

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017100190405

# 基于灰度分布梯度的织物疵点检测算法

吴 军

(中原工学院信息商务学院,河南 郑州 451191)

**摘要:** 针对织物疵点检测算法实用性差的问题,提出一种基于灰度分布梯度检测算法,通过对纹理织物相邻像素灰度差异和单位距离的商来判断纹理是否异变。在对灰度试样提高对比度和二值化图像预处理,并根据织物组织结构确定检测窗口的基础上,把试样分解成经向和纬向2个子图并得到各自方向的能量统计值,从中提取跃迁比等4种特征值,综合各类疵点对方向特征值的不同敏感程度检测出疵点。该算法简便,实时性好,特别适合方向性疵点及块状疵点的检测。

**关键词:** 织物疵点检测; 自相关; 灰度分布梯度; 跃迁比

中图分类号: TS 101.9      文献标志码: A

## Algorithm of fabric defect inspection based on gray-scale distributed gradient

WU Jun

(College of Information & Business, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, Henan 451191, China)

**Abstract:** For the problem of fabric defect detection algorithm poor practicability, an algorithm based on the gray-scale distribution gradient is proposed, when the ratio of adjacent pixels gray scale difference and unit distance is not normal, defects is found. First, the gray image is improved contrast and binarization, determined the detection window according to the fabric structure. The image is decomposed into two sub-images to warp and weft and then getting energy statistics from the direction, four kinds of character values are extracted such as transition-rate, and then varied defects are found according to different sensitivity. It's been verified that it possesses simply, real-time advantage, especially suitable for directional defect and block type of defect of statistical characteristics.

**Keywords:** fabric defect detection; self-correlation; the gray-scale distribution gradient; transition-rate

纺织业是传统的劳动密集型产业,随着用工成本日益增高,机器取代人已是必然趋势。国外已有自动检测设备应用于整理工序中织物表面质量的检验<sup>[1]</sup>,国内纺织企业目前基本采用人工目测检验的方式,现有算法检测速度慢、漏检、误检率较高,检测疵点种类偏少<sup>[2-3]</sup>,还未能找到一种快速简便实时性好的疵点检测算法。

在众多基于织物表面纹理的疵点检测算法中,灰度共生矩阵法<sup>[4]</sup>计算量过大,不易实现实时检测,灰度直方图法<sup>[5]</sup>无疵点空间信息,不能对疵点

位置直接作出反馈,灰度匹配法<sup>[6]</sup>因对外部环境要求严格而不能适应实际要求,小波变换法<sup>[7]</sup>则存在小波基不易选取,算法不易实现,检测过程偏长,疵点种类偏少等缺陷。

### 1 图像预处理

#### 1.1 实验样本

采用原郑州国营第三棉纺织厂疵点样本库平纹、斜纹机织物作为原始样本,其中竹节、粗纬为纺疵,布丝、断经、跳纱、破洞为织疵。为便于计算机数据存储,提高处理效率,将样本截为256像素×256像素,分辨率为72dpi。部分含疵样本见图1。

#### 1.2 实验步骤

①图像预处理。对原始图像进行直方图均衡化

收稿日期: 2017-10-23

基金项目: 2014年度河南省重点科技攻关(142102210524)

作者简介: 吴军, 讲师, 工程师, 研究方向为自动检测、机器视觉、机电一体化。E-mail: wujun568@163.com。

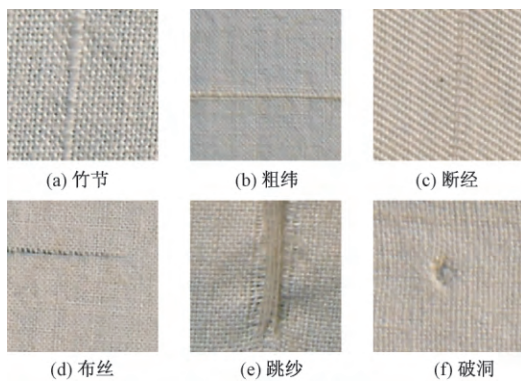


图1 部分含疵样本

和二值化处理,以提高识别率和处理速度。

②确定检测窗口。实际生产中同一产品可作为已知参数预先输入检测系统。

③对待检样本的经向、纬向分别进行灰度值能量和统计。

④以正常样本为标准,提取待检对象的若干个特征值并与正常样本值进行比较,出现异常处则为织物疵点。

### 1.3 图像预处理过程

为提高目标识别可靠性,需增强图像对比度,同时为减少图像数据处理量,提高在线检测实时性,可以对数据进行二值化处理。

#### 1.3.1 RGB 图像转灰度图像

采用加权平均法,见式(1):

