

文章编号: 1671-0444(2018)01-0087-06

# 基于轮廓曲率特征点的服装款式识别方法

李东<sup>1a</sup>, 万贤福<sup>1a, 1b</sup>, 汪军<sup>1a, 1b</sup>, 谭志强<sup>2</sup>

(1. 东华大学 a. 纺织学院; b. 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620;  
2. 虎门服装技术创新中心, 广东 东莞 523903)

**摘要:**根据服装轮廓曲线的几何特征取决于少数曲率极值点的特点,探索了一种新颖的服装款式识别方法,即提取服装轮廓曲线的曲率极值点集作为表达服装款式的特征向量,并以适当的分类方法进行分类。在分类方法上,比较了两种典型的方案:基于 Hausdorff 距离的模板匹配法和基于支持向量机的分类方法。试验结果表明,支持向量机分类法的识别率能够达到 86% 以上,略优于 Hausdorff 距离的模板匹配法,但其识别速度远胜于 Hausdorff 距离的模板匹配法。因此,选择支持向量机作为新型识别方法中的分类方法。

**关键词:**服装款式识别;轮廓曲率特征点;支持向量机;Hausdorff 距离

中图分类号:TS 941.26

文献标志码:A

## Clothing Style Recognition Approach Based on the Curvature Feature Points on the Contour

LI Dong<sup>1a</sup>, WAN Xianfu<sup>1a, 1b</sup>, WANG Jun<sup>1a, 1b</sup>, TAN Zhiqiang<sup>2</sup>

(a. College of Textiles; b. Key Laboratory of Textile Science & Technology, Ministry of Education,  
1. Donghua University, Shanghai 201620, China;  
2. Humen Garment Technology Innovation Center, Dongguan 523903, China)

**Abstract:** A novel recognition approach for clothing style is explored based on the characteristic that the geometry features of clothing contour curves depend on the points of curvature extreme value. These points of curvature extreme value are extracted as a feature vector, and finally classified by a proper method. For the classification method, two classical ones are compared: template matching based on the Hausdorff distance (Hausdorff) and support vector machines(SVM) classifier. The experimental results show that SVM can achieve a recognition rate above 86%, which is slightly higher than that of Hausdorff, while the recognition speed of SVM is much higher that of Hausdorff. Therefore, the SVM is finally accepted as the classifier in the novel recognition approach.

**Key words:** clothing style recognition; curvature feature points on the contour; support vector machines; Hausdorff distance

随着电子商务的日益成熟,网购服装已经日益普遍,然而,如何在网购平台的海量服装图像中检索

收稿日期:2016-11-12

基金项目:东莞市专业镇创新服务平台“东莞市虎门服装协同创新中心”建设资助项目;广东省协同创新与平台环境建设专项资金资助项目(2014B090908004)

作者简介:李东(1992—),男,山东济宁人,硕士研究生,研究方向为数字化纺织工程, E-mail:18801618019@163.com  
万贤福(联系人),男,教授, E-mail:waxianfu@dhu.edu.cn

喜爱的服装款式却一直困扰着经营者和消费者。当前网购平台中服装款式的检索皆是基于文字的检索,一方面需要花费大量的人工做标签,另一方面因文字的表达过于抽象,不够形象与具体,消费者难以通过文字检索找到心仪的服装。服装款式的计算机识别技术有望解决以上困扰。由消费者提供样例图片,采用自动识别技术将其主要特征识别出来之后与平台服装库进行比对,实现准确的检索。此外,服装款式的计算机识别技术还能够辅助人员追踪。在视频监控系统中,根据服装款式特征追踪相关人员。商场视频监控系统通过识别顾客着装,进行大数据分析,能够获取当前的服装款式流行趋势,制定针对性更强的销售方案。由此可见,服装款式识别具有广阔的市场应用前景。

