

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017080140104

## 基于梯度方向直方图的本色布疵点检测算法

刘海军 单维锋 袁静 李忠

(防灾科技学院 智能信息处理研究所 河北 三河 065201)

**摘要:** 本色布疵点检测是质量控制重要环节,目前仍由人工来完成。文章采用梯度模板与灰度化处理之后的本色布图像进行卷积,得到图像的梯度模和角度,将角度离散化,然后将图像分块,每块内根据离散化后的角度统计直方图,将所有分块的直方图连接,构成原始图像的梯度方向直方图特征向量,最后采用卡方距离和最近邻分类器进行分类。在包含1252幅图像的数据集上进行实验,其中训练图像457幅,测试图像795幅,准确率达到96.85%。实验结果表明基于梯度方向直方图的特征提取算法能有效识别出本色布图像中的疵点。

**关键词:** 本色布; 疵点检测; 梯度方向直方图; 卡方距离

中图分类号: TP 391, TS 101.923.9 文献标志码: A

## Grey fabric defect detection algorithm based on histogram of oriented gradient

LIU Haijun, SHAN Weifeng, YUAN Jing, LI Zhong

(Institute of Intelligent Information Processing, Institute of Disaster Prevention, Sanhe, Hebei 065201, China)

**Abstract:** Grey fabric defect detection is a vital part of its quality control and is mainly done by hands. This paper proposes a detecting algorithm on basis of oriented gradient. First, the grey fabric image is convolved with a pair of given gradient templates to get norm and direction of gradient. Then, we discretize the direction into several bins, and divide the gradient image into several patches, and then, we calculate histogram in each patch according the direction. Finally we connect all the histograms of the same image and regard it as the final feature vector. The Chi-square distance and nearest neighbor classifier is adopted in our experiments. We carry out our experiment on a dataset of 1252 images, which contain 457 training samples and 795 testing ones. The classification accuracy is 96.85%, which shows that the histogram of oriented gradient method is a effective way for grey fabric defect detection.

**Keywords:** grey fabric; defect detection; histogram of oriented gradient; Chi-square distance

目前我国的本色布检测主要由人工来完成。人工检测受主观因素影响,漏检率、误检率很高,应用机器以精确快速地检测出本色布疵点是纺织行业亟待解决的问题之一<sup>[1]</sup>。

随着机器学习、模式识别技术的发展以及高性能计算机、工业相机成本的降低,使得应用机器视觉技术检测本色布疵点成为可能。采用机器视觉技术检测疵点,最关键的环节是疵点的特征提取。针对

本色布的疵点检测,目前具有代表性的方法包括基于全局特征的方法和基于局部特征的方法。基于全局特征的方法主要有形态学滤波法<sup>[2]</sup>、灰度共生矩阵法<sup>[3]</sup>、基于傅里叶变换的方法<sup>[4]</sup>。基于局部特征的疵点检测算法主要有基于 Gabor 方法<sup>[5]</sup>、基于小波变换的方法<sup>[6-7]</sup>、基于 LBP 的方法等。采用基于全局的疵点检测算法,当图像的窗口较大时对尺寸较小的疵点分辨性不高,而当窗口较小时计算量较大。基于局部特征的方法容易受到噪声的影响导致错误分类。

DALAL 等<sup>[8]</sup>提出的梯度方向直方图(Histogram of Oriented Gradient, HOG)在行人识别、目标跟踪、车牌识别等诸多领域都得到了广泛的应用<sup>[9-11]</sup>,在纺织品疵点识别领域还没发现相关的应用研究。本文将 HOG 特征引入本色布疵点识别,由于本色布织

收稿日期: 2017-08-16

基金项目: 河北省高等学校科学技术研究指导项目(ZC2016094); 中央高校基本科研业务费青年项目(ZC2016094); 地震科技星火计划项目(XH16059)

