

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.02.016

基于 Sigmoid 核函数的纺织品色差分类检测研究

谈波^a, 郭家伟^b, 战惠惠^a, 庞可染^a

(马鞍山学院 a.工业工程系; b.机械工程系, 安徽 马鞍山 243100)

摘要:颜色的自动检测分级是纺织、印染行业质量检测中的关键一环。为达到纺织品颜色的快速分级,根据人类视觉特性,提出了一种基于 Sigmoid 核函数的纺织品色差分类检测方法。该方法首先将采集的待测纺织品图像进行预处理操作,并将图像数据由 RGB 色彩空间转换至 HSV 色彩空间;其次对图像区域进行均匀分块,提取 H 、 S 、 V 分量值并采用加权和的方式计算待测纺织品与标准样品间的色差值 ΔE ;最后以 ΔE 作为特征向量,采用基于 Sigmoid 核函数的 SVM 分类器来实现纺织品颜色分级。通过色差检测系统分类实验验证该方法分类准确率较高,可以实现纺织品的色差检测分类。研究结果可为陶瓷、木材等其他行业的色差检测分类提供参考。

关键词:图像预处理;颜色分级;HSV 色彩空间;色差检测;Sigmoid 核函数;SVM 分类器

中图分类号:TS107;TP391.41 文献标志码:A 文章编号:1673-1891(2021)02-0089-05

Research on Textile Color Difference Classification Detection Based on Sigmoid Kernel Function

TAN Bo^a, GUO Jiawei^b, ZHAN Huihui^a, PANG Keran^a

(a. Department of Industrial Engineering; b. Department of Mechanical Engineering, Ma'anshan College, Ma'anshan, Anhui 243100, China)

Abstract: The automatic detection and classification of colors is a key part of the quality inspection in the textile, printing and dyeing industries. In order to achieve rapid classification of textile colors, this paper proposes a textile color difference classification detection method based on the Sigmoid kernel function according to human visual characteristics. This method firstly preprocesses the collected textile images and converts the image data from RGB color space to HSV color space; secondly, it categorizes the image areas and extracts H , S , and V component values and uses the weighted sum method to get the color difference value ΔE between the textile to be tested and the standard sample is calculated by; finally, with ΔE as the eigenvector, the SVM classifier based on the Sigmoid kernel function is used to realize the textile color classification. The classification experiment of the color difference detection system verifies that the method has a high classification accuracy, and can fulfill the color difference detection and classification of textiles. This article can also provide certain research reference for the color difference detection classification of ceramics, timber and other industries.

Keywords: image preprocessing; color grading; HSV color space; color difference detection; Sigmoid kernel function; SVM classifier

0 引言

在纺织品成品交付时,厂家与客户通常会测量比较其颜色与标准品颜色之间的差值,简称色差,控制纺织品色差值成为生产质量检测中关键一环。目前针对纺织、印染品的色差鉴定有如下几种:(1)人工目测法^[1]:质检人员根据其多年的判别经验并

结合三级色差卡,通过肉眼校对样品与标准品之间的颜色差别,并进行级别分类。这种方法极易受主观条件影响,造成检测结果不一,且效率低下,难以满足现代化生产要求。(2)分光光度计法^[2-3]:基本原理是通过分析波长、色度等指标值,计算原样品与标准样品之间的色差值。这种方法重复精度高,抗干扰强,但体积大、检测速率低、价格高昂。(3)

收稿日期:2021-02-06

基金项目:安徽省高校自然科学研究重点项目(KJ2019A0915)。

作者简介:谈波(1986—),男,安徽芜湖人,讲师,硕士,研究方向:工业工程、计算机技术。

光电积分法^[4-5];其原理是通过分析光谱能量,计算三刺激值,得到其他色度参数值。这种方法实时性好,且成本相对低廉,但精度略低。4) 机器视觉检测法^[6-8]:通过图像采集并进行模型重建,从而获得色差值。范鹏飞等^[9]提到了利用交叉算法来比较色彩相似性,对单色织物效果明显;王婧^[10]提到利用神经网络算法来对 OHTA 颜色空间进行色彩分类;李鹏飞等^[11]则通过获取目标中心点像素值来判别纺织品色值;王永强^[12]提到选用灰色聚类算法提取颜色特征信息;冀永乐等^[13]则采用 Cielab 色差公式计算样品和标准品的平均色差值,此种方法可以解决织物的纹理和颜色特征不明显等问题,但采用平均色差作为色差值并未考虑不同颜色权值问题,分类结果误差较大。基于以上色差检测分类存在的问题,本文提出一种基于 Sigmoid 核函数的纺织品色差分类检测方法。