$$nZ = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (1)$$

式中:  $nZ$  为灰度图像像素值;  $R$ 、 $G$ 、 $B$  分别为彩色图像像素值中的红色分量、绿色分量、蓝色分量。

#### 1.3.2 灰度图像直方图均衡化处理

处理结果见式(2):

$$g_k = EQ(f_k)$$

$$EQ = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (2)$$

式中:  $g_k$  为像素点原灰度值;  $f_k$  为像素点新灰度值;  $EQ$  为累积分布函数 ( $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ );  $n$  为图像中的像素总和;  $n_j$  为当前灰度级  $j$  的像素个数;  $L$  为图像中灰度级总数。

#### 1.3.3 灰度图像二值化处理算法

阈值的选取有多种方法<sup>[8-9]</sup>,在检测环境光照充分且稳定环境下,为提高计算速度,采用全局阈值法。

方法一:使用直方图法来寻找二值化阈值,该方法最常用也最简单,仅适用于图像有明显2个波峰且谷底单一、明显的情形,织物属于人造纹理结构,灰度值分布单一,故本文采用该法。

方法二:OTSU 算法,算法是寻找阈值  $T$  使目标

与背景2类的类间方差最大,计算速度较慢,而且OTSU 算法对不均匀光照的图片同样不能产生较好效果。

方法三:Kittler 算法,算法是计算整幅图像的梯度灰度平均值,以此平均值作为阈值。在图像质量较好的环境下,与OTSU 相比,效果接近,速度优势明显,但与直方图法相比还是慢很多。预处理后含疵样本图像见图2。

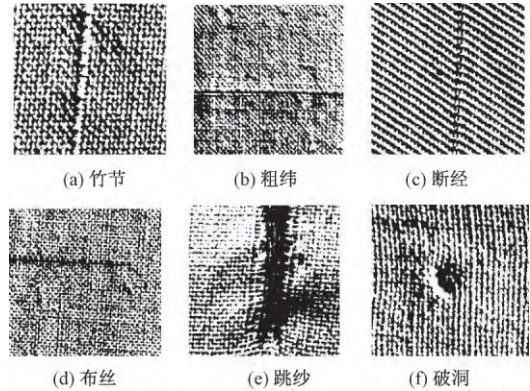


图2 预处理后含疵样本图像

## 2 检测窗口的确定

任何织物都是由基本组织循环构成,在基本组织内部,经、纬方向灰度值均表现出规律变化,即纹理特性<sup>[10]</sup>。正常织物的每个基本组织之间的灰度统计量基本一致,而含疵点区域的基本组织则呈现出与周围区域不同的灰度统计量。

由此可以明确应把一个基本组织或其若干倍数的尺寸作为检测窗口尺寸,进而在识别效率和计算效率之间作最优选择,确定出窗口的最终尺寸。本文采用自相关函数分别求出织物经、纬向基本组织循环的像素尺寸<sup>[11]</sup>,见式(3):

$$C_{x_0} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j} x_{i+x,j} \quad C_{0_y} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_{i,j} x_{i,j+y} \quad (3)$$

式中:  $X_{i,j}$  为坐标  $(i,j)$  处的灰度值;  $M$  为图像的纬向尺寸;  $N$  为图像的经向尺寸。

在每根纤维方向上,重复单元平均占有多少个像素,则  $C_{x_0}$  或  $C_{0_y}$  就会在该值的倍数处出现极大值。如果织物图像中该纤维方向上所有重复单元占据的像素数目完全相同,那么这些极大值的出现位置会保持为一个常量。因此,自相关函数  $C_{x_0}$  和  $C_{0_y}$  的第一个极大值点处的位置数值通常就是重复单元的尺寸。

