

传统纺织品图案的屈曲矫正与再生设计

石文慧¹, 朱海峰¹, 蒋汶秦¹, 倪嘉陆¹, 徐平华^{*1,2}

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 浙江省哲学社会科学重点培育研究基地数智风格与创意设计研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘要:为解决传统纺织品成像屈曲造成的图案变形问题,探究基于内容的图像拉伸方法,同时对矫正后的图案进行再生设计。通过计算图像的能量矩阵得到端到端的最小能量曲线,利用周边信息计算出填补像素;通过路径动态规划的迭代来实现图像在水平和垂直方向上的内容填充,从而实现屈曲图像的矫正。利用边缘检测、矢量化操作和颜色聚类等方法,对纹样和色彩进行再生设计。将基于能量矩阵矫正图案屈曲的方法与其他常用的形态矫正算法进行对比。结果表明,基于能量矩阵矫正图案屈曲的方法在保全内容的前提下,能够有效实现屈曲图案的形态矫正。借助图像处理技术,可以提取矫正后图案的纹样和色彩,应用于当代产品创新设计。

关键词: 传统图案; 屈曲; 矫正; 色彩提取; 能量矩阵

中图分类号: TS 941.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2025)01-0040-06

Curvature Correction and Regenerative Design of Traditional Textile Patterns

SHI Wenhui¹, ZHU Haifeng¹, JIANG Wenqin¹, NI Jialu¹, XU Pinghua^{*1,2}

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Digital Intelligence Style and Creative Design Research Center, Key Research Center of Philosophy and Social Sciences, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To address the issue of pattern distortion caused by buckling in traditional textile imaging, this study investigated a content-based image stretching method and applied regenerated design to the corrected patterns. By calculating the energy matrix of the image, an end-to-end minimum energy path was determined, and peripheral information was utilized to compute pixel filling. Through iterative dynamic path planning, content filling in both horizontal and vertical directions was achieved, enabling the correction of buckled images. Edge detection, vectorization, and color clustering were employed to regenerate patterns and colors. A comparative analysis between the proposed content-based buckling correction method and other common morphological correction algorithms demonstrates that this approach effectively corrects buckled patterns while preserving content integrity. With the help of image processing techniques the corrected patterns and colors can be extracted and applied to the innovative design of contemporary products.

Key words: traditional patterns, curvature, correction, color extraction, energy matrix

传统纺织品图案承载着丰富的历史信息和文化记忆,展现了独特的设计与精湛的制作工艺。通

常,此类图案的纹样、配色、造型等设计元素反映了当时人们的审美、信仰和生活方式,对当代设计具

收稿日期:2024-06-22; 修订日期:2024-10-06。

基金项目:浙江省哲学社会科学规划课题项目(24LMJX09YB);浙江省重点研发计划项目(2024C01210);浙江理工大学基本科研业务费“科研发展专项”项目(24076109-Y);浙江理工大学优秀研究生学位论文培育基金项目(LW-YP2022055)。

作者简介:石文慧(1998—),女,硕士研究生。

* 通信作者:徐平华(1984—),男,副教授,硕士生导师。主要研究方向为服饰智慧设计、纺织品服装视觉检测。

Email: shutexph@163.com

有重要的传承和再生价值^[1]。在对纺织品进行拍照存档时,由于纺织品柔软、轻薄的特性,以及设备镜头畸变,在成像时边缘会出现不规则扭曲的现象,易造成纹样失真,导致再生设计困难。因此,需要研究适用于此类材质的非接触式形态矫正方法,如借助计算机图像技术尽可能保持图案内容的完整性和形态的准确性。对屈曲纺织品图案进行矫正可以更好地呈现纺织品原貌,有利于图案的提取和再生设计研究。

