

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017080210304

基于机器视觉的织物表面最优图像亮度选取

杨鹏程, 刘洋, 胥光申, 乔伍

(西安工程大学机电工程学院, 陕西西安 710048)

摘要: 基于机器视觉的织物表面检测中, 环境亮度直接影响织物成像质量的优劣。为了得到最优图像亮度, 首先以白色纸带所在的矩形区域内的平均灰度值来标识织物图像亮度, 然后选用标准差、点锐度、图像信息熵等3种经典算法对多组不同亮度下采集的织物图像质量进行评价, 并对评价结果进行对比分析, 选择出最适于进行织物表面质量检测的图像亮度。实验证明, 这3种经典算法能够得到正确且可行的图像亮度选取结果, 可为生产实践提供理论指导。

关键词: 机器视觉; 织物表面质量; 图像检测; 亮度选取

中图分类号: TS 107; TP 335 文献标志码: A

Selection of optimal image brightness in fabric surface quality monitoring based on machine vision

YANG Pengcheng, LIU Yang, XU Guangshen, QIAO Wu

(College of Mechanical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: In the method of the fabric surface quality monitoring based on the machine vision, the brightness of the environment directly affects the quality of the fabric images quality. In order to obtain the optimal image brightness, firstly, we use the average gray value of the rectangular area in the white tape to identify the brightness of the fabric images, then the three standard algorithms about the standard deviation, dot sharpness and image information entropy are used to evaluate the fabric images quality under the different brightness, and the results of the evaluation are compared as well as analyzed, finally we select the most suitable gray values for fabric surface quality monitoring. Relevant experiments show that the three classical algorithms can obtain the correct and feasible results of image brightness selection, which can provide theoretical guidance for production practice.

Keywords: machine vision; fabric surface quality; image detection; brightness selection

随着科学技术的进步, 我国纺织行业也得到了巨大的发展。纺织品的花色、纹理、材质越来越丰富且复杂, 对纺织品的质量提出了越来越高的要求。传统的织物检测主要依靠人工来完成, 检测过程中容易受到主观因素的影响, 且效率低下。人工检测虽然能够根据国家标准对检测出的织物进行分类和

评分, 但是对织物的判断却存在着很大的局限性。由于人的视觉精度和容易疲劳都会导致检测不稳定, 特别是随着检测时间的推移, 检测正确率会迅速下降^[1]。

基于机器视觉的织物表面质量检测方法具有快速、实时、自动化等优点, 能够避免人工检测所引起的误差, 被越来越多地应用于实际生产中^[2]。伴随数字图像处理技术的不断发展, 将数字图像处理技术融入基于机器视觉的纺织品检测系统取得了一系列成果, 其具体算法也在不断更新成熟。数字图像处理是利用计算机对图像信息进行加工, 消除图像中的无用信息, 增强需要检测的信息, 使有用的信息突显出来, 增加质量检测系统的准确率与实

收稿日期: 2017-08-22

基金项目: 陕西省科技厅自然科学基金基础研究计划项目(2015JQ5196); 陕西省青年人才托举计划项目(20160124); 西安工程大学博士科研启动金项目(BS1401)

第一作者简介: 杨鹏程, 讲师, 博士, 主要研究方向为纺织品质量在线检测、全息投影、激光干涉测量。E-mail: yangpengcheng@xpu.edu.cn。

时性^[3-4]。

利用机器视觉方法检测织物表面质量的过程中, 织物图像是唯一采集到的数据, 其质量直接决定后续处理的难度和检测结果的可靠性。图像亮度是决定图像质量的关键因素, 检测系统在光照条件良好的情况下, 织物图像清晰、细节完整逼真, 能够更真实地展现织物表面的实际情况; 但在光照条件恶劣的情况下, 低照度下的图像质量却严重下降, 主要表现为: 一是图像呈现大量暗区, 暗区内容模糊不清、细节丢失; 二是在人工光源下, 图像又出现部分高光区, 使图像整体亮度严重不均, 给检测结果带来严重的不确定性^[5]。

当前在机器视觉领域, 国内外专家在亮度选取方面做了大量的工作。龚兆岗^[6]通过脉宽调制解决了LED可变情报板亮度难以调节的难题, 最终获得较理想的亮度控制; 钱小龙^[7]通过应用MAX1698芯片, 设计了具有亮度可连续调节并且照度均匀的照明光源, 有效地解决了生产现场中因金属小工件复杂表面因强反射光导致成像画面失真并缺失信息的难题。在织物的实际生产过程中, 虽然这些解决问题的基本思路可以借鉴, 却不能够直接用于织物表面图像最优亮度的选取。截至目前, 尚未查到国内外有关针对织物表面检测时, 最优亮度的选取方法。本文使用标准差、点锐度、图像信息熵3种经典的图像质量评价函数, 对多组不同亮度下采集到的织物图像质量进行评价, 提出了一种简单可行的最优亮度选取方法。