织物为结构性纹理图像,自相关函数总体是呈周期性变化,利用图中自相关函数变化的周期大小可以确定图像中经、纬向重复的周期长度(像素数)。实验样本为平纹织物时,测得经向自相关函

数曲线的波峰对应的像素位置为 7.9, 15.7, 24.2 等, 说明纬纱的重复周期长度约为 7.95 像素, 同样可求得纬向自相关函数曲线发现与之几乎相等。因此, 对这一织物灰度图像进行检测时的窗口尺寸取经、纬向均为 8 像素的整数倍较为合适(通过调整镜头与样本距离得到)。实验窗口尺寸取 256 像素 × 256 像素。

### 3 灰度分布梯度算法

基于灰度分布梯度方法的基本思想是沿坐标 0°(纬向)和 90°(经向), 分别统计灰度图像的每一

个剖面灰度值之和, 作出相应的分布曲线<sup>[12-13]</sup>, 见式(4):

$$E_j = \sum_{i=1}^M |H_{ij}| \quad E_i = \sum_{j=1}^N |H_{ij}| \quad (4)$$

式中:  $E_j$  为横向剖面(纵坐标  $j$ ) 处的灰度值和;  $E_i$  为纵向剖面(横坐标  $i$ ) 处的灰度值和;  $H_{ij}$  为坐标  $(i, j)$  处的灰度值;  $M$  为图像的纬向尺寸;  $N$  为图像的经向尺寸。

部分含疵点样本经、纬向剖面能量分布见图 3。图中横轴表示相对于坐标原点的距离(像素), 纵轴表示该点图像剖面上的灰度值总和  $E$ 。

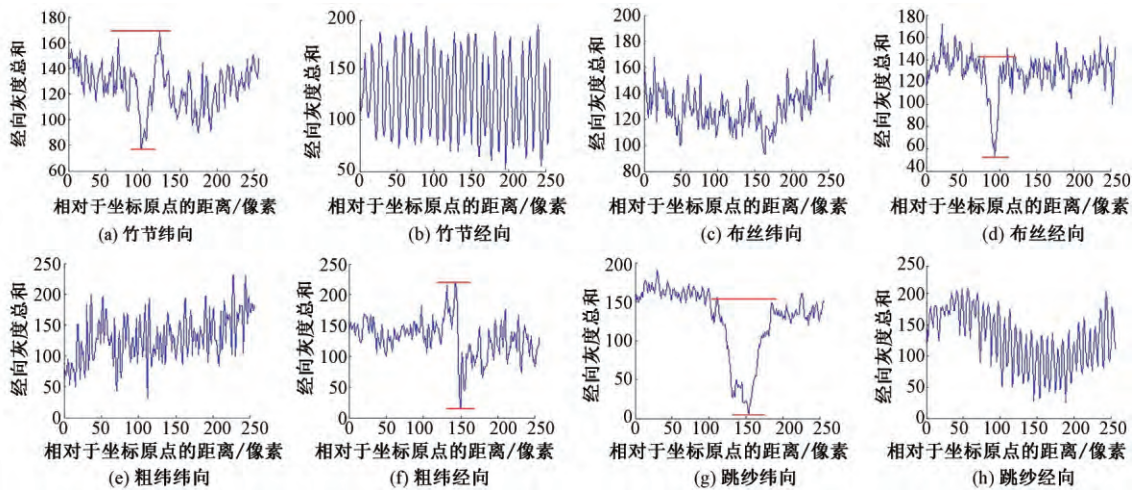


图 3 部分含疵点样本经、纬向剖面能量分布

从图 3(a) 可以看出, 在横坐标 100 ~ 125 像素处有明显的向上能量跃迁; 由图 3(d) 可以看出, 在横坐标 140 ~ 150 像素处有明显的向下能量跃迁, 这些都是由于该处有方向性疵点导致织物纹理破坏造成的阶跃性灰度变化。