第一作者简介: 刘海军,博士,主要研究方向为机器学习。

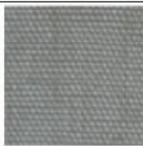
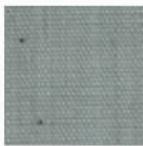
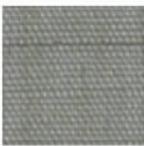
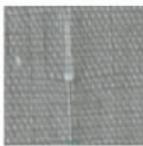
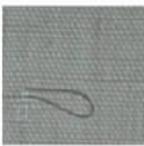
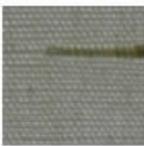
E-mail: liuhaijun6741@163.com。

物结构的特点,本文简化了传统 HOG 特征中预处理的步骤,只保留了构建梯度方向直方图的部分。首先将待检测的 1 幅本色布图像分为若干小块,在每个小块内构建梯度方向直方图,将所有小块的直方图连接,构成原图像的特征向量,采用最近邻分类器进行分类,距离函数选择卡方距离。

## 1 问题概述

在纺织生产过程中,由于机器或者纱线的原因,导致本色布上具有疵点,本色布疵点样本如表 1 所示。

表 1 本色布疵点样本

正常织物	纬向疵点	经向疵点
		
		
		
		

可以看出,本色布疵点具有如下特点:①疵点处与正常织物具有明显的视觉差异;②这种视觉差异具有明显的方向性,基本上呈水平方向或者垂直方向分布(即经向和纬向);③疵点只是一小部分,图像中绝大部分仍然是正常的织物结构。这种具有方向性的视觉差异,实际上就是图像的梯度。然而,仅采用梯度做特征,无法描述疵点出现的位置。同时,疵点只占据图像中的一部分,大部分仍是正常纹理,如果仅简单的统计梯度,一小部分梯度变化会被大量的正常纹理覆盖,因此,需要对图像进行分块统计梯度的变化。

## 2 基于梯度方向直方图的特征提取

采用机器学习方法解决图像分类问题,第 1 步需要做特征提取,即将原始的图像表示成特征向量,这个环节是最重要的环节,特征提取方法决定着能否完成识别任务。根据本色布疵点的特点,本文采用梯度方向直方图作为图像特征,提取步骤为:

### 第 1 步:计算图像梯度

将原始图像转变为灰度图像,将转换后的灰度图像与梯度模板卷积,计算图像梯度的模和梯度的方向,计算公式为:

$$f_x = I * T_x \quad (1)$$

$$f_y = I * T_y \quad (2)$$

式中:  $I$  为转换为灰度图像之后的纺织品图像;  $T_x$  为水平方向的梯度模板;  $T_y$  为垂直方向的梯度模板,  $*$  为图像的卷积运算;  $f_x$  为水平方向梯度;  $f_y$  为垂直方向的梯度。本文共设计了 4 种正交梯度方向模板方案。

梯度的模为:

$$\nabla grad = \sqrt{|f_x|^2 + |f_y|^2} \quad (3)$$

梯度的方向为:

$$\theta = \arctan\left(\frac{f_y}{f_x}\right) \quad (4)$$

### 第 2 步:分块统计直方图

将图像分成  $m \times n$  个小块,每个小块内,将角度  $\theta$  离散化为  $k$  个 bin。将小块内属于相同 bin 内的角度所对应的梯度模累加到一起,构成小块的梯度方向直方图。

