

明代织物纹样的智能提取

——以斗牛袍为例

李俞霏^{1,2}, 梁惠娥¹

(1. 江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122; 2. 齐鲁工业大学 艺术学院, 济南 250353)

摘要: 为解决人工提取明代织物纹样色彩存在难度大、准确性差、直接采样难的问题,文章以明代赐服斗牛袍为例,探讨一种新的纹样提取手段。首先,利用高分辨率数码相机采集斗牛袍织物纹样;然后将 RGB 颜色空间的数字图像转换至 CIELab 颜色空间,用中值滤波法对彩色图像进行平滑处理;再用 K-means 聚类算法对图像中的色彩进行聚类,以实现不同色彩纹样的分割;最后利用 Calinski-Harabasz 指标对聚类有效性进行判断,获取最佳聚类数。实验结果表明,此方法可以实现纹样色彩的聚类分割与智能提取,为研究珍贵古代织物纹样提供有效途径。

关键词: 明代; 织物纹样; 斗牛袍; K-means 聚类算法; 聚类有效性

中图分类号: TS941.19

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2018)11-0053-06

引用页码: 111109

Intelligent extraction of patterns from Ming dynasty fabrics: the case study of the bullfight robe

LI Yufei^{1,2}, LIANG Hui'e¹

(1. College of Textiles and Clothing, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. College of Art, Qilu University of Technology, Ji'nan 250353, China)

Abstract: Extracting patterns and colors from Ming dynasty fabrics manually has been faced with such problems as large difficulty, poor accuracy and difficulties in direct sampling. The bullfight robe in the Ming dynasty was chosen as an example to discuss a new method of extracting fabric patterns, in hope of solving the aforementioned problems. Firstly, digital images of fabric patterns in the bullfight robe were acquired through high-resolution digital cameras. Secondly, the images in RGB color space were converted to CIELab color space, and the color images were smoothed by median filter. Thirdly, K-means clustering algorithm was used for color clustering so as to segment the patterns with different colors. Finally, Calinski-Harabasz index was applied to judge the effectiveness of clustering and obtain the best cluster number. Experiment results indicated that this new method could complete clustering segmentation and intelligent extraction of fabric patterns and colors. The paper provides an effective and efficient way for studying precious ancient fabric patterns.

Key words: Ming dynasty; fabric pattern; bullfight robe; K-means clustering algorithm; clustering effectiveness

明代织物纹样是中国传统服饰文化的重要组成部分^[1]。而明代斗牛袍作为明代织物的典型代表,从内容到形式,蕴含着丰富的社会内涵,直接或间接地表现出时代独有地文化、信仰和精神内涵。袍服中的纹样

基本承袭宋元,并在其基础上加以丰富。斗牛纹样多与花卉纹、自然天象纹等相组合,纹样与留白之间繁简相适,疏密相宜,产生极佳的视觉效果^[2]。当前对于中国古代织物斗牛纹样的辨识较多选择人眼视觉判断,但是由于个体受到环境、心理、生理等因素的影响,对色彩的识别存在一定差异且缺乏严谨的科学分析和数据支撑,因此准确性欠缺,而袍服纹样研究的前提是获取有效的纹样色彩继而进行辨析和识别。本文通过拍摄实物来获取明代赐服斗牛袍数码图片并进行平滑处

收稿日期: 2018-05-16; 修回日期: 2018-09-27

基金项目: 山东省社科规划项目(16CWYJ04)

作者简介: 李俞霏(1979—),女,副教授,博士研究生,主要从事服饰文化的研究。通信作者: 梁惠娥,教授,lianghe@jiangnan.edu.cn。

理,借助 K-means 聚类算法,利用 Calinski-Harabasz 指标实现织物纹样的智能提取。

1 研究路线

目前,针对织物纹样图像分割的研究主要有:文献[3]借助均值漂移聚类法,提出对服饰图像颜色检测的思路和方法。文献[4]对织物图像进行二值化处理,灵活使用数学形态学中的膨胀、腐蚀、闭运算、开运算等基本方法,选取合适的结构元素,结合 Matlab 语言编程,实现了机器对织物提花区域的分割。文献[5]通过图像的颜色特征进行各种色彩的区域划分,在此基础上,将纹理特征与干扰区域相融合从而实现更加准确的图像分割。文献[6]通过控制平滑程度参数和空间尺度参数,平滑掉织物图像中的纹理结构。再用 Canny 边缘检测算子检测图案边缘,认为在 RGB 颜色空间对图像平滑和边缘提取的效果要优于其他颜色空间,并比较了其他边缘检测算子分割印花织物图案的效果。以上文献为本文研究提供了思路,但是以上方法有的只是针对灰度图像的分割,而针对彩色图案的分割方法多采用人工判断分割结果质量,主观性较强,受个体影响较大。



