

基于计算机视觉的纺织品色牢度检测方法

冉友廷, 邓中民

(武汉纺织大学 纺织学院, 湖北 武汉 430073)

摘要:文中指出应对不同纤维种类、不同色牢度类别、不同纤维表面颜色分别建立数据库,以提高仪器检测色牢度的准确性和精确度。并在此基础上,采用计算机图形学、图像处理、颜色空间转换和计算机视觉色差等技术,开发了基于计算机视觉的纺织品色牢度检测系统,详细阐述了该系统的设计方案、测试流程,建立了色差等级评定系统,然后以标准灰色变色模式为例,说明了等级评定的过程,测得了标准样卡色差,通过曲线拟合得到了灰色变色评级公式。与色牢度目测法的结果对比发现,该色牢度检测系统操作简单,测试结果准确,可以取代目测法;另外还可用于纺织品色差的检测。

关键词:色牢度;计算机视觉;图像处理;颜色空间转换;色差;评级

中图分类号:TS 187

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2012)08-0065-04

色牢度是纺织品微观质量测定的一项重要内容。它是根据试样的变色和贴衬织物的沾色分别评定的。测定方法的准确与否对产品质量的判定会产生影响。在评定原样与处理后试样的色牢度色差时,主要还是沿用目测法^[1],检验人员首先需要用肉眼把待测物的颜色差转换为灰度差别,这种彩色转换为灰色的方法存在着人为的主观因素。

仪器检测法已有了一定的发展^[2-4],主流仪器法分为分光光度法和光电积分法两种,此类仪器测色的方法已出现几十年。测色仪器在测量物体颜色和色差方面从理论上讲比目测要准确,但是至今仍未能得到广泛应用,且仪器实际测量值与目测值之间仍存在着较大的差异,其测量值仅具有参考价值,

未能成为最终判定的依据。原因是仪器测量从取样到数据处理存在一些缺陷,各个环节上的缺陷导致了误差,诸多误差因素的叠加使得最终的测量值失去了应有的准确度。不解决这些误差因素的影响,仪器评级法便无法代替目测评级法,因此必须通过对测试过程中各个环节进行标准量化来提高仪器测试的精确度和稳定性。

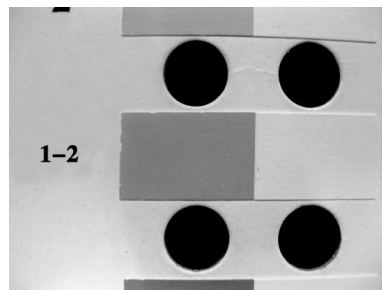
1 基于计算机视觉的纺织品色牢度检测方法实现

1.1 系统实现原理

纺织品色牢度的测试评级有:国际标准 ISO105/A03—1993《纺织品色牢度试验 评定沾色、变色灰色样卡》、GB 250—1995《评定变色用灰色样卡》、GB 252—1995《判定沾色用灰色样卡》(见图1)和 GB 6151—1997《纺织品色牢度试验通则》等。



(a) 变色



(b) 沾色

图1 评定变色、沾色色牢度标准灰度样卡示例

基金项目:国家质检总局科技计划项目(2011QK284)。

作者简介:冉友廷(1987—),男,硕士研究生。主要从事纺织品数字化和图像处理的研究。

色牢度等级评定是一个综合过程。经过一定处理后的布样与没有经过处理的布样存在着一定的色差,不同的机理所导致的色差千差万别,故在色牢度等级评定过程中应该分别建立以下三方面的数据库:

a. 导致织物颜色变化的原因,纺织品色牢度检测应具体分为耐洗、耐光、耐摩擦、耐热压、耐漂白、耐氧化、耐汗渍、耐交染等;

b. 纤维种类,因为不同种类纤维颜色变化情况各不相同,应该对不同纤维的色牢度进行单独研究;

c. 纤维表面颜色,在色牢度等级评定的时候,需要按照纤维表面颜色将其分类,该分类已经在传统目测法中得到了应用,包括灰卡、蓝卡、绿卡等,可以以此为依据建立纺织品色牢度检测系统。