近年来,学者基于几何变换、纹理特征及局部特征等提出了多种图像矫正方法。吕耀文等^[2]将鱼眼图像映射到 5 个平面上,解决了鱼眼投影引起的图像畸变问题。HU S H 等^[3]基于变换不变低秩纹理方法,提出利用分层贝叶斯模型来实现图像矫正。BOUKHAROUBA A^[4]利用随机霍夫变换方法,确定偏斜角以矫正倾斜的文档图像。这些方法对规则四边形纸张的倾斜矫正有效,经处理后的文档更有利于文本信息的提取。但就纺织品图像而言,其形变不仅仅是拍摄而引起的倾斜或者畸变,也会由于质地柔软而产生边缘屈曲变形,且此种变形可能会影响到织物内部图案。因此,上述方法并不适用纺织品的屈曲变形矫正。此外,提取现存图案中的纹理和色彩元素,对图案的再生设计及应用较为关键。已有相关研究人员围绕传统纺织品图案的再生设计开展研究,如孙晓婉等^[5]利用边缘检测算法提取隋唐时期的联珠团窠纹样,在此基础上展开设计。任艳博等^[6]通过聚类算法对蝴蝶色彩进行多次聚类并建立色彩网络模型,再将其应用于丝巾的配色中。徐明慧等^[7]采用聚类算法分析女装的服装图像主色及配色,研究女装的用色规律,同时对女装用色之间关联性规律进行了可视化展示。曹竟文等^[8]优化了色彩提取算法,分析畲族服饰色彩的关联性,为设计用色提供了参考方案。

基于此,文中从保全纺织品图案内容的需求出发,采用非接触式图像处理方法,矫正传统纺织品图案的屈曲形态;分别提取矫正后图像的纹样和颜色,并对提取到的纹样和色彩元素进行再生设计,将传统纺织品图案设计中的韵味和美感运用到当代服装、配饰及家纺等产品设计中^[9]。

1 图案屈曲形态矫正

1.1 预处理

纺织品图案的采集和形态矫正需要结合纺织品本身的特性、图案的质量、成像设备性能等多个因素进行考虑。如博物馆在线展示的图像素材,除

了存在边缘畸变,还受到背景干扰。因此,在矫正之前需要对输入图像进行适当的预处理,以满足后续矫正的质量需求。

采用阈值法^[10]对背景简单的图像进行分割。首先对输入图像进行二值化处理,以获得若干连通区域,筛选出最大连通区域的外轮廓,并保留轮廓区域内的原图像像素,其余像素用标记色标记。采用 GrabCut 算法对较大且复杂的背景^[11]进行图案分割。纺织品图像预处理效果如图 1^[12]所示。图 1(a)为故宫博物院在线展示缙丝锦鸡方补原图,该图在预处理后,降低了噪声干扰,并采用白色背景($R = 255, G = 255, B = 255$)作为标记,为了便于后期矫正,对其边界进行裁剪,保留图案的最小外接矩形区域,以减少后续计算冗余。经过分割和裁剪后的效果如图 1(b)所示。

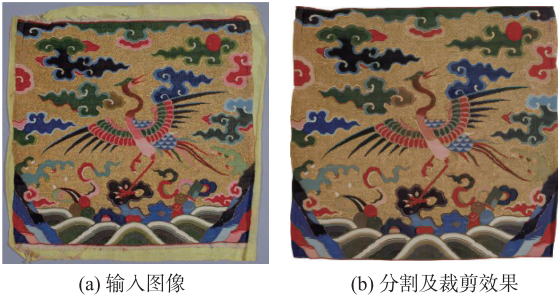


图 1 纺织品图像预处理效果
Fig. 1 Preprocessing effect of textile image

1.2 形态矫正

纺织品图案的形态屈曲较为复杂且无定型。在形态恢复过程中,尽可能在不破坏图像内容的情况下,达到恢复图像形态的目的。文中基于图案内容的形态矫正,主要包括能量图构建和路径动态规划 2 个步骤。

1.2.1 能量矩阵 图像中存在大量的冗余信息,而纺织品图案的矫正,恰可以利用冗余信息,模拟物理拉伸过程。该方法利用能量矩阵函数,在保留图案有效信息的同时,自动增加相似信息,以补全纵、横方向信息的缺失。基于上述原则,在对原图进行灰度化处理,进一步计算其像素点能量值,构建能量矩阵。像素点(i, j)能量函数的表达式为

$$E(i, j) = \left| \frac{\partial I(i, j)}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right|。 \tag{1}$$

式中: $E(i, j)$ 为像素点(i, j)处能量值; $I(i, j)$ 为像素点(i, j)处的亮度; ∂ 为图像的数值偏导数,表示像素点在 x, y 方向上的变化率。