服装款式是由服装的外部轮廓和内部细节变化构成的,反映了服装结构的形状特征,不包含颜色和纹理特征<sup>[1]</sup>。寻找一种描述服装形状特征及分类的方法是服装款式识别领域的研究重点。近年来围绕服装轮廓进行款式识别的研究已有一些成果。文献[2]针对服装款式结构图提出了两种多线型算法,为快速简单地绘制款式结构图提供了一定的条件。文献[3]提出了一种基于模糊理论从服装实物图中识别服装款式的方法。文献[4]使用小波傅里叶描述子来描述服装设计平面图的轮廓特征,并进行极端学习机分类研究。文献[5]提出了使用融合特征(Hu 不变矩和傅里叶描述子)来描述服装的轮廓特征,通过计算欧几里得距离来判断形状的相似性。文献[6]对服装轮廓提取后分析局部的 HOG (histogram of oriented gradient) 特征,并结合关键尺寸的计算,进行服装款式的分类。上述研究所采用的特征描述算子(傅里叶描述子、小波傅里叶描述子、Hu 不变矩和 HOG 等)虽然能够描述服装轮廓的形状特征,但却无法直观地与服装轮廓的形状特征对应起来。

平滑曲线通常可以通过曲率极值点勾勒出来,因此,这些曲率极值点代表了曲线的主要形状特征。由此可见,从服装轮廓曲线中提取此类曲率极值点来代表服装轮廓形状特征,作为特征向量以供后续款式分类使用,这里称曲率极值点为轮廓曲率特征点。由于轮廓曲率特征点直接和轮廓形状特征对应,可以直观地得出服装轮廓的形状特征信息(诸如肩宽、袖长和腰围之类)。基于轮廓曲率特征点进行服装款式识别,是此领域中一种新颖且颇具特色的尝试。

因此,本文尝试探索一种基于轮廓曲率特征点

的服装款式识别方法,其流程如图 1 所示。服装图像通过预处理获得服装轮廓,提取的轮廓曲率特征点作为特征向量,采用适当的分类方法对特征向量进行分类,最终实现款式的识别。在分类方法的设计上,尝试了两种不同方案,即基于 Hausdorff 距离的模板匹配法和基于支持向量机(support vector machines, SVM)的分类方法。通过比较两种方案的测试效果,选择一种较优的方案。



图 1 服装款式识别新方法的流程图

Fig. 1 Flow chart of the novel recognition approach of clothing style

## 1 服装图像预处理

服装图像的预处理主要包括服装图像分割、边缘检测、倾斜校正和曲线平滑,获得服装轮廓图像,以供后续轮廓的曲率特征点的提取。本文采用样本为白色背景的单件服装图像,以一件西服上衣为例,详细预处理流程如下:

(1) 将服装图像(如图 2(a))转化为灰度图像(如图 2(b))并进行灰度的线性变换,增强灰度图像的对比度,结果如图 2(c)所示;

(2) 使用最大类间方差法(Otsu)<sup>[7]</sup>进行二值化,结果如图 2(d)所示;

(3) 进行形态学开运算处理和填充空洞,最大的 8 连通区域就是服装图像,结果如图 2(e)所示;



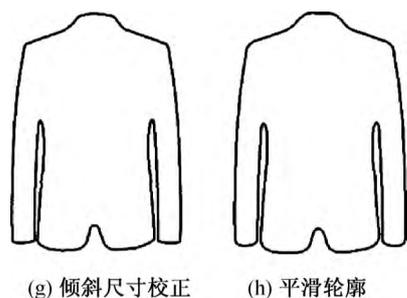


图 2 服装图像的预处理过程

Fig. 2 Pretreatment process of clothing images

(4) 使用 Canny 算子进行边缘检测,获取服装的外部轮廓,结果如图 2(f)所示;

(5) 获取服装轮廓的最小外接矩形,将服装轮廓从 $-10^\circ$ 旋转到 $+10^\circ$ ,服装轮廓最小外接矩形的面积最小时,服装轮廓无倾斜;

(6) 将服装轮廓图像按照最小外接矩形的尺寸剪切,然后进行双三次插值的尺寸缩放,设定轮廓的高度为 480 像素,轮廓的宽度按照高度的缩放比例进行变换,结果如图 2(g)所示;