(a) 正面



(b) 背面

图1 明代斗牛袍

Fig. 1 Bullfight robe in Ming dynasty

2.2 袍服颜色空间转换

对于图像处理,RGB 颜色空间是最为重要和常见的颜色模型,建立在笛卡尔坐标系中,以红、绿、蓝三色为坐标,叠加产生丰富而广泛的颜色。但是,RGB 颜色空间是非均匀颜色空间,空间中不同位置两点的距离代表人眼对此两个颜色知觉的差异大小,受两点所处位置影响。CIELab 颜色空间致力于感知色彩均匀性,能以相同距离表示相同知觉色差的色彩空间,便于通过坐标系中两点的几何距离判断颜色的相近程度,进而对彩色图像进行分割,是最接近人类视觉的设计。在本文中将袍服图像进行了 RGB 颜色空间向 CIELab 颜色空间的转换,纹样区域

基于此,本文提出如下研究步骤:

第一步,采用数码相机完成明代赐服斗牛袍实物及纹样的获取;第二步,将图像由 RGB 颜色空间转换至 CIELab 颜色空间;第三步,利用中值滤波法对织物纹样图像进行预处理,以滤除图像中的噪声信号;第四步,采用 K-means 算法对图像颜色像素进行聚类分析;第五步,选取基于数据集样本几何结构的 Calinski-Harabasz(CH) 指标^[7] 根据数据集本身和聚类结果的统计特征对聚类结果进行聚类有效性判断;最终,根据聚类结果的优劣选取最佳聚类数。

2 实验及参数优化

2.1 彩色图像采集

收藏于山东省博物馆的明代斗牛袍属于赐服(图1),是集礼制纹样于大成的服饰,其纹样题材具有典型明代袍服纹样的特征^[8]。本文选用佳能 5DSR 数码相机(日本佳能),使用 EF50mmF/1.2USM 镜头,在白色背景 LED 光源、垂直地面为 2 m 条件下拍摄,获取实物的初始图像。在文档反射式模式,最高光学分辨率 5 792 × 5 792 px 条件下,对彩色图像进行颜色特征提取。

和底色区域的亮度差异对分割造成的影响已得到消除,CIELab 颜色空间更加准确地进行纹样色彩的分割,具体转换公式如文献[9]。

2.3 斗牛袍的图像平滑

由于明代斗牛袍属于传世文物,历经年代久远,因此考虑其穿着、风化、霉变等因素,导致袍服有一定程度的污损和褪色。同时本文所选用袍服图像由于受到光源、拍摄水平等因素影响而获得,数字采样和传输在经过传感器和传输通道时经常受到噪声的干扰,有必要对受噪图像进行滤波,即对所获图像进行进一步平滑处理。中值滤波是一种非线性滤波技术,在处理图像时,能够很好地保护图像的边缘而得

到了广泛的应用^[10]。中值滤波是顺序统计滤波,即用该像素的相邻像素的中值来替代该像素的值:

$$f(x, y) = \text{median}\{g(s, t) \mid (s, t) \in S_{xy}\} \quad (1)$$

式中: $f(x, y)$ 为中值滤波输出; S_{xy} 表示中心在 (x, y) , 尺寸为 $m \times n$ 的矩形子图像窗口的坐标组; $g(s, t)$ 为该坐标组除去中心位置其他像素点的灰度值。

本文中被测织物图像窗口大小设置分别采用 3×3 像素、 6×6 像素、 9×9 像素…… 18×18 像素,中值滤波在不同滤波窗口展开。通过对图 2 中的彩凤纹样进行中值滤波处理,随着滤波窗口尺寸的增大,纹样色彩的均匀程度增大,但纹样的清晰度下降,边缘逐渐模糊。如图 3 所示为三个滤波后的图片显示,

纯色区域颜色均匀度随着滤波窗口尺寸增加而改善,但清晰度降低。为了平衡去噪效果和纹样边缘清晰度,本文在后续实验中选用 9×9 像素滤波窗口对图像进行平滑处理。



图 2 彩凤纹样

Fig. 2 Colorful Phoenix Pattern



(a) 3×3 像素

(b) 9×9 像素

(c) 15×15 像素

图 3 不同尺寸滤波窗口处理结果

Fig. 3 Processing results of filter windows with different size

2.4 K-means 聚类分割

K-means 算法是一种适用于均匀空间、以欧式距离为基准的聚类算法。该算法认为,距离相近的对象组成了类,其目标是得到类内紧凑、类间分散的分类^[11]。本文采用 K-means 聚类算法将袍服纹样 CIELab 颜色空间中的色彩进行聚类,进而实现纹样分割。由于 L^* 表示亮度分量,对色相无影响,本文只将 a^* 和 b^* 值作为两个坐标,在这个二维坐标系中,利用 K-means 算法对色彩进行聚类。具体步骤如下:

步骤 1: 从数据集中随机选取 K 个样本作为初始聚类中心 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ 。

步骤 2: 对于每个样本 x_i , 计算该样本到 K 个聚类中心的距离,然后将该样本分配至最小距离聚类中心所在的类;

步骤 3: 针对每个类别重新计算它的聚类中心;

$$c_i = \frac{1}{m} \sum_{x \in c_i} x \quad (2)$$

式中: m 是 c_i 所在的簇的元素个数。

步骤 4: 重复第 2 步和第 3 步直到聚类中心的位置不再变化。最小化公式:

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in c_i} \text{dist}(c_i, x)^2 \quad (3)$$

式中: K 表示 K 个聚类中心, c_i 表示第 i 个中心, x 为 c_i 簇的元素, dist 表示的是欧几里得距离。

2.5 最佳聚类数判定

明代斗牛袍由于时代久远,人工分辨色彩也比较困难、低效,且结果容易受到人的主观影响。K-means 聚类算法的不足是需要人为设置聚类数。为了更加准确、科学地找到一种客观评价聚类数有效性的方法。本文选取数据集样本几何结构的 Calinski-Harabasz (CH) 指标,根据聚类结果的统计特征及数据集来评估聚类结果,同时以聚类结果的优劣为依据选择织物纹样色彩的最佳聚类数。

CH 指标通过类内离差矩阵描述聚类紧密度,类间离差矩阵评价聚类分离度,定义为:

$$CH(k) = \frac{\text{tr}B(k) / (k - 1)}{\text{tr}W(k) / (n - k)} \quad (4)$$

式中: n 表示聚类的数目, k 表示当前的类, $\text{tr}B(k)$ 表示类间离差矩阵的迹, $\text{tr}W(k)$ 表示类内离差矩阵的迹。

类自身越紧密 CH 值越大,类与类之间越分散,

即更优的聚类结果。图4为图3不同尺寸滤波窗口处理结果中纹样的不同聚类数(2~6)的聚类结果分布图,其中聚类数为5时,CH值最大为1.1570,此时各类自身紧密,类与类之间分散,聚类结果最优。袍服的底色为红色,属于正色,用色较为单一且占服装

的最大面积。纹样部分被分割成4个部分,颜色依次为橙色、蓝色、绿色、黄色为主,正间色均有涉猎。其中斗牛纹占次面积,其他纹饰占小面积;以大面积色彩为主控色,以次面积色彩作强调色,以小面积色彩进行点缀。

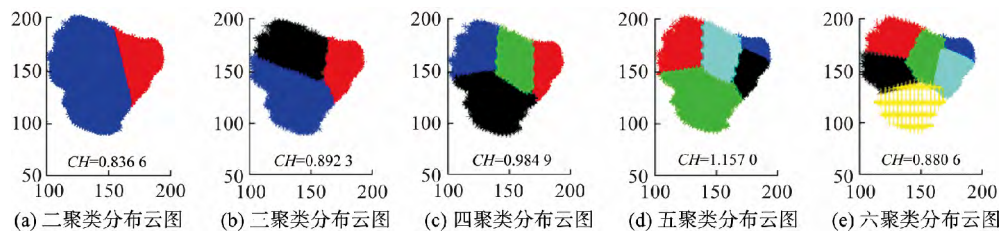


图4 不同指定类数下 K-means 聚类结果示意

Fig. 4 Sketch map of K-means clustering results under different class numbers

利用 K-means 聚类算法,设置最佳聚类数为5时得出聚类结果如图5所示。从图5(b~f)中可以看出纹样的色彩被完全分割开来,纹样色彩的数目决定分割区域的个数,由此可知目前的纹样色彩聚类数是5。提取已经分割出来的区域,以便获取纹样中不同区域的所占面和色彩,这将有

利于对纹样的色彩构成作进一步的研究。由聚类结果可以清晰地呈现出纹样中彩凤、四季花卉和云气的轮廓,祥云中的绿色为低饱和度色彩,纹样与底色之间的对比关系强烈,色泽夺目,体现出华丽的艺术特点。这也是明代织物纹样常见的组合,寓意富贵吉祥。