通过计算水平和垂直方向上的梯度值之和,获得该点能量。全图能量由逐点计算得出,最终构建出图像的能量矩阵。

1.2.2 路径动态规划 为了查找到有效的“扩展”线,便于过渡式拉展图案边界,需找到有效的裂缝线。裂缝线是指在一定区域内根据图像的能量分布计算得到的当前图像中权重最小的一条像素路径^[13]。模拟物理拉展,需在图像动态伸长中及时提供一条有效的裂缝线,通过缝隙线周围像素值的插入,以迭代的方式完成图案水平和垂直方向上的内容填补。动态规划的步骤如下:①初始化一个与图案最小外接矩形等大的矩阵 D ,初始值设置为能量矩阵 E ,并找到图像边缘最长的一条边界线;②从紧挨边界线的第 2 行开始,利用公式(1)判定上一行每个像素点 (i, j) 与之相邻的像素点 $(i-1, j-1)$, $(i-1, j)$, $(i-1, j+1)$ 中的最小能量值,并求和;③重复步骤②,直至计算最后一行最后一个像素点,更新能量矩阵;④将最后一行能量最小的像素点作为路径的起点,向上回溯获得裂缝线,并沿着裂缝线横向插值,增加所在行的像素点,对图像进行拉展;⑤对更新后的能量矩阵,沿着纵、横向分别再次计算,迭代进行,直至图像拉展到完全矫正的状态。图案屈曲矫正处理效果如图 2 所示。

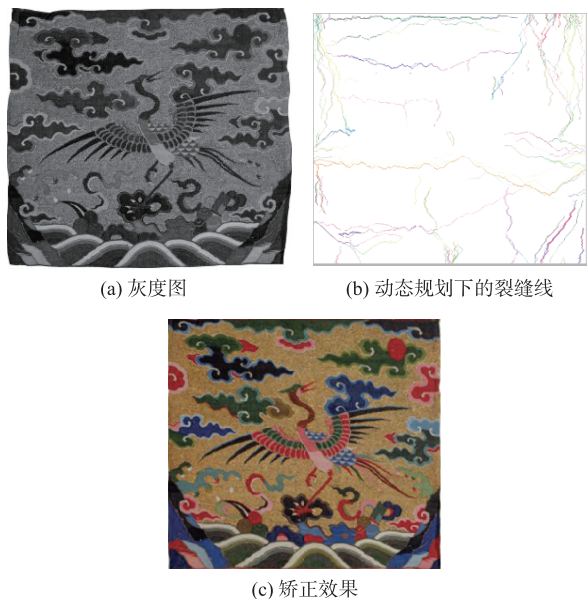


图 2 图案屈曲矫正处理效果

Fig. 2 Processing effect of pattern warping correction

2 设计元素提取

2.1 纹样提取

为能够二次利用图案中的纹样线稿,采用边缘检测算法提取线稿纹样。常见的边缘检测算子有 Sobel 算子^[14]、Laplacian 算子^[15]和 Canny 算子^[16]。其中 Canny 边缘检测算子采用非极大值抑制和双

阈值法检测边缘点。该算法可有效抑制噪声,并且可以提供准确的边缘检测结果,是目前最常用的边缘检测算法之一^[17]。因此,文中选用 Canny 边缘检测算法对图像的边缘轮廓进行检测。

首先,采用自适应中值滤波方法^[18]对图像进行滤波,去除噪音的干扰。然后采用 Canny 算法检测图案的轮廓,但在经过 Canny 运算后,得到的图案边缘轮廓线条不够光滑圆顺。对该现象可通过形态学方法进行处理,先利用闭运算的膨胀和腐蚀填补小的孔洞,将断枝进行连接操作;之后,再利用开运算,将提取的线条加以细化处理,同时消除影响较大的噪声。

此外,为了确保提取到清晰的图案,满足再设计时对图案角度及尺寸变换的需求,需对其实施矢量化操作。利用 potrace 算法^[19]将提取出的线稿位图转化为矢量图形,其原理为通过追踪图像边缘,以形成连续曲线,并在曲线上添加节点和控制点,对边缘进行拟合操作。利用矢量化操作处理图像线稿,扩展纹样线稿的适用性,便于后期的调整和优化。