1 色差检测分类流程

图 1 为色差检测分类流程。首先将采集的纺织品原始图像进行预处理操作,摒除噪声信号;其次将图像数据由 RGB 色彩空间换算至 HSV 色彩空间,再对图像区域均匀分块,获取子块内的 HSV 颜色特征信息,根据 HSV 颜色特征信息计算待测纺织品与标准样品间色差值;然后将四维特征向量 $Sample_{Model} = \{\Delta E, \Delta H, \Delta S, \Delta V\}$ 作为 Sigmoid 核函数的参数;最后应用 SVM 分类算法完成待测纺织品的颜色分级。

和精确性。

拉普拉斯算子属于均值滤波算法的一种^[15],由图像信号的二阶导数演算衍生而来,特别适用于灰度变化较快的高频边缘和纹理细节,使图像更加平滑,其数学表达式为

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} \tag{1}$$

式中: x 与 y 代表 $x-y$ 平面上的笛卡尔坐标值, $\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1,y) + f(x-1,y) - 2f(x,y)$, $\frac{\partial^2 f}{\partial^2 y} = f(x,y+1) + f(x,y-1) - 2f(x,y)$ 。

图 2 为图像预处理结果。从图 2 可以看出,相较于原始图案(图 2a、2c),预处理后的图案边缘更加明显,图案更加平滑(图 2b、2d)。



图 2 图像预处理结果

3 色彩空间

色彩的作用机理是视网膜色敏细胞受激后会 对红、绿、蓝 3 色波段进行信号采样,经神经系统传 送至脑组织形成感知。根据色彩作用机理人们使用 不同的颜色模型来表示颜色分量,如 RGB 色彩空 间、HIS/HSV 色彩空间、CIE Lab 色彩空间等。

3.1 色彩空间转换

图像预处理完成后需要提取颜色特征信息并 进行处理, CCD 工业相机所采集的图像数据都是在 RGB 模型中显示,但在该空间中,计算色差往往存 在较大误差^[16-17],因此本文将 CCD 工业相机所采 集得到的纺织品图像数据由 RGB 色彩空间转换至 HSV 色彩空间。HSV 色彩空间中 H 代表色度分量、

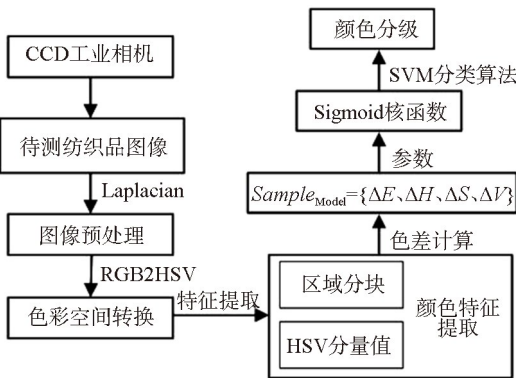


图 1 色差分类检测流程

2 图像预处理

CCD 工业相机所采集的待测纺织品图像不可 避免地存在一些噪声和干扰信号,如背景噪声、量 化噪声等,因此需要对采集的原始图像进行预处 理^[14]。本文采用拉普拉斯算子(Laplacian)对采集 的纺织品图像进行锐化和平滑处理,突出图像边 缘轮廓、去除噪声信号,提高后续分类检测的鲁棒性

S 代表饱和度分量、V 代表明度分量,HSV 色彩空间可以很好分离颜色、灰度与饱和度,同时色度信息值可以为后续的品级分类提供很好的参数依据。RGB 色彩空间与 HSV 色彩空间转换公式如式(2)~(4)所示:

$$\begin{cases} 60 \times (G-B) / (S \times V) & \text{if } S \neq 0 \text{ and } \max(R, G, B) = R \\ 60 \times (2 + (B-R) / (S \times V)) & \text{if } S \neq 0 \text{ and } \max(R, G, B) = G \\ 60 \times (4 + (R-G) / (S \times V)) & \text{if } S \neq 0 \text{ and } \max(R, G, B) = B \end{cases}$$

$$\text{if } H < 0, H = H + 360 \quad (2)$$

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (3)$$

$$V = \max(R, G, B) \quad (4)$$

3.2 颜色特征提取

在色彩空间转换完成后,需要在 HSV 色彩空间中提取颜色特征信息,作为色差分类的参数。

3.2.1 图像区域分块

考虑到纺织品可能存在局部残缺,因此首先对待测纺织品图像进行分块处理。本文将待测纺织品图像划割成 6×6 的子块,然后分别提取子块里的 HSV 颜色直方图特征信息,图像区域分块结果如图 3 所示。