图5 最佳聚类数下凤纹样聚类分割结果示意

Fig. 5 Sketch map of clustering segmentation of Phoenix Pattern under optimal cluster number

2.6 局部织物纹样处理结果

图6和图7是利用上述方法处理的另外两部分明代织物纹样局部分割结果。如图6所示信息采集得到的是袖子背面斗牛刺绣图案的分割结果,图7所示信息采集得到的是袍服正面斗牛刺绣图案分割结果。

从图7(b)红色区域可知,斗牛纹用金色表现,须

发用蓝色与黄色。其形态通过(c)黄色区域、(d)白色区域、(f)蓝色区域可知,部分纹样用单色表现。不同明度和饱和度的色彩反复使用,另有中性色点缀其中。用色虽多,但是繁而不乱,和谐统一,使得织物的纹样生动优美,整体色彩明快,色调统一,视觉效果饱满、大气、醒目。(e)绿色区域中可以直观地看到,波浪纹卷曲如花枝,呼应着流水中的落花,

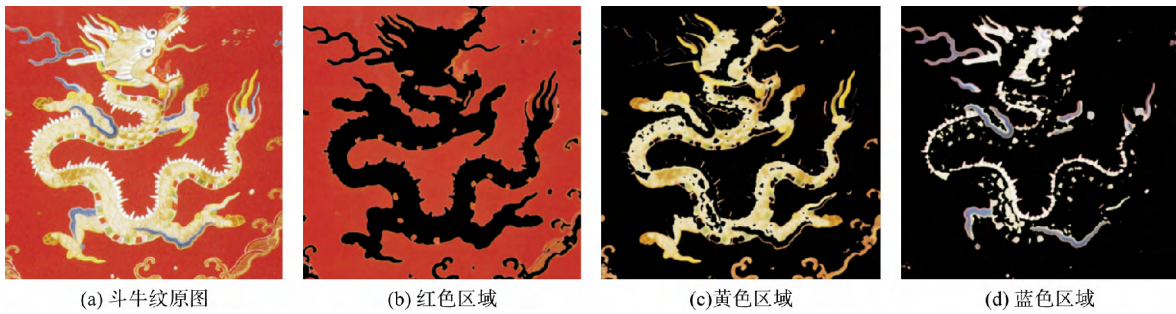


图 6 袍服背面袖子斗牛纹样聚类分割结果示意

Fig. 6 Sketch map of clustering segmentation of bullfight pattern on the back sleeves of the robe

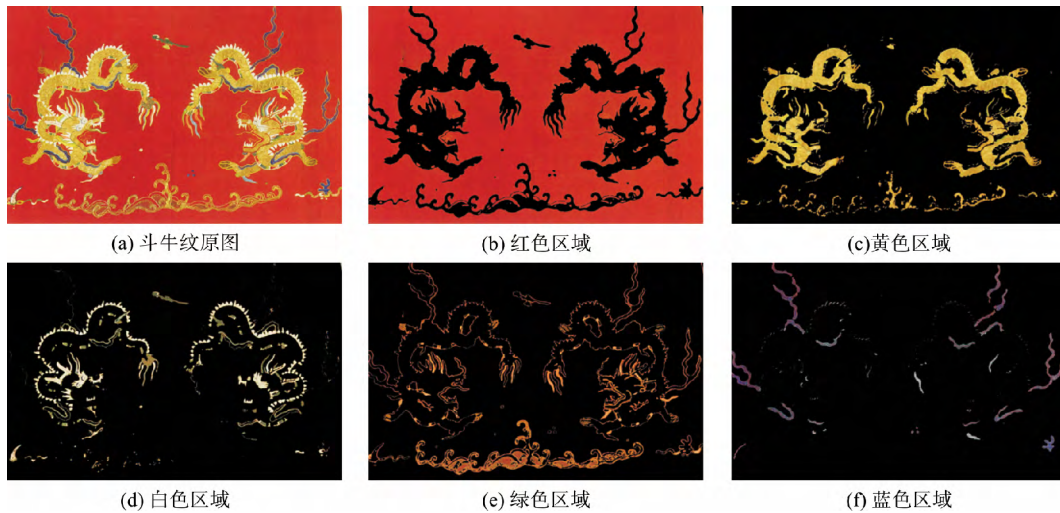


图 7 袍服正面斗牛纹样分割结果示意

Fig. 7 Sketch map of bullfight pattern segmentation in the front of the robe

打破了波纹层层重叠的单一效果。由局部纹样处理图像可知,明代的波浪纹已由元代的单一描绘汹涌姿态演变成为鳞状弧线条纹的水波与翻卷高扬的浪花并置的形式,浪花在层叠的弧状波纹中起起伏伏,节律中有变化。