2.2 色彩提取

色彩是图案的重要表达要素,其用色及构成传达了设计者的设计理念。为了获取图案的用色,采用二分 K-means 聚类算法^[20-21]提取图像中的主色。该算法的优点是能够通过自适应手段确定聚类中心,而不需要对 k 值进行人为的预先验证,具体算法为

$$k_i = [i_{h,t}, i_{s,t}, i_{v,t}] \quad (2)$$

式中: t 为选择的迭代次数, $t=1$ 时为初始聚类中心; i 为在迭代次数 t 下的 H, S, V 通道上像素点的均值。

同时计算像素点到聚类中心 k 的欧几里得距离 $D_{i,j}$,具体公式为

$$\varphi(t) = \max \{ D_{i,j}(t) \} \times \alpha \quad (3)$$

式中: φ 为距离阈值; t 为聚类次数; $\varphi(t)$ 随迭代次数 t 的变化不断更新; α 为二分类系数; $D_{i,j}$ 为每个像素点到聚类中心的欧几里得距离。

总体而言,该算法通过迭代并根据每次迭代中变化的距离阈值,将像素点分配到新的类中,以确定聚类的中心,直到所有的像素点都能被归类。通过该算法,可以实现图像中色彩的自动提取。

3 实证分析与再生设计

3.1 不同矫正算法效果比对

实验选用了 6 幅边缘屈曲的传统纺织品图像

作为测试样本。素材均来源于故宫博物院织绣文物图像库^[22]。采用基于图像内容矫正方法、Adobe Photoshop 软件(以下简称 PS)、基于透视变换的文本矫正算法^[23],分别对样本进行图案矫正对比。

使用 PS 软件中“透视裁剪”工具,对缂丝锦鸡方补图进行形状矫正操作。采用保全内容和保证形状两种方式,实现图像的形态恢复。PS 矫正方案及效果如图 3 所示。图中两种不同需求的矫正方法呈现了不同的矫正效果。

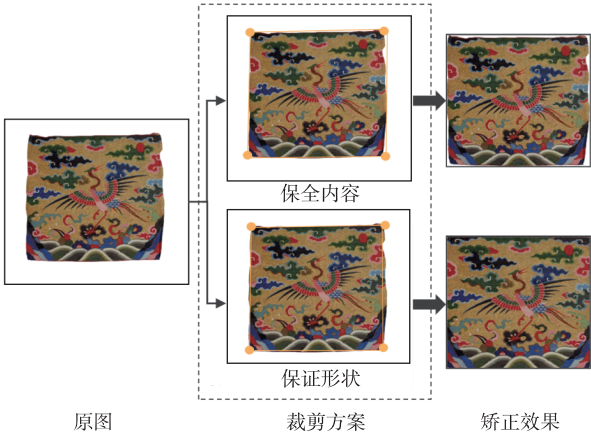


图 3 PS 矫正方案及效果

Fig. 3 Correction methods and results with PS

图 3 中,在保全内容的需求下,4 个控制点所连接的线条与图案突出的边界贴合,矫正后四周存在大量空白区域,难以对内容进行拉展,因此所矫正后的效果为非规则形态;而在保证形状的裁剪中,尽管矫正后呈现规则矩形,但四周大量的图案内容丢失、容易出现视觉畸变,与矫正后图案内容完整性需求相背,不符合传统图案形状的矫正需求。此外,该方法过于依赖人工操作,其裁剪精度低,不适用批量化图像处理。

在保证图案内容完整性的前提下,利用 PS 操作、常见文本矫正算法以及文中采用的基于能量矩阵计算图像内容变形进行矫正的方式,分别对其余 5 幅图像进行处理,结果如图 4 所示。由图 4 可以看出,经 PS 和文本矫正处理后的纺织品图像,在保证内容完整的前提下,矫正效果较差。处理后的图像在四周仍然存在空白区域,且织物图像屈曲的变形也未被消除。而屈曲的纺织品图像在使用基于图像内容的矫正方法后,图案的矩形形状得到了恢复,且图像屈曲的地方也恢复正确。因为该方法是在计算了全局像素能量的前提下进行的,通过像素裂缝线在图像中不断插入相似信息,将图像的屈曲逐渐填充平整,而非对图像产生的屈曲边缘直接进行透视矫正,因此能够在较好地保留图像内容完整