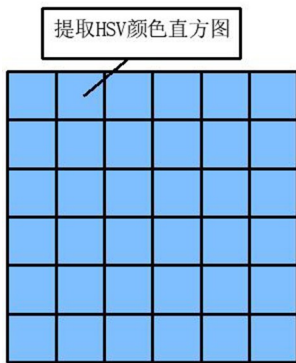


图 3 图像区域分块结果

3.2.2 HSV 直方图特征提取

将待测纺织品图像划割成 36 个均匀子块后,对每个图像区域分块再划分成若干个微小的 bin 区间,分别统计 H、S、V 分量位于每个 bin 区间的像素数量,最后将每个 bin 区间对应分量值合成作为 HSV 直方图特征值,图 4 所示为待测纺织品 HSV 直方图。

3.3 色差计算

在提取 HSV 分量值后,计算纺织品与标准样品之间的色差值^[18]。由于在 HSV 色彩空间中,颜色特征主要分布于 H 通道,其次是 S 通道和 V 通道,因此本文采用加权和方式来计算色差值。 $E_0(H_0, S_0, V_0)$ 表示待测纺织品的 H、S、V 分量统计

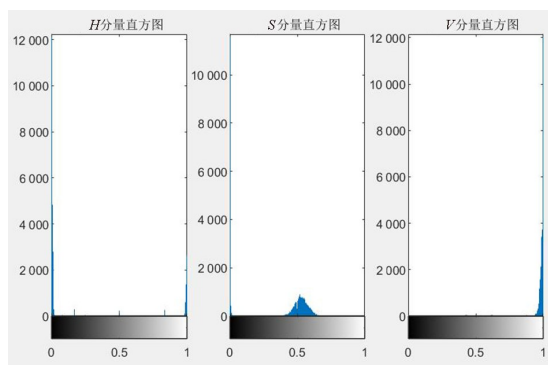


图 4 HSV 直方图

特征值, $E_1(H_1, S_1, V_1)$ 表示标准样品 H、S、V 分量统计特征值,则待测纺织品与标准样品间的色差计算公式如式(5)(6)所示。

$$\Delta E = |E_0 - E_1| = \alpha \Delta H + \beta \Delta S + \gamma \Delta V \quad (5)$$

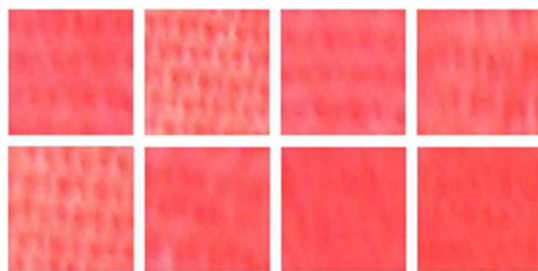
$$Sample_{Model} = \{\Delta E, \Delta H, \Delta S, \Delta V\} \quad (6)$$

式中: ΔE 表示色差值, $\Delta H = |H_0 - H_1|$, $\Delta S = |S_0 - S_1|$, $\Delta V = |V_0 - V_1|$, $\alpha = 0.6, \beta = 0.3, \gamma = 0.1$, $Sample_{Model}$ 表示由 ΔE 及 $\Delta H, \Delta S, \Delta V$ 构成的 4 维特征向量。

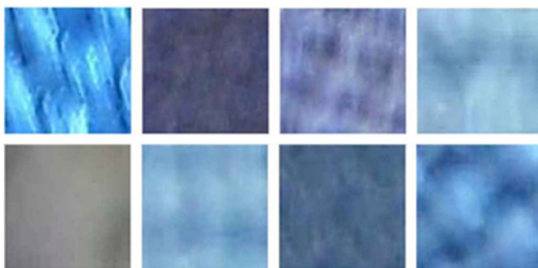
3.4 纺织品色差分类算法

本文采用 SVM 分类算法实现纺织品颜色分级。SVM 是一个开源软件库,提供了 C++ 语言源代码,同时还提供了 Python、Matlab、LabView 等语言接口,可以在 Windows 平台下运用^[19-20]。SVM 色差自动分类算法步骤如下。