3 结 语

以斗牛纹为代表的明代袍服纹样,集尊卑等级、政治思维及伦理道德价值观于一身,是明代皇权下特殊的文化标本之一。本文通过对明代斗牛袍的分析,可以看出斗牛纹与自然天象中的云纹、水纹、花卉纹等相搭配,构图严谨、形式多样,充分体现明代重视礼制、寓意祥瑞的端庄敦厚的时代特色和艺术风格。纹样虽美,但造型、配色及丝线材料千差万别,只有基于准确数据的研究,其结论才能够更加直观地还原纹样之美,才能够尊重历史,从而更加科学严谨地进行传承。本文提出的纹样智能提取方法可以更加科学有效地实现纹样色彩的聚类分割与智能提取。

参考文献:

- [1] 吴山. 中国纹样全集 [M]. 济南: 山东美术出版社, 2016: 17.
WU Shan. The Complete Works of Chinese Patterns [M]. Ji'nan: Shandong Fine Arts Publishing House, 2016: 17.
- [2] 张晓霞. 中国古代染织纹样史 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2016: 332.
ZHANG Xiaoxia. History of Dyeing Patterns in Ancient China [M]. Beijing: Peking University Press, 2016: 332.
- [3] 邢乐, 张杰, 梁惠娥, 等. 传统服饰云肩实物图像主色的智能检测 [J]. 纺织学报, 2017, 38(11): 110-115.
XING Le, ZHANG Jie, LIANG Hui'e, et al. Intelligent inspection of dominant colors for Chinese traditional folk Yunjian [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(11): 110-115.
- [4] 刘桂芬, 刘铁根. 机织物提花图案的一种分割方法 [J]. 天津工业大学学报, 2008, 27(4): 25-27.
LIU Guifen, LIU Tiegeng. A segmentation method for texture regions of Jacquard [J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2008, 27(4): 25-27.
- [5] 向军, 张杰, 潘如如, 等. 采用纹理平滑的印花织物图案轮廓提取 [J]. 纺织学报, 2017, 38(11): 162-167.

- XIANG Jun ,ZHANG Jie ,PAN Ruru ,et al. Graphic contour extraction for printed fabric based on texture smoothing [J]. Journal of Textile Research ,2017 ,38(11) : 162-167.
- [6]周慧,张华熊,胡洁 等.基于平滑滤波和分水岭算法的重组织物图像分割[J]. 纺织学报,2015 ,36(8) : 39-42.
- ZHOU Hui ,ZHANG Huaxiong , HU Jie , et al. Backed weave image segmentation based on smoothing filter and watershed algorithm [J]. Journal of Textile Research ,2015 , 36(8) : 39-42.
- [7]张雄,赵礼峰. 基于泛化能力的 K-均值最佳聚类数确定方法[J]. 计算机技术与发展,2017 ,27(9) : 31-34.
- ZHANG Xiong ,ZHAO Lifeng. A method for determination of optimal value in K-means clustering with generalization [J]. Computer Technology and Development ,2017 ,27(9) : 31-34.
- [8]韩敏敏. 瑞兽祥禽画衣冠黼黻灿烂文章鲜 [J]. 收藏家, 2012(10) : 31-36.
- HAN Minmin. Clothes with auspicious animals and magnificent decorative design [J]. Collectors ,2012(10) : 31-36.
- [9]任洪娥,白杰云. Lab 颜色空间中基于动态聚类的颜色分级[J]. 计算机工程,2013 ,39(6) : 231-235.
- REN Hong'e ,BAI Jieyun. Color grading based on dynamic clustering in Lab color space [J]. Computer Engineering , 2013 ,39(6) : 231-235.
- [10]张旭明,徐滨士,董世运. 用于图像处理的自适应中值滤波[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005 ,17 (2) : 295-299.
- ZHANG Xuming , XU Binshi , DONG Shiyun. Adaptive median filtering for image processing [J]. Journal of Computer Aided Design and Computer Graphics ,2005 ,17 (2) : 295-299.
- [11]韩海梅,姚砺,万燕. 基于 K-means 和 GVF Snake 模型的纤维图像分割 [J]. 东华大学学报(自然科学版), 2011 ,37(1) : 66-71.
- HAN Haimei , YAO Li , WAN Yan. Fiber image segmentation based on K-means and GVF Snake model [J]. Journal of Donghua University (Natural Science) ,2011 , 37(1) : 66-71.