的前提下,完成图像的屈曲矫正。



图 4 不同算法处理后图案矫正效果

Fig. 4 Pattern warping correction effectiveness with different algorithms

3.2 图案再生设计

分别提取矫正后图案中的纹样和色彩元素,利用不同排列组合等方式产生新的图案设计,并对其重新赋色,呈现出新的创作风格。赋色的色彩来源也可从其他传统图案中提取,效果如图 5 所示。图 5 展示了如何在矫正后的缂丝锦鸡方补图上提取祥云纹样,并展示了如何从洒线绣绿地彩整枝菊花经书面图上提取色彩信息,进而利用这些色彩信息制作配色色卡,以便为祥云纹样配色。设计师可以在得到的色卡中自由选择色彩给提取的纹样上色。文中共设计了 5 种赋色方案,并利用四方连续等排列方式对祥云纹样进行设计组合,同时借助 Style 3D 软件虚拟展示服装的效果。

设色迁移设计应用如图 6 所示。提取缂丝锦鸡方补图色彩主色,建立相应的色卡,按照提取色彩占比、设计师喜好等因素,对当代服饰、家纺等产品进行色彩设计。

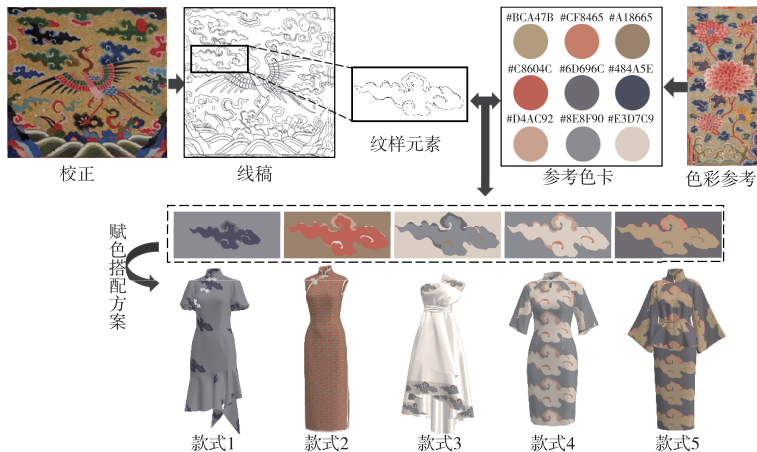


图 5 祥云纹样再设计

Fig.5 Redesign of cloud patterns



图 6 设色迁移设计应用

Fig.6 Application of color transfer design

4 结 语

利用图像处理技术,对屈曲形态的柔软纺织品图案进行形态矫正,实现了基于内容的拉展和矫正;并在此基础上提取纹样、色彩等关键设计元素,为当代传统纺织品图案再生设计和应用提供了有效的参考方法。

文中采用的基于图像内容的矫正算法利用像素能量函数和动态路径规划机制,对缺失区域进行相似信息的迭代填补。相较于设计师常用 PS 中的“透视矫正”和文本矫正算法,基于图像内容的矫正方法能够在保持内容完整的前提下,充分利用图像内容信息,将边缘屈曲图案恢复为规则的形态,增加传统纺织品图案的观赏度。此外,规整的纺织品图像更有利于纹样研究。在矫正的基础上,分别提取图案中的纹样和色彩,并重新应用在现代产品设计中,这种方法为当代时尚创新产品提出了新的设计思路。

参考文献:

[1] 李沛, 刘水. 望城皮影人服饰图案的艺术特征及功能探析

[J]. 丝绸, 2020, 57(8): 116-121.
LI Pei, LIU Shui. Analysis of artistic features and functions of costume patterns of shadow puppets in Wangcheng[J]. Journal of Silk, 2020, 57(8): 116-121. (in Chinese)
[2] 吕耀文, 安喆, 徐熙平. 鱼眼视频图像畸变的实时校正方法[J]. 吉林大学学报(理学版), 2017, 55(1): 103-108.
LYU, AN Zhe, XU Xiping. Real-time correction method for fisheye video images distortion[J]. Journal of Jilin University (Science Edition), 2017, 55(1): 103-108. (in Chinese)
[3] HU S H, LIU Z, YU L, et al. Sparse Bayesian learning for image rectification with transform invariant low-rank textures[J]. Signal Processing, 2017, 137: 298-308.
[4] BOUKHAROUBA A. A new algorithm for skew correction and baseline detection based on the randomized Hough transform[J]. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 2017, 29(1): 29-38.
[5] 孙晓婉, 俞楠, 徐平华, 等. 隋唐时期联珠团窠纹智能再生设计研究[J]. 针织工业, 2023(2): 65-69.
SUN Xiaowan, YU Nan, XU Pinghua, et al. Research on intelligent regeneration design of lianzhu tuanke pattern in Sui and Tang Dynasties [J]. Knitting Industries, 2023 (2): 65-69. (in Chinese)
[6] 任艳博, 蒋超, 王教庆, 等. 基于聚类算法和色彩网络的蝴蝶色彩分析及应用[J]. 纺织学报, 2021, 42(5): 103-108.
REN Yanbo, JIANG Chao, WANG Jiaqing, et al. Butterfly color analysis and application based on clustering algorithm and color network[J]. Journal of Textile Research, 2021, 42(5): 103-108. (in Chinese)

[7] 徐明慧,徐平华,韦秋菊,等. 基于网络关系模型的品牌女装配色解析[J]. 纺织学报, 2021, 42(11): 137-142, 150.
XU Minghui, XU Pinghua, WEI Qiuju, et al. Color parsing of female brand clothing based on nexus network modeling [J]. Journal of Textile Research, 2021, 42 (11): 137-142, 150. (in Chinese)

[8] 曹竞文,贾静,徐平华,等. 畲族传统服装设色关联规则分析[J]. 丝绸, 2023, 60(4): 100-106.
CAO Jingwen, JIA Jing, XU Pinghua, et al. Coloration association rules parsing of She nationality costumes [J]. Journal of Silk, 2023, 60(4): 100-106. (in Chinese)

[9] 李韶君,邓富泉,许杰婷,秦双怡,叶安乐. 哈萨克族马具装饰纹样设计因子提取及其在皮革制品中的应用研究[J]. 皮革科学与工程, 2024, 34(6): 96-103.
LI Shaojun, DENG Fuquan, XU Jieting, et al. Extraction of Design factors of Kazakh horse tack decorative patterns and their application in leather goods [J]. Leather Science and Engineering, 2024, 34(6): 96-103. (in Chinese)

[10] 孙滨峰,叶春,李艳大,等. 基于颜色指数与阈值法的稻田图像分割[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(5): 86-95.
SUN Binfeng, YE Chun, LI Yanda, et al. Paddy field image segmentation based on color indices and thresholding method [J]. Journal of China Agricultural University, 2022, 27 (5): 86-95. (in Chinese)

[11] 张翠军,赵娜. 基于概率神经网络改进的 GrabCut 算法[J]. 激光与光电子学进展, 2021, 58(2): 0210024.
ZHANG Cuijun, ZHAO Na. Improved GrabCut algorithm based on probabilistic neural network [J]. Laser and Optoelectronics Progress, 2021, 58(2): 0210024. (in Chinese)

[12] 缙丝锦鸡方补. 故宫博物院 [EB/OL]. [2023-06-20]. www. dpm. org. cn/collection/embroider/230161. html.

[13] AVIDAN S, SHAMIR A. Seam carving for content-aware image resizing [J]. ACM Transactions on Graphics, 2007, 26(99): 10.

[14] GONZALEZ C I, MELIN P, CASTRO J R, et al. An improved sobel edge detection method based on genera-lized type-2 fuzzy logic [J]. Soft Computing, 2016, 20(2): 773-784.