1 最优亮度选取方法

本文通过2个步骤实现最优图像亮度的选取: 一是找到一种通用的方法标识图像亮度; 二是对比不同亮度下的图像质量, 进而选取最优亮度。

1.1 图像亮度标识

图像的灰度平均值可用来标识图像亮度。采集到的织物灰度图像由于花色、材质、纹理等多方面的原因, 使得图像不同区域具有不同亮度值, 因此面对多种多样的检测对象, 难以找出一个相对通用的区域灰度来衡量图像的亮度。本文借助数码摄像中白平衡的基本原理, 尝试在织物上方黏贴一个灰度值为200的矩形纸带。实际检测过程时, 采集到图片中同时包括织物与该标识区域, 计算矩形纸带区域的平均灰度, 并以此为标准标识采集到的图像亮度, 从而尽可能地避免织物花色、材质、纹理等因素对图像亮度识别造成的不确定性。将标识图像亮度的纸带灰度定位200, 是因为如果纸带灰度太低, 则对图像亮度变化敏感度降低; 如果纸带灰度过高, 则在图

像亮度较大时容易直接达到数字图像255的最高灰度, 不能指示此时亮度的变化。

1.2 图像质量评价方法

当前针对图像质量的识别问题已提出多种算法, 新算法研究和相关算法改进也层出不穷, 本文选取标准差、点锐度和图像信息熵3种经典算法评价不同亮度条件下的织物图像, 从而找出最优的图像亮度。

1.2.1 标准差

图像标准差是指图像中各个像素点偏离灰度平均值的距离的平均数, 它反映了各像素点灰度值相对灰度平均值的偏离程度, 即各个像素点灰度值变化的剧烈程度^[8]。假定 x_{ij} 表示当前区域内的一个像素灰度值, 则标准差的定义如下:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{x})^2}{M \times N}} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}}{M \times N} \quad (2)$$

式中: S 为标准差; \bar{x} 为当前区域像素的灰度平均值; M 和 N 分别为当前区域内的行数和列数。

基于式(1)、(2)求出采集到的织物图像的标准差, 图像亮度适中时, 相邻像素点灰度值变化的越剧烈, 得到的数值越大, 即图像的可分辨率越高, 图像的主要结构信息越丰富, 图像质量高; 反之, 得到的数值越小, 说明像素点灰度值变化的越平稳, 即图像的可分辨率越低, 图像的主要结构信息越差。

1.2.2 点锐度

点锐度是通过统计图像某一边缘法向方向的灰度变化情况进行评价的, 即灰度变化越剧烈, 边缘越清晰。点锐度的定义为^[9]:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{m \times n} \sum_{a=1}^8 \left| \frac{d_i}{d_x} \right|}{m \times n} \quad (3)$$

式中: p 为点锐度; m 和 n 为图像的长和宽; d_i 为灰度变化幅值; d_x 为像元间的距离增量。

式(3)可描述为: 逐个对图像中的每点取8个邻域点与之相减, 先求8个差值的加权和(权的大小取决于距离, 距离远则权小, 如 45° 和 135° 方向的差值需乘以 $1/\sqrt{2}$), 再将所有像素点所得值相加除以像素总个数。图像亮度适中时, 该图像灰度扩散越剧烈, 图像越清晰, 得到的数值越大, 表明细节越多, 越有利于图像质量识别; 反之, 该图像灰度扩散越微弱, 图像越模糊, 得到的数值越小, 图像细节越少, 图像质量越差, 识别效果越差。

1.2.3 图像信息熵

熵是一种不确定性的度量,它可以用来衡量目标主体信息量的大小,从而看出目标主体的有序化程度。处于不同位置的像素有着不同的灰度,像素灰度用 x_i 表示,其中 $i = 1, 2, \dots, k$, 则图像熵的计算公式为^[10]:

$$H(X) = - \sum_{i=0}^n p_i(x_i) \log p_i(x_i) \quad (4)$$

式中: $H(X)$ 为信息熵; k 为图像的灰度级数, $k = 0 \sim 255$; p_i 为各灰度级出现的概率。

基于式(4) 求出采集到的织物图像的标准差,对最终的数据进行分析。图像信息熵是从平均信息量的角度对整个图像特性的表述。图像亮度适中时,织物表面各区域颜色差异较大,得到信息熵值较大,图像信息越丰富,越利于织物表面信息的识别;反之,得到的数值越小,织物图像表面各区域颜色差异较小,图像信息越匮乏,图像质量越差,识别效果越差。