基于计算机视觉的纺织品色牢度检测系统由三大部分组成:即用户交互式参与的色牢度测试参数化选型及初始化部分(用户区),图像处理部分(系统区),图像显示及色牢度评级实际参数输出部分(显示区)。

该测试系统由两大流程组成:其一是色牢度选型功能和参数化描述,主要是通过用户交互式参与操作以及数据交换接口模块来实现;其二是沾色、变色、标准光照等文件的执行,包括图形文字的显示和格式转换过程。

该测试系统大致工作流程为:

a. 当系统接到信息时,用户通过数据交换接口模块,给出相关色牢度选型的参数化描述;

b. 分析产品功能特点,设定其中的一些参数,与变色、沾色、色牢度规格标记等有关信息进行匹配,确定产品各关键参数;

c. 调用相关色牢度配置库及其基本原始信息,连接运行后可显示初始图与变换后的图、评定结果、色牢度类别、纤维种类和颜色变化情况。

此项色牢度测试系统的整体结构如图2所示。

1.2 系统实现的关键步骤

1.2.1 图像采集

影响图像采集的因素为光照、拍摄角度、拍摄距离和其他环境要求;扫描仪或其他数字输入设备有以下几个重要参数:分辨率、定尺寸、输入输出倍数、尖锐度等,它们的设定对最后的测试结果有较大的影响。

1.2.2 预处理

经图像信息输入系统获取的源图像中通常都含有各种各样的噪

声与畸变,会大大影响图像的质量,这些噪声在图像上常常表现为一些孤立的像素点,所以需对原始图像进行预处理,简称图像增强。对于图像的去噪,不宜采用频域滤波和直接灰度变换等大范围改变图像三刺激值即红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色的去噪方法。考虑到中值滤波是一种非线性的处理技术^[5],既可以用来抑制色牢度图像中的噪声,滤除脉冲干扰及图像扫描噪声,又可以克服线性滤波所带来的图像细节模糊,保持图像边缘信息,因此本系统采用3×3的移动窗口进行中值滤波,图像上的一点(x,y)经滤波后的灰度值按式(1)计算:

$$f(x,y)=\frac{1}{9}\left[\sum_{m=-1,0,1}\sum_{n=-1,0,1}f(x+m,y+n)\right] \quad (1)$$