[15] 桂预风,吴建平. 基于 Laplacian 算子和灰色关联度的图像边缘检测方法 [J]. 汕头大学学报 (自然科学版), 2011, 26(2): 69-73.
GUI Yufeng, WU Jianping. An image edge detection method base on Laplacian operator and degree of gray relation [J]. Journal of Shantou University (Natural Science Edition), 2011, 26(2): 69-73. (in Chinese)

[16] XUAN L, HONG Z. An improved canny edge detection algorithm [C] // 2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS). Beijing: IEEE, 2017: 275-278.

[17] RONG W B, LI Z J, ZHANG W, et al. An improved Canny edge detection algorithm [C] // 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. Tianjin: IEEE, 2014: 577-582.

[18] 韩玉鑫,王晓凯,陆金旺. 实时彩色图像自适应中值滤波算法的 FPGA 实现 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (7): 173-180.
HAN Yuxin, WANG Xiaokai, LU Jinwang. Real-time color image adaptive Median filtering algorithm based on FPGA [J]. Computer Measurement and Control, 2022, 30(7): 173-180. (in Chinese)

[19] LI T M, et al. Differentiable vector graphics rasterization for editing and learning [J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2020, 39(6): 1-15.

[20] JIA J, XU P H, SUN X W, et al. Automatic coloration of pattern based on color parsing of Sung porcelain [J]. Textile Research Journal, 2022, 92(23/24): 5066-5079.

[21] 陈郁,雷聪聪. 基于 K-Means 聚类算法的秀场服装用色风格 [J]. 服装学报, 2024, 9(3): 268-273.
CHEN Yu, LEI Congcong. color style of fashion show clothing based on K-means clustering algorithm [J]. Journal of Clothing Research, 2024, 9(3): 268-273. (in Chinese)

[22] 织绣文物. 故宫博物院 [EB/OL]. [2023-06-20] https://www. dpm. org. cn/collection/embroiders. html.

[23] 张祥祥,吕学强,韩晶,等. TIMR: 模板图像匹配矫正 [J]. 小型微型计算机系统, 2022, 43(4): 807-814.
ZHANG Xiangxiang, LV Xueqiang, HAN Jing, et al. TIMR: template image matching rectification [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2022, 43(4): 807-814. (in Chinese)

(责任编辑:张 雪)

(上接第 39 页)

[8] LEE A X, GUPTA A, LU H, et al. Learning from multiple demonstrations using trajectory-aware non-rigid registration with applications to deformable object manipulation [C] // 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Germany: IEEE, 2015: 5265-5272.

[9] SAADAT M, NAN P. Industrial applications of automatic manipulation of flexible materials [J]. Industrial Robot, 2002, 29(5): 434-442.

[10] FANTONI G, SANTOCHI M, DINI G, et al. Grasping devices and methods in automated production processes [J]. CIRP Annals, 2014, 63(2): 679-701.

[11] BUCKINGHAM R O, NEWELL G C. Automating the manufacture of composite broadgoods [J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1996, 27(3): 191-200.

[12] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品 机织物 单位长度质量和单位面积质量的测定: GB/T 4669—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 8.

[13] 国家技术监督局. 机织物密度的测定: GB/T 4668—1995 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995: 12.

[14] 国家技术监督局. 纺织品和纺织制品厚度的测定: GB/T 3820—1997 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 10.

[15] 国家质量监督检验检疫总局. 纺织品 纱线捻度的测定 第 2 部分: 退捻加捻法: GB/T 2543. 2—2001 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 2.

[16] 陈娟,江迎春,廖莉莉,等. 基于李克特量表的高校 IT 外包风险探究 [J]. 科技创业月刊, 2019(12): 61-64.
CHEN Juan, JIANG Yingchun, LIAO Lili, et al. Research on IT outsourcing risk in colleges and universities based on likert scale [J]. Journal of Entrepreneurship in Science and Technology, 2019 (12): 61-64. (in Chinese)

[17] 陈佳珍,丁笑君,邹奉元,等. 基于多元线性回归与 BP 神经网络的缝口强力预测 [J]. 浙江理工大学学报 (自然科学版), 2020, 45(6): 749-756.
CHEN Jiazhen, DING Xiaojun, ZOU Fengyuan, et al. Prediction of seam strength based on multiple linear regression and BP neural network [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University (Natural Sciences Edition), 2020, 45(6): 749-756. (in Chinese)

(责任编辑:张 雪)