2 实验与讨论

本文采用常用棉质袜子进行拍摄,袜子成分为棉/聚酯纤维/氨纶 73/21/6。针对采集到的织物表面进行图像处理,图像处理流程见图 1。



图 1 织物表面图像处理流程

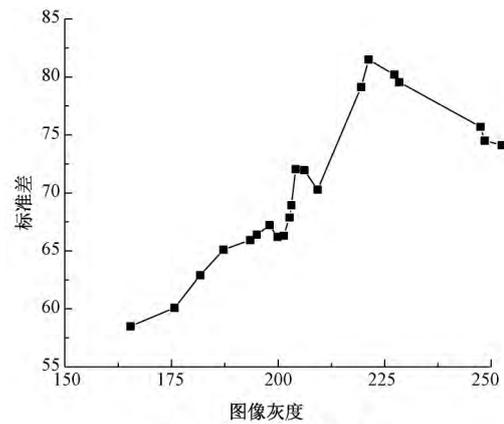
首先,在可调光源下,采用 CCD 感光元件来采集不同光照条件下同一织物的多组灰度图像;其次,将图片进行灰度化处理,处理后的织物图像见图 2;接着,对图像进行预处理,通过对输入的图像进行分析、分割及识别前的操作,有利于消除图像中的无关信息,得到有用信息,简化数据,然后,根据图像中像素的亮度及颜色进行图像分割操作提取出感兴趣的目标区域^[11];最后,使用不同的算法对目标区域内不同亮度的图像进行评价,分析数据得到织物质量检测中最优环境亮度的选取结果。



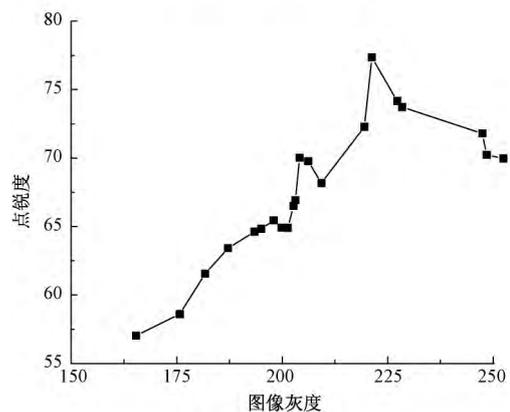
图 2 灰度预处理后的图像

为验证亮度对图像质量的影响,基于 MATLAB

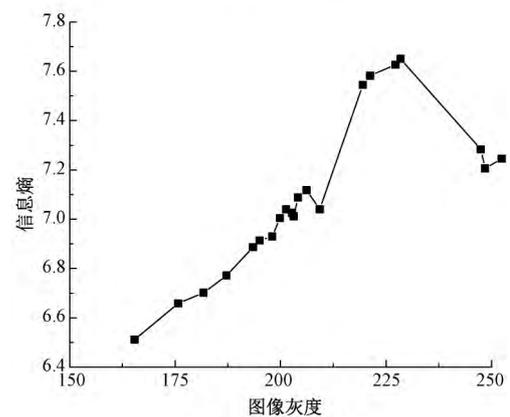
平台进行计算,将采集到的多组图像进行图像函数处理,得到图像质量的评价结果,见图 3。



(a) 标准差函数的变化趋势



(b) 点锐度函数的变化趋势



(c) 信息熵函数的变化趋势

图 3 织物图像质量评价函数的变化趋势

由图 3 可以看出,标准差、点锐度、信息熵函数的变化趋势为明显的倒“U”形变化,图 3(a) 和 (b) 的评价结果变化曲线在灰度值为 220 左右达到最高值,表明此时相邻像素点灰度值变化相对最剧烈,可分辨率高,图像的主要结构信息丰富,图像相对最清晰,细节多,图像质量相对最好;而图 3(c) 在灰度值为 228 左右达到最高值,表明此时织物表面各区域颜色差异最大,图像信息最丰富,最利于织物表面信息的识别,图像质量相对最

好。由于这3种算法求得的数据大小不同,为了更好的进行对比分析,设立一个相对统一的量来衡量3种算法所得图像质量评价结果的趋势变化,即相对值的趋势变化,见式(5):

$$t = \frac{x_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (5)$$

式中: t 为相对值; $X_{i\max}$ 为所得结果的最大值; $X_{i\min}$ 为所得结果的最小值; x_i 为所得的结果; $i = 1, 2, \dots, k$ 。相对值的图像处理结果见图4。