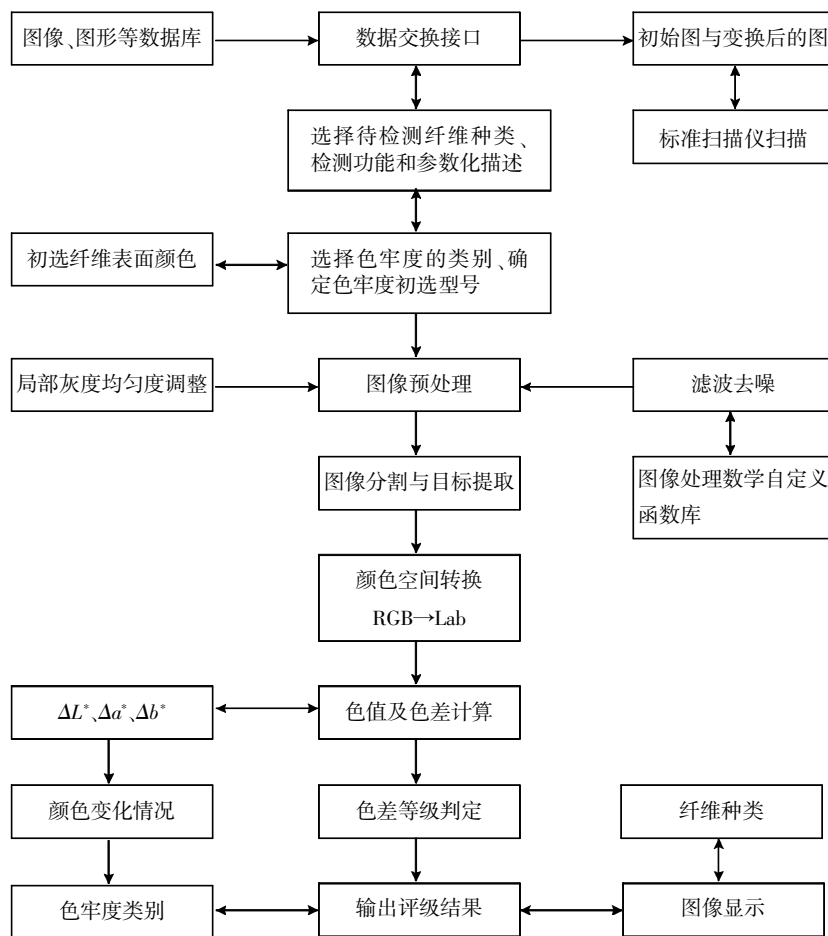


图2 色牢度测试系统整体结构

式中: $f(x, y)$ 为任意点的灰度值, $f(x+m, y+n)$ 为 9 邻域各点的灰度值。

1.2.3 图像分割与目标提取

对于单色织物而言, 色牢度检测比较方便, 即获取织物图像一定面积上的红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色值后, 再依据颜色空间转换计算出该面积上的 L 、 a 、 b 值, 最后再计算出色差 ΔE , 以此来分析颜色的变化。

对于非单色织物色牢度的检测, 首先选择需要检测织物图案的内容。由于织物图案和色彩是非常丰富和复杂的, 故需要经过图像分割和目标提取^[6], 确定了检测色差的对象后, 还要对选定的图案进行定位, 本次试验取纬向为 x 轴, 经向为 y 轴。具体步骤为:

a. 在 x 轴上, 找到第一个图案中心点所在的像素点 (x_0, y) , 此处的 y 是固定值。然后沿着 x 轴, 找到第二个图案中心点所在的像素点 (x_1, y) , 计算出这两个图像中心点相距的像素数 p 。这样, 根据 $[(x_i + pi), y, i = 0, 1, 2, \dots, n]$, 在 x 轴方向上依次把所有选定的图像加以定位, 由于布的宽度是一定的, 所以在该幅宽上的图像个数也是一定的, 然后计算出该局部图像的最小面积。

b. 在 y 方向上, 按照上述步骤的思路, 根据 $[(x_i + pi), (y_j + qm), i = 0, 1, 2, \dots, n, j = 0, 1, 2, \dots, m, q]$ 表示 y 方向上相邻两个图像中心点相距的像素数, 对所检测的图像进行定位。

1.2.4 颜色空间转换及色差计算

计算机视觉的色牢度检测是基于传统的目测法研制的, 所以计算及视觉色差应该与人眼所感觉到的色差一致。在这种情况下, 色彩研究工作者研究出了很多色差

公式。目前计算机测配色系统所使用的色差计算公式多为国际照明委员会(CIE)在 1976 年发布的色差公式 CIELAB(1976), 即式(2):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2)$$

色差计算过程为先实现 RGB 颜色空间到 Lab 颜色空间的转换, 再计算色差。 ΔE 为总色差值; $\Delta L^* > 0$, 说明对照样本比原样本色浅, 明度增高, 反之降低; $\Delta a^* < 0$, 说明对照样本比原样本色彩偏绿, 反之偏红; $\Delta b^* < 0$, 说明对照样本比原样本色彩偏蓝, 反之偏黄。

本系统使用的色差计算公式为国际照明委员会在 2000 年发布的最新色差公式 CIEDE2000, 即式(3), 其已被官方采纳, 是目前理论上最好的色差公式, 更加符合人眼感觉, 详见参考文献[6]。