### 第 3 步:图像的特征表示

将一幅图像所有小块直方图串连起来,作为图像的特征向量。基于梯度方向直方图的特征提取过程如图 1 所示。

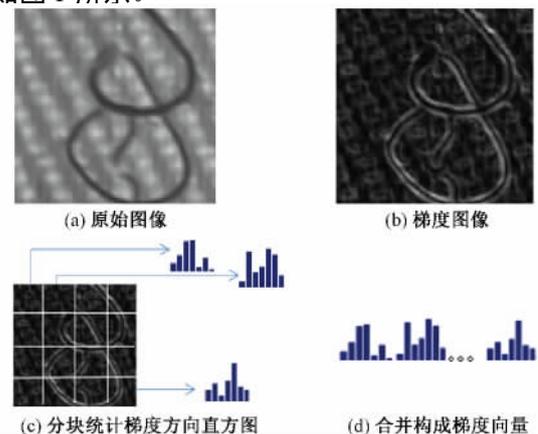


图 1 梯度方向直方图特征提取过程

## 3 实验

### 3.1 实验数据

为了验证本文算法的效果,将生产中常见的平纹布作为实验样本,样本来源于安庆华茂集团,将采集到的图像经过分割、灰度化处理、中值滤波之后,建立了实验样本集。图像尺寸为 256 像素  $\times$  256 像素。部分实验图像见表 2。实验中样本数量及分布见表 3。

表2 部分实验图像

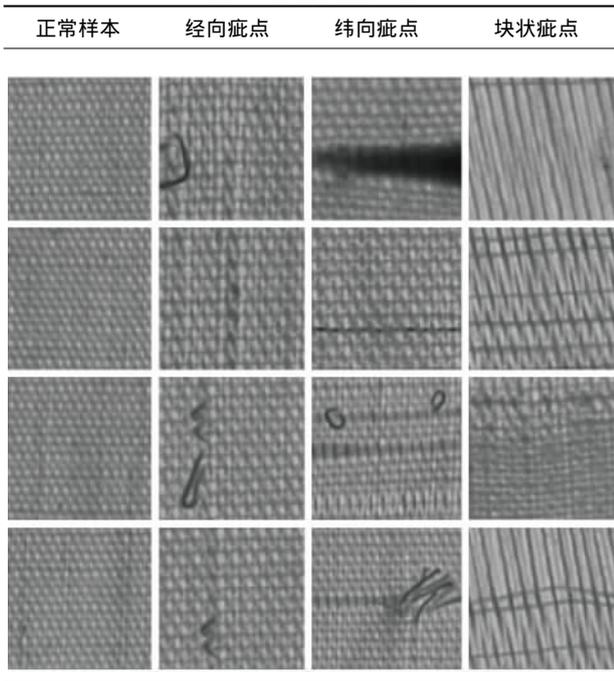


表3 实验样本数据分布

样本类型	样本数量	
训练样本	正常	200
	经向疵点	97
	纬向疵点	59
	块状疵点	101
测试样本	正常	203
	经向疵点	197
	纬向疵点	195
	块状疵点	200

### 3.2 分类器

本文采用最近邻分类器,距离函数选用卡方距离,因为卡方距离自带了规范化功能。卡方距离计算如下:

$$\chi^2(p, q) = \sum_i \frac{(p_i - q_i)^2}{p_i + q_i} \quad (5)$$

式中  $p, q$  分别 2 幅本色布图像的特征向量。

### 3.3 实验参数

#### 3.3.1 梯度模板

构造梯度方向直方图时,梯度模板是一个重要参数。本文共设计了 5 种梯度模板方案,分别为 A、B、C、D、E:

方案A:

$$T_x = [-1 \ 0 \ 1] \quad T_y = [-1; 0; 1]$$

方案B:

$$T_x = [-1 \ 1] \quad T_y = [-1; 1]$$

方案C:

$$T_x = [-1 \ 0; 0 \ 1] \quad T_y = [0 \ -1; 1 \ 0]$$

方案D:

$$T_x = [-1 \ 0 \ 1; -1 \ 0 \ 1; -1 \ 0 \ 1]$$

$$T_y = [-1 \ -1 \ -1; 0 \ 0 \ 0; 1 \ 1 \ 1]$$

方案E:

$$T_x = [-1 \ 0 \ 1; -2 \ 0 \ 2; -1 \ 0 \ 1]$$

$$T_y = [-1 \ -2 \ -1; 0 \ 0 \ 0; 1 \ 2 \ 1]$$

#### 3.3.2 分块参数

图像的原尺寸为 256 像素 × 256 像素,分块构造直方图时,水平方向与垂直方向分别刚性分割成  $m \times n$  个小块,实验中  $m, n$  取值为 2、4、6、8。实验结果表明,当  $m = 4, n = 8$  时分类准确率最高。