1) 收集正负样本图案。部分正负样本图案与标准样品图案色差值较小,部分正负样本图案与标准样品图案色差值较大(图 5)。



a. 部分正样本图案



b. 部分负样本图案

图 5 部分正负样本图案

2)计算正负样本图案与标准样品图案间的色差值,部分计算结果如表 1 所示。

3)依照 SVM 的格式对 ΔE 、 ΔH 、 ΔS 、 ΔV 进行数据处理。

4)运用 SVM 工具包并选用 Sigmoid 核函数^[21]进行数据训练,最终得到 SVM 模型参数如图 6 所示。

表 1 部分色差值计算结果

正样本 图案	ΔE	ΔH	ΔS	ΔV	负样本 图案	ΔE	ΔH	ΔS	ΔV
1	0.89	1.29	0.06	1	1	94.62	153.36	0.01	26
2	0.47	0.20	0.16	3	2	88.82	124.68	0.36	139
3	0.97	1.41	0.07	1	3	87.14	132.90	0.35	73
4	0.36	0.39	0.08	1	4	97.71	155.51	0.33	43
5	0.29	0.07	0.15	2	5	78.63	119.68	0.42	67
6	0.55	0.73	0.04	1	6	96.75	153.10	0.29	48
7	0.68	0.96	0.00	1	7	87.27	134.41	0.09	66
8	0.00	0.00	0.00	0	8	95.52	148.81	0.14	62

```

svm_type c_svc
kernel_type sigmoid
gamma 0.5
coef0 0
nr_class 2
total_sv 12
rho 2.89932
label 1 2
nr_sv 6 6
SV
5 1:0.89 2:1.29 3:0.06 4:1
5 1:0.47 2:0.20 3:0.16 4:3
5 1:0.97 2:1.47 3:0.07 4:1
3.350858872458196 1:0.36 1:0.39 2:0.08 3:0.0 4:1

```

图 6 基于 Sigmoid 核函数的 SVM 模型参数

5)运用 SVM 分类器对测试样本预测;分别提取 300 个正负样本特征数据,并进行判别分类,分类结果如表 2 所示。

表 2 Sigmoid 分类结果

样本类别	样本数	判对数	准确率/%
正样本	300	255	85
负样本	300	252	84
综合	600	507	84.5

从表 2 中可以看出,利用样本的颜色特征信息构成四维特征向量 $Sample_{Model}$, 并采用基于 Sigmoid 核函数的 SVM 分类器可以较好地对纺织品颜色进行分级,综合准确率可以达到 84.5%。

4 纺织品色差检测分类系统

4.1 纺织品色差检测分类系统

本文在以上分析基础上,搭建了纺织品色差检测分类系统,通过该系统来验证基于 Sigmoid 核函

数的 SVM 模型能否准确地完成纺织品的色差分类。纺织品色差检测系统示意图如图 7 所示。

该系统主要由 CCD 工业相机、光源、图像采集卡、PC 机、并联机构、传送平台、吸盘组成。CCD 工业相机用于实时采集待测纺织品图像,并将采集完成的原始图像经图像采集卡传送至 PC 机,PC 机内部处理器对采集的原始待测纺织品图像进行图像预处理操作、颜色特征提取、色差计算及预测分类,根据分类结果,PC 机发送相应的控制信号给并联机构,并联机构尾端吸盘吸取待检测的纺织品并放置在相应的储料箱内,完成纺织品分类。

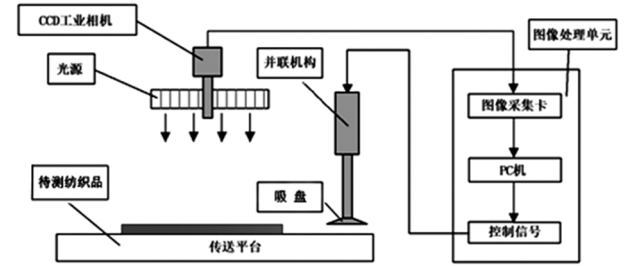


图 7 色差分类检测系统

4.2 纺织品色差检测分类

本文在搭建的检测分类系统上完成纺织品的色差检测分类实验,实验分别选取了 100 个正负样本,将正负样本做上记号并随机打乱,放置在纺织品色差检测分类系统传送平台上,完成色差分类。色差分类结果如表 3 所示。