式中: ΔE 为色差值, ΔL 、 ΔC_{ab} 和 ΔH_{ab} 分别表示明度差、彩度差和色相差,

S_L 、 S_C 和 S_H 称为权重函数, 定义了椭圆半轴的长度, 允许在 CIELAB 颜色空间中根据区域的不同进行各自的调整, 以校正该空间的均匀性。参数因子 K_L 、 K_C 、 K_H 和 R_T 是与使用条件相关的校正系数, 它们是影响色差感觉的因素。在 CIE 给定的标准观测条件下, $K_L = K_C = K_H = R_T = 1$, 条件不符合时, 则要根据工业色差评估条件来确定这些数值。

1.3 评级系统与评级公式

图 3 为建立的织物色牢度评级系统界面的示例, 加载待检测的图像后点击检测便可检测出两图像颜色差异信息。在图像信息模块能显示图像大小、格式、任意一像素点的像素大小和其他变化效果; 在检测模式模块中可选择不同的检测模式, 可对整个图像进行比较、也可选择感兴趣的区域作比较; 检测结果模块中会给出颜色变化情

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C_{ab}}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H_{ab}}{K_H S_H}\right)} \quad (3)$$

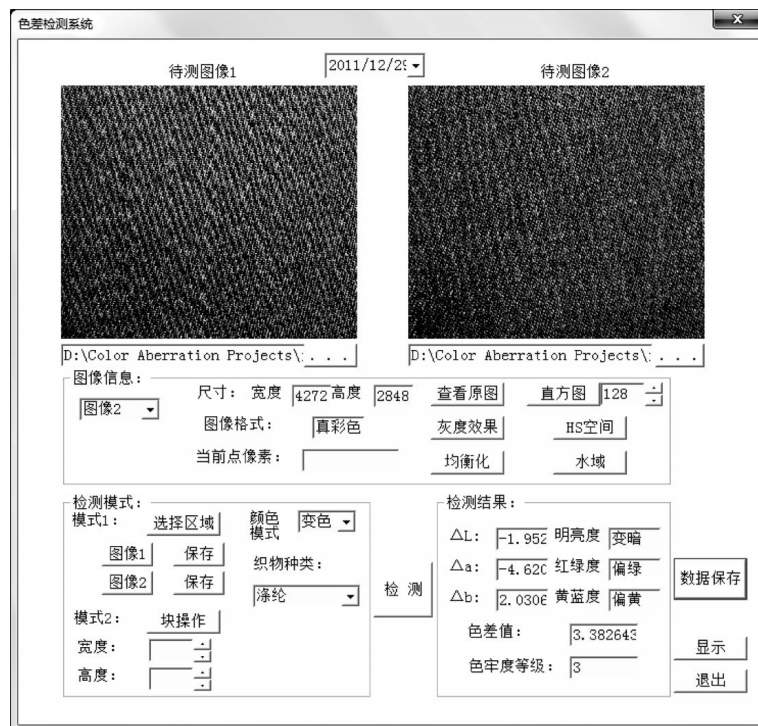


图 3 纺织品色牢度客观评级系统界面示例

况、色差值和系统评定的色牢度等级。

以标准灰色变色模式为例说明等级评定的过程。首先测出标准灰色变色色卡的色差值,由于标准变色色卡为 5 级 9 等,按照以上步骤分别求出不同等级色卡的色差值,存放在 1×9 的数组中,再对这些数据进行曲线拟合^[7]。由大量试验得出,四次多项式曲线拟合效果较好,能够满足色牢度等级评定的需要。等级色差值和 4 次拟合曲线由图 4 所示。