#### 2.3.3 角度参数

构造梯度方向直方图时,需要将梯度的方向  $\theta$  进行离散化,分成  $k$  个 bin。实验中,将  $k$  取值为  $5 \leq k \leq 16$ ,实验结果表明,当  $k = 12$  时效果最好。

### 3.4 实验结果

将原始图像分割为  $4 \times 8$  个小块,分割后小块的尺寸为 64 像素 × 32 像素。角度离散化为 12 个 bin,因此一个小块的特征为 12 维,一幅图像的特征为  $12 \times 4 \times 8 = 384$  维。在表 3 所示的数据集上,采用 3.3 中 5 种梯度模板方案分别提取图像的梯度方向直方图,采用卡方距离和最近邻分类器,得到的分类结果如表 4 所示。

表4 不同模板方案的分类结果 %

模板	准确率
A	92.70
B	94.70
C	91.07
D	91.07
E	92.20

从表 4 可以看出,选择 B 模板方案分类效果最好,分类准确率为 94.7%,此时分辨矩阵见表 5。

表5 选择模板 B 的分类准确率

样本类型	识别为正常	识别为经向疵点	识别为纬向疵点	识别为块状疵点
正常	189	8	3	3
经向疵点	3	194	0	0
纬向疵点	2	0	179	14
块状疵点	6	3	0	191

从表 5 可以看出,大部分图像都被正确分类,其中有 14 个纬向疵点被识别为块状疵点,原因是这些纬向疵点比较大,而分块较小时,在小的分块中,疵点充满分块,因此被错误分类。如果只考虑将疵点识别出来而不区分经向、纬向、块状,则分辨矩阵如

表6所示,此时识别准确率达到96.85%。

表6 仅分类正常和疵点时的分辨矩阵

样本类型	识别为正常	识别为疵点
正常	189	14
疵点	11	581

#### 4 结束语

本文设计了一种基于梯度方向直方图的特征提取方法,详细介绍了图像分块构造梯度方向直方图的过程,采用最近邻分类器和卡方距离进行分类,在实际采集的平纹本色布样本集上进行了实验。通过实验确定了最佳的分块方案及梯度模板方案。实验结果表明,本文的特征提取方法能有效地将疵点识别出来。

#### 参考文献:

- [1] 何薇. 布匹瑕疵实时视觉检测技术的研究与开发[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
- [2] MAK K L, PENG P, YIU K F C. Fabric defect detection using morphological filters [J]. *Image and Vision Computing* 2009 27(10): 1585 - 1592.
- [3] 吴文涵, 陶华敏, 肖山竹, 等. 灰度共生矩阵纹理特征提取算法的优化与实现 [J]. *数字技术与应用* 2015 (6): 124 - 126.
- [4] CHAN C H, PANG G K H. Fabric defect detection by fourier analysis [J]. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2000 36(5): 1267 - 1276.
- [5] KUMAR A, PANG G K H. Defect detection in textured materials using gabor filters [J]. *IEEE Transactions on Industry Applications* 2002 38(2): 425 - 440.
- [6] 马强. 基于小波和极速学习机的织物疵点检测和分类[D]. 上海: 东华大学, 2016.
- [7] 杨晓波. 基于自适应离散小波变换的混合特征畸变织物疵点识别 [J]. *纺织学报*, 2013, 34(1): 133 - 137.
- [8] DALAL N, TRIGGS D. Histograms of oriented gradients for human detection *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* [C]. LA: Los Alamitos, 2005: 886 - 893.
- [9] 贾慧星, 章毓晋. 基于梯度方向直方图特征的多核跟踪[J]. *自动化学报* 2009 35(10): 1283 - 1289.
- [10] 唐春晖. 一种基于梯度方向直方图的俯视行人的检测方法[J]. *模式识别与人工智能*, 2015, 28(1): 19 - 26.
- [11] 刘军, 白雪. 基于梯度方向直方图与高斯金字塔的车牌模糊汉字识别方法 [J]. *计算机应用*, 2016 36(2): 586 - 590.