当类间方差最大时, 对应的 Th 即为所求的最佳阈值; ⑥采用全局阈值法把灰度值在 Th 至 255 之间的像素分割出来。

图 5 所示是对图 2 进行阈值分割的结果。

$$\mu_A = \frac{1}{N_A} \sum_{(i,j) \in A} f(i,j) \quad (2)$$

$$\mu_B = \frac{1}{N_B} \sum_{(i,j) \in B} f(i,j) \quad (3)$$

式中: N_A 、 N_B 分别表示集合 A 、 B 中的像素个数。

$$\sigma(Th) = N_A(Th) \cdot N_B(Th) \cdot [\mu_A(Th) - \mu_B(Th)]^2 \quad (4)$$



图 5 图 2(c) 阈值分割的结果

Fig. 5 Thresholding result of the image in Figure 2

2.3 形态学处理

由于分割区域中会有一些杂点或小的突出物, 需要对分割的图像进行形态学处理, 去除这些不必要的干扰。采用的形态学处理算法为: 首先采用半径为 5 的圆结构元素对分割的图像进行一次开操作, 以去除与缺陷目标像素相连的干扰部分, 并抑制分割区域中的一些小分支; 然后采用半径为 5 的圆结构元素再进行一次闭操作, 用来填补缺陷目标区域中断开的缝隙。经过开、闭操作后减少了图像中不必要的区域干扰, 同时将缺陷目标断开的缝隙进行了闭合, 调整了分割后的 Blob 区域形状。

2.4 特征提取

形态学处理删除了一些不必要的区域干扰, 但是结果中仍会存在着一些不是目标像素的区域, 必须对图像进行连通性分析和特征提取。笔者按照 8 连通域标记方法把图像中具有相同像素值且位置相邻的所有前景像素点进行合并, 形成 Blob 连通区域, 但是这些区域有些不是缺陷特征区域, 需要对连通区域进行进一步的特征提取操作。

玻璃纤维织物为多轴向织物, 纹理方向一般呈现为 0° 、 90° 或 $\pm 45^\circ$ 。在织物图像中, 缺陷目标也具有明显的方向特征, 如图 2 所示缺陷目标的纹理方向特征为 $+45^\circ$, 同时, 缺陷目标的区域面积要比干扰的区域面积大。因此, 按照方向特征和区域的面积特征实现缺陷特征的提取。

2.5 特征参数计算

由于提取出的缺陷特征是不规则的图形, 无

法直接进行缺陷特征参数的计算, 需要首先将不规则图形进行凸包问题求解, 然后用凸包作为多边形区域, 在矩形倾斜方向和面积最小的约束下对多边形拟合, 构造出其最小外接矩形。如图 6 所示为由最小外接矩形中心 (r, c) 的坐标值、矩形的倾斜角度 θ 、矩形的半高度 l_1 和矩形半宽度 l_2 等参数得到缺陷特征的尺寸和位置等信息。图 7 所示是对提取出的 Blob 区域构造了最小外接矩形, 并计算出了缺陷的特征参数。

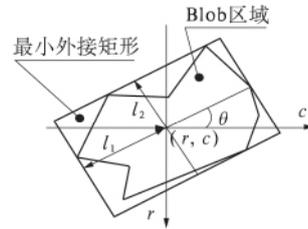


图 6 Blob 区域的最小外接矩形参数示意图

Fig. 6 The Schematic diagram of the parameter of minimum external rectangle of Blob regions



图 7 图 2(c) 的 Blob 分析结果

Fig. 7 The Blob analysis results of the image in Figure 2

3 实验验证

基于建立的织物机器视觉缺陷检测系统, 从现场选取了多种织物样品进行了实验。计算机配置为 Intel Core™ i5 - 2410M CPU, 2G 内存; 处理软件为机器视觉软件 Halcon11.0。在缺陷检测前, 对相机进行了标定。

图 8 所示是一种缺陷纹理方向为 -45° 的织物样品及其 Blob 分析结果。图 8(a) 所示是采用图 1 所示的机器视觉系统获得的拼接图像; 图 8(b) 所示是采用 Otsu 算法自动寻找最佳分割阈值对图像进行阈值分割的结果; 图 8(c) 是对阈值分割后的图像进行形态学处理和连通性分析的结果; 图 8(d) 所示是在特征提取的基础上, 对提取出的 Blob 区域构造了最小外接矩形, 计算出了缺陷的特征参数(单位为 mm)。

经过多次实验结果表明, 采用 Blob 分析法可以较准确地从织物图像中提取出缝隙缺陷特征, 测量结果稳健可靠。另外, 从相机拍照到图像拼接、缺陷参数计算等的计算机处理时间为 800 ms 左右, 方便快捷, 满足了玻璃纤维织物在线检测的

实时性要求.