以灰度差异和距离的商来定义跃迁比, 当距离为一确定值时, 可以用灰度差来表达跃迁比(单位距离为 8 像素)。这 2 处的跃迁比分别达到 100、150 以上, 而在经、纬向其他位置有规律起伏的跃迁比一般小于 30, 从而表明了该疵点的空间位置及方向特征。

若窗口取值过小, 则不易看出疵点处的异常。这是因为本文方法所求值为剖面灰度之和, 属于统计方法范畴, 当窗口过小时, 因累加量过小导致疵点信息不明显。实验表明, 当把图 2 各图像缩小为 48 像素 × 48 像素、24 像素 × 24 像素窗口时, 已不能清晰分辨疵点信息。

基于灰度分布梯度方法本质上是一种从灰度统计量的差异来判断图像异常较为简洁同时又快速的方法。有疵点的图像会表现出跃迁明显的特点或者其他一些与正常图像不一致的特征值。本文通过对

正常和含有疵点图像的分析, 得到以下判断图像是否有异常的基本性质:

- ①正常织物图像经向和纬向的灰度分布梯度理论上应该均匀, 考虑到图像受光照和噪声的影响, 局部会有少量波动。
- ②以灰度平均值为标准, 以灰度差异和距离的商为跃迁比, 一般跃迁比大于 1 000 认为图像存在疵点。
- ③以灰度平均值为标准, 较大范围内(3 根纱线以上) 明显偏离该值, 认为图像存在疵点。

根据以上分析, 实验中分别对平纹及 2/1 斜纹织物的竹节、粗经、粗纬、断经、布丝、纬缩、跳纱、油纱、破洞、油污、蛛网等疵点(前 3 项为纱疵, 其余项为织疵) 进行识别。

### 4 特征值的选取与识别

特征值提取是寻找描述织物纹理特征的一组度量值, 该值能够准确表达纹理的结构性与周期性特点。在无疵图像上, 织物纹理清晰, 各个特征值的参数变化不大, 在有疵图像上, 疵点位置的参数会发生较大变化, 据此检测疵点是否存在。实验中

以跃迁比为主要特征量并结合均值、方差、极差特征量进行疵点识别。

①跃迁比:反映一定距离内(或1个周期内)灰度变化的强弱。适用于识别经、纬向线状类疵点,如断经、粗纱、百脚、竹节等。跃迁比计算公式为:

$$\begin{aligned} F_i &= E_i - E_{i+x} \\ F_j &= E_j - E_{j+y} \end{aligned} \quad (5)$$

式中:  $F_i$  为经向跃迁比值;  $F_j$  为纬向跃迁比值;  $E_i$  为横坐标  $i$  处的灰度能量值;  $E_j$  为纵坐标  $j$  处的灰度能量值;  $x$  为织物组织纬向周期距离;  $y$  为织物组织经向周期距离。

②均值:反映整体灰度值的强弱,可用于识别油污等块状类异色疵点。平均灰度值为:

$$\bar{H} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |H_{ij}| / (M \times N) \quad (6)$$

③方差:反映灰度分布的离散情况,适用于识别仅纹理粗糙度差异明显的疵点,如稀密路等,对于较大的线状、块状类疵点可作为辅助识别。方差计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (H_{ij} - \bar{H})^2 / MN} \quad (7)$$

④极差:反映灰度值大小的差别程度。适用于识别油纱、油污等异色类疵点。极差计算公式为:

$$R = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\max H_{ij} - \min H_{ij}) \quad (8)$$