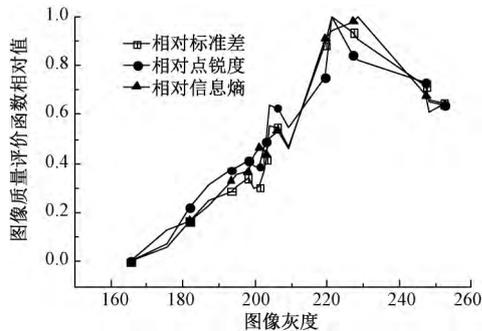


图4 织物图像质量评价函数相对值的变化趋势

由图4可知,在图像灰度值为220~230时,3条曲线均出现最大值,表示在该范围内3种经典图像评价函数的识别效果都达到最好。织物图像在该灰度范围内,灰度扩散相对最剧烈,图像结构相对较好,图片信息相对更丰富,图像更清晰,图像质量相对最好,最有利于后续织物检测。

基于以上结果利用 Sobel 边缘算子^[12]分别处理灰度值为200和228的织物图像,图像边缘提取效果图见图5。

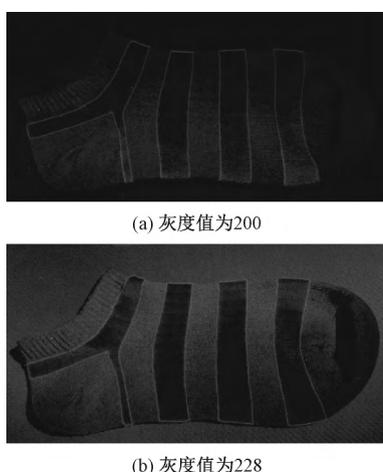


图5 织物图像边缘提取效果图

通过对比和分析,可以直观地看出灰度值为228时,织物图像可分辨度更高,图像更清晰,图像识别效果更好。这一灰度段是根据本文的3种经典算法评价不同亮度条件下织物图像后找出的最优图

像灰度段,即最优图像亮度。

3 结论

针对基于机器视觉的织物表面质量检测中最优图像亮度的选取问题,本文采用灰度值为200的白色矩形纸带区域作为参考区域,用于标识织物图像亮度。使用图像标准差、点锐度和图像信息熵3种经典图像质量评价算法考察不同亮度下拍摄到的同一织物的图像质量。分析了图像质量评价数据。实验结果表明:灰度值在220~230时,图像结构相对较好,图像最清晰,图像信息最丰富,得到的图像质量最好。相关实验也证明本文方法的有效性和可行性,能够为大规模的纺织品质量在线检测提供一定的理论依据和技术支持。

参考文献:

- [1] 李鹏飞,陈耀武,景军锋,等. 基于DSP的实时织物疵点检测系统[J]. 毛纺科技,2015,43(10): 47-52.
- [2] 宋国庆,吴育民,冯云鹏,等. 机器视觉在光学加工检测中的应用[J]. 影像科学与光化学,2016(1): 30-35.
- [3] 徐娜,王旻,卫佳欢. 图像处理技术在纺织品检测中的应用[J]. 山东化工,2013(10): 76-77,79.
- [4] RADU Adrian Ciora, CARMEN Mihaela Simion. Industrial applications of image processing [J]. ACTA Universitatis Cibiniensis, 2015, 64(1): 17-21.
- [5] 邵雪,曾台英,汪祖辉. 基于亮度阈值效应的无参考图像质量评价方法[J]. 包装工程,2016(15): 40-45.
- [6] 龚兆岗. LED可变情报板的亮度调节[J]. 现代显示, 2006(4): 14-18.
- [7] 钱小龙,曲兴华,陈勇,等. 可连续调节亮度均匀照明光源设计及在表面缺陷检测中的应用[J]. 制造业自动化,2005(12): 43-45+54.
- [8] 张莹莹,韩润萍. 局部标准差算子在红外图像去噪及边缘检测中的应用[J]. 制造业自动化,2013,22: 18-20.
- [9] 薛万勋,卞春江,陈红珍. 基于点锐度和平方梯度的图像清晰度评价方法[J]. 电子设计工程,2017(8): 163-167.
- [10] 朱桂英,张瑞林. 信息熵在图像处理中的应用[J]. 丝绸,2006(12): 34-36.
- [11] KANG Xuejuan, JING Junfeng, NIE Luhua. The segmentation of textile printing image based on the algorithm of JSEG [J]. Applied Mechanics and Materials, 2010(1): 890-895.
- [12] 杨泽,甘新基,李建永. 机器视觉图像边缘检测技术及其工程应用[J]. 黑龙江科技信息,2017(8): 111-112.