表 3 色差分类结果

样本类别	样本数	判对数	准确率/%
正样本	100	80	80
负样本	100	82	82
综合	200	162	81

从表 3 可知,色差检测分类系统可以完成纺织品的分类,综合准确率可以达到 81%,验证了模型的准确性,但相较于 SVM 模型预测时的分类结果准确来说略有下降,分析原因可能是现场环境复杂,光照不均、样品褶皱造成光照发生变化,引起纺织品图像表面亮度不均,使分类准确率下降,后续将重点研究如何对光照进行校正,提升分类准确率。

4 结语

针对目前纺织品色差鉴定存在的问题,提出了一种基于 Sigmoid 核函数的纺织品色差检测分类方法,通过在 HSV 颜色空间中提取 H、S、V 分量值并进行色差值计算,同时将计算结果构成的四维特征向量作为分类参数,分类模型预测样本准确率可以

达到 80% 以上。本文还搭建了纺织品色差检测分类系统,通过分类实验验证了分类模型的准确性,但准确性略有降低。本文提出的一种基于 Sigmoid

核函数的纺织品色差分类检测方法也可为陶瓷、木材等其他行业的色差检测分类提供一定的研究助益。

参考文献:

- [1] 倪健威.棉涤制品染色色差的纤维材料因素研讨[J].纺织学报,1987(3):20-24.
- [2] 吴磊,包海晨.纺织品色牢度的目测和仪器评级条件分析[J].印染,2008,34(20):37-41.
- [3] 肖志涛,吴骏,周勇,等.基于图像处理的数字测色系统[J].中国科技论文,2008,3(2):120-124.
- [4] 阮宝崧,杨永诚.在线色差检测仪的理论基础与设计[J].电子器件,1989(1):21-26.
- [5] 徐海松.印染测色配色技术与设备的进展[J].印染,2003,29(12):41-43.
- [6] 常卫.基于机器视觉的染色品色差检测系统的关键技术研究[D].杭州:浙江理工大学,2012.
- [7] KAZMI S Z, GRADY P L, MOCK G N, et al. Online color monitoring in continuous textile dyeing[J]. Isa Transactions, 1996, 35(1):33-43.
- [8] BECK K R, JASPER W J, MCGREGOR R, et al. Real time analysis and control of atch dyeing processe[J]. Internationalexile Bulletin, 1998, 98(2):88-93.
- [9] 范鹏飞,孙俊.基于机器视觉的色差检测算法[J].传感器与微系统,2016,35(10):120-122.
- [10] 王婧.纺织品颜色分类及色差检测系统研究[D].西安:西安工程大学,2015:29-33.
- [11] 李鹏飞,杨夏锋,景军锋,等.织物在线色差检测系统研究[J].棉纺织技术,2011,9(12):21-23.
- [12] 王永强.基于灰色系统理论的陶瓷制品颜色提取研究[J].中国陶瓷,2015,51(5):42-45.
- [13] 冀永乐,张团善,颜亚飞,等.基于机器视觉的纺织布品色差检测研究[J].西安工程大学学报,2018,32(4):438-442+460.
- [14] 孙玉兰.数字图像处理技术的应用现状与发展研究[J].电脑知识与技术,2014,10(26):6228-6230.
- [15] 安雪娇.基于小波变换的图像去噪和增强研究[D].兰州:西北师范大学,2015.
- [16] WINKLER S. Color space conversions[M]// Digital Video Quality. John Wiley & Sons Ltd, 2013.
- [17] 袁奋杰,周晓,丁军,等.基于 FPGA 的 RGB 和 HSV 色空间转换算法实现[J].电子器件,2010,33(4):493-497.
- [18] LIU H, HUANG M, LIU Y, et al. Color difference evaluation and calculation for digital and printed images[C]// NIP & Digital Fabrication Conference, 2012.
- [19] CHIH-CHUNG C, CHIH-JEN L. Libsvm: a library for support vector machines[J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2011, 2(3):1-39.
- [20] 唐银凤,黄志明,黄荣娟,等.基于多特征提取和 SVM 分类器的纹理图像分类[J].计算机应用与软件,2011,28(6):22-25.
- [21] 刘明.支持向量机中 Sigmoid 核函数的研究[D].西安:西安电子科技大学,2009.