以上各特征量均被分解为经向、纬向2个子量。

## 5 数据及分析

在对数据经过归一化处理后,得到各类疵点的经、纬向各4个共计8项特征值,疵点样本特征值统计见表1。

表1 疵点样本特征值统计

特征值	竹节	断经	粗纬	布丝	稀弄	跳纱	油纱	破洞	油污	正常
经向跃迁比	0.13	0.12	0.33	0.37	0.12	0.17	0.42	0.35	0.32	0.12
纬向跃迁比	0.39	0.35	0.13	0.14	0.23	0.33	0.19	0.34	0.38	0.10
经向均值	0.21	0.21	0.21	0.19	0.32	0.23	0.20	0.30	0.34	0.15
纬向均值	0.20	0.39	0.20	0.17	0.27	0.35	0.17	0.31	0.36	0.13
经向方差	0.20	0.22	0.22	0.13	0.38	0.25	0.27	0.34	0.25	0.18
纬向方差	0.20	0.19	0.27	0.20	0.29	0.37	0.22	0.32	0.24	0.16
经向极差	0.13	0.11	0.14	0.16	0.11	0.28	0.31	0.29	0.42	0.11
纬向极差	0.10	0.15	0.13	0.17	0.27	0.29	0.14	0.25	0.41	0.10

由表1看出:正常样本的平均特征值小于0.2,当样本某特征值大于0.3时表明存在某类疵点;具体来说,经向疵点具有较大的纬向跃迁比,纬向疵点具有较大的经向跃迁比;具有3根以上纱线较宽的方向性疵点,同时具有单方向的较大方差值;稀弄等仅粗糙度不同的疵点只有方差存在较大差异;油纱、油污色泽明显不同的疵点极差值较大;块状类疵点如破洞、油污没有显著的方向性差异但有均值、方差的变化,且随着面积的增大而增大。

## 6 结束语

针对织物坯布表面的结构性纹理特点,把灰度图像经过直方图均衡化处理,以增强对比度,采用全值阈值法将灰度图像进一步转成二值图像,以减少数据处理量。基于灰度分布梯度的检测算法因基于统计量计算,故不需要识别前的降噪过程,从而简化了算法流程,进一步提高检测实时性,以达到快速检测识别效果。在对样本图像分解成经向剖面灰度能量、纬向剖面灰度能量后,选取跃迁比为主特征量,

并辅以均值、方差、极差几个特征量对各样本进行计算,从而识别出各类含疵图像。实验结果表明,该检测方法能较好完成快速判断有无疵点的任务,适应疵点范围广,检测速度快,准确率高,对于经、纬向等方向类疵点、块状区域类疵点效果尤为明显,但对于棉球等点状类小疵点则检测效果不理想。通过在郑州某纺织企业的现场实验,检测速度可达60~80 m/min,综合疵点识别率达98%以上,具有良好的应用发展前景。

### 参考文献:

[1] 刘呈健,张贵彬. 坯布自动检测系统简介[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(3): 63-64.

[2] 邹超,汪秉文,孙志刚. 基于机器视觉的织物疵点检测方法综述[J]. 天津工业大学学报, 2009, 28(2): 78-82.

[3] 李文羽,程隆棣. 基于机器视觉和图像处理的织物疵点检测研究新进展[J]. 纺织学报, 2014, 35(3): 158-164.

[4] 邹超,朱德森,肖力. 基于类别共生矩阵的纹理疵点

- 检测方法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(6): 25-28.
- [5] 高晓丁, 汪成龙, 左贺. 基于直方图统计的织物疵点识别算法[J]. 纺织学报, 2005, 26(2): 121-123.
- [6] 郑广, 周万珍, 马红霞. 基于图像距离差的织物疵点检测算法研究[J]. 河北科技大学学报, 2006, 27(3): 239-241.
- [7] 李立轻, 黄秀宝. 用于疵点检测的织物自适应正交小波的实现[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2002, 28(2): 77-81.
- [8] 贾允, 丁艳, 刘泽平. 改进图像阈值分割算法的研究[J]. 光学技术, 2005, 31(1): 155-157.
- [9] 龙鈞宇, 金连文. 一种基于全局均值和局部方差的图像二值化方法[J]. 计算机工程, 2004, 30(2): 70-72.
- [10] 蔡陞霞. 织物结构与设计[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2004.
- [11] 潘如如, 高卫东, 刘基宏. 机织物组织自动识别技术[J]. 纺织学报, 2010, 31(6): 43-47.
- [12] 吴正编. 地貌学导论[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1999: 20-25.
- [13] 赵强松, 张五一, 王斌. 基于灰度剖面直方统计的帘子布疵点识别研究[J]. 中原工学院学报, 2009, 20(5): 21-23.