该拟合曲线方程如式 (4) 所示。则可将该拟合函数的反函数作为色牢度的等级评定公式,即式 (5) 所示:

$$x = \Delta E^{-1} \quad (5)$$

其他色牢度类别的测试与此过程相类似。

2 色牢度测试对比验证

为了检验该系统对色牢度级别测量的准确性,课题组共选用了多块不同色系、不同纤维组织结构的纯色布和花布进行测试。试样水洗色牢度测试结果如表 1 所示。

测试为对专家目测结果的对比验证,由表 1 可看出,只有极少数等级与专家目测法有半级的差异。又如图 3 所示,其是牛仔布试样的色牢度检测结果,检测模块显示了织物表面颜色变化情况(明暗度、红绿度、黄蓝度和色差)以及色牢度等级评定结果,可看出测试的结果符合纺织品色牢度试验通则所规定的容差范围。

3 结束语

本文总结了色牢度检测方法的发展状况,分析了仪器测量织物颜色和色差从理论上讲比目测法要准确,实际中却未得到广泛应用的原因。在纺织品色牢度检测领域,提出应对不同纤维种类、不同

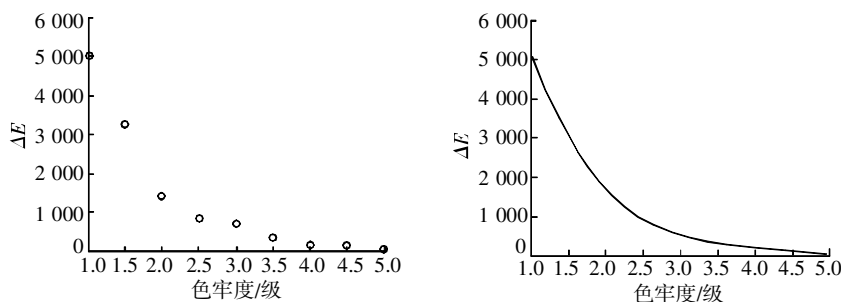


图 4 各级色差值及其 4 次拟合曲线

$$\Delta E = (1.2945 - 1.0964x + 0.3616x^2 - 0.0536x^3 + 0.0030x^4) \times 10^4 \quad (4)$$

表 1 水洗色牢度测试结果对比

样品编号	目光测试等级/级	色差值(ΔE)	系统测试等级(x)
1	1	4 840.9	1.2
2	1~2	2 034.2	1.6
3	2	1 335.5	1.9
4	2~3	1 122.8	2.3
5	3	677.5	3.0
6	3~4	387.6	3.4
7	4	180.4	3.8
8	4~5	99.3	4.6
9	5	30.2	4.8

色牢度类别、不同纤维表面颜色分别建立数据库,以提高色牢度检测的准确性和精确度。着重介绍了计算机视觉色牢度检测系统的设计方案,详尽阐述了系统实现的关键步骤,建立了色差等级评定系统,并以标准灰色变色样卡为例,测得了色差,通过曲线拟合得到了评级公式。本方法操作简单,测试结果准确,可以取代目测法。另外,本系统在评定色牢度等级的同时,可以显示颜色的变化情况,为从事染整的工作人员分析染料质量提供了直接证据;同时,此方法还可用于纺织品色差的检测,检测时先按规定的操作程序建立相关评定标准的数据库,然后按本方法进行试验即可。

参考文献

[1] 齐亚民. 纺织品色牢度国际标准与我国采用情况简介[J]. 印染, 1998, 24

(3): 38-40.

[2] 韩小贺, 成刚虎, 向志爱. 色空间转换在印刷品质量检测中的应用研究[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 101-102.

[3] 曹新忠, 赵冬梅. 用计算机测定织物色差系统[J]. 中国纤检, 2000(10): 27-29.

[4] SIRIKASEMLERT A, TAO X. Objective evaluation of textural changes in knitted fabrics by laser triangulation [J]. Textile Research Journal, 2000, 70(12): 1076-1078.

[5] 罗军辉, 冯平, 哈力旦. A.MATLAB7.0 在图像处理中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[6] 郑元林, 刘士伟. 最新色差公式: CIEDE2000[J]. 印刷质量与标准化, 2004(7): 34-37.

[7] 李红. 数值分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.

收稿日期 2012 年 1 月 8 日