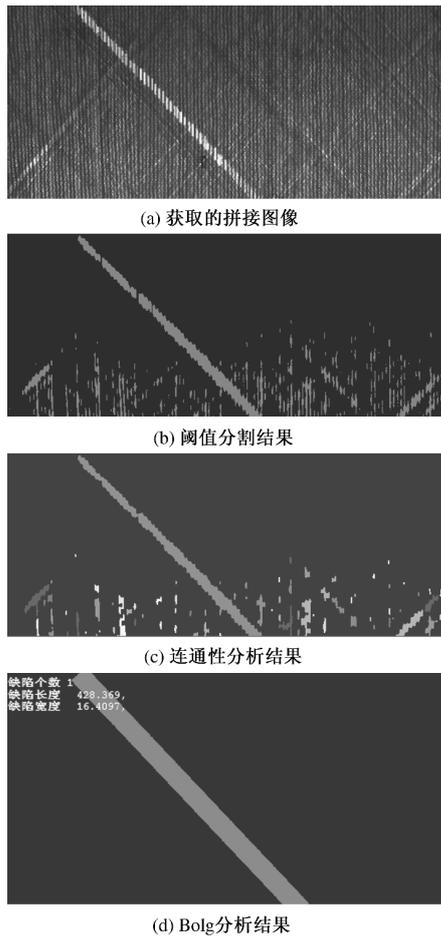


图8 织物样品缺陷检测实例

Fig.8 Example of fabric defect detection

4 结论

根据玻璃纤维织物的实际生产状况,设计了

基于机器视觉的玻璃纤维织物缺陷检测系统,该系统采用Blob算法能成功标记出织物中的缝隙缺陷,并得到缺陷的个数、缺陷的长度和宽度等信息.经过实验研究,所设计的缺陷检测系统和算法可以快速、准确地从织物图像中提取出缺陷特征,且测量结果稳健可靠,满足了玻璃纤维织物在线检测的实时性要求.

参考文献:

- [1] ARIVAZHAGAN S, GANESAN L, BAMA S. Fault segmentation in fabric images using Gabor wavelet transform [J]. Machine Vision and Applications, 2006, 16(6): 356-363.
- [2] 朱俊岭,汪军,张孝南,等.基于AR模型的机织物线状疵点研究[J].纺织学报,2012,33(8):50-54.
- [3] 祝双武,郝重阳.基于纹理周期性分析的织物疵点检测方法[J].计算机工程与应用,2012,48(21):163-166.
- [4] 殷国亮,张瑞,郑欣,等.基于边缘检测和小波分析的布匹瑕疵检测方法[J].江南大学学报(自然科学版),2011,10(6):637-641.
- [5] 崔玲玲,卢朝阳,李静,等.基于非下采样Contourlet域高斯混合模型的布匹瑕疵识别算法[J].吉林大学学报(工学版),2013,43(3):734-739.
- [6] 李鑫,许增朴,于德敏,等.基于图像能量的布匹瑕疵检测方法[J].计算机测量与控制,2008,16(9):1243-1245.
- [7] 沈晶,况晓静,张量.基于纹理增强分水岭的织物瑕疵检测新算法[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2014,37(7):812-817.

Research on Glass Fiber Fabric Defect Detection Method Based on Blob Analysis

WANG Qinghai¹, ZHAO Fengxia², LI Jifeng², JIN Shaobo²

(1. Department of Mechanical Engineering, Henan Mechanical and Electrical Vocational College, Zhengzhou 451191, China; 2. School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to solve the problems, such as low efficiency, poor real-time performance and so on, in on-line detection of glass fiber fabric, a new method of fabric defect detection based on Blob analysis is proposed. Firstly, the image is smoothed by using mean filter, and the noises and the fabric textures are weakened. Then, the Otsu algorithm is used to find the best threshold to segment the image into Blob and background pixels. The shape of the Blob region is adjusted by using morphological processing. Finally, the connectivity analysis and feature extraction of the image are carried out. The number and size of the defects are obtained by using the least square fitting of the Blob region. Experimental results show that the method is simple, reliable and robust.

Key words: glass fiber fabric; on-line detection; gap defect; machine vision; Blob analysis; Otsu algorithm