(7) 读取服装轮廓像素点在数字图像坐标系中的坐标点集,将轮廓点集进行离散傅里叶变换<sup>[8]</sup>,截取前 100 个低频分量进行离散傅里叶反变换,即可获得平滑的服装轮廓,如图 2(h)所示。

按照上述预处理流程,其他服装款式典型样本预处理后得到的轮廓如图 3 所示,能够得到平滑规整的服装轮廓。

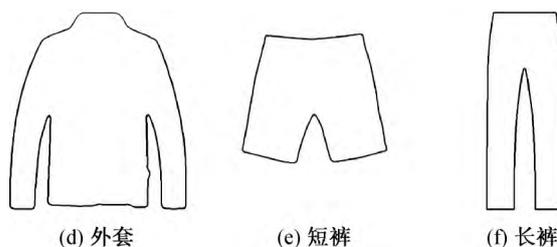


图 3 服装款式典型样本及其轮廓

Fig. 3 Typical samples of clothing style and their contour

## 2 服装轮廓曲率特征点的提取

经过预处理得到的服装轮廓图像,其在计算机中是通过轮廓图像上各像素点的坐标按顺序排成序列表示的。本文采用  $b(k) = (x_k, y_k)$  表示轮廓像素点坐标,其中,  $x_k$  和  $y_k$  分别为其横坐标值与纵坐标值,  $k = 0, 1, 2, \dots, K-1$ ,  $K$  为轮廓像素点总数。轮廓的曲率则是通过对上述轮廓点的坐标序列计算而来。数学上,曲率是曲线一阶导数和二阶导数的函数,离散曲线曲率的计算式为

$$C_k = |d'_k| / (1 + d'_k{}^2)^{3/2} \quad (1)$$

式中:  $d'_k$  和  $d''_k$  分别为  $k$  点处曲线函数的一阶导数和二阶导数。

$$d'_k = (y_{k+1} - y_k) / (x_{k+1} - x_k) \quad (2)$$

$$d''_k = (d'_{k+1} - d'_k) / (x_{k+1} - x_k) \quad (3)$$

由于切线垂直于  $x$  轴时曲线的导数为无穷大,造成式(1)无法计算该点的曲率,从而遗漏某些重要的特征点。为了解决这个问题,通过将图像旋转  $90^\circ$ ,重新计算一遍曲率,以补充遗漏的特征点。

服装轮廓曲率特征点的具体提取过程如下:

(1) 首先根据式(2)和(3)求取轮廓曲线的一阶导数  $d'_k$ 、二阶导数  $d''_k$ ,进而通过式(1)求得轮廓在每个点处的曲率;

(2) 对轮廓的曲线曲率  $C_k$  进行峰值检测,并依据峰值的大小将峰值点的坐标排序;

(3) 选取曲线曲率峰值最大的前 40 个点作为服装轮廓初始特征点集,如图 4(a)所示;

(4) 将服装轮廓图旋转  $90^\circ$ ,即令  $b(k) = (y_k, x_k)$ ,重复步骤(1)和(2),选取轮廓曲率峰值最大的前 10 个点作为服装轮廓的增补特征点集,如图 4(b)所示;

(5) 将初始特征点集和增补特征点集合并为服装轮廓曲率总特征点集,作为特征向量,如图 4(c)所示。

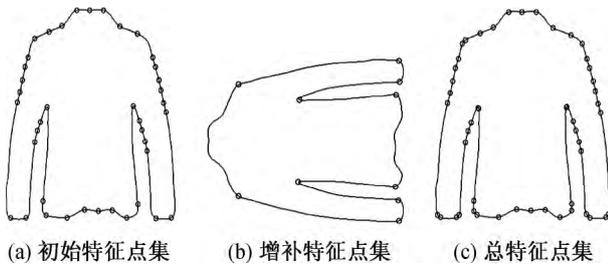


图 4 服装轮廓曲率特征点集

Fig. 4 The curvature feature points set on a clothing contour

其他服装款式典型样本的轮廓曲率特征点如图 5 所示,可以看出,轮廓曲率特征点几乎覆盖了能够代表服装款式特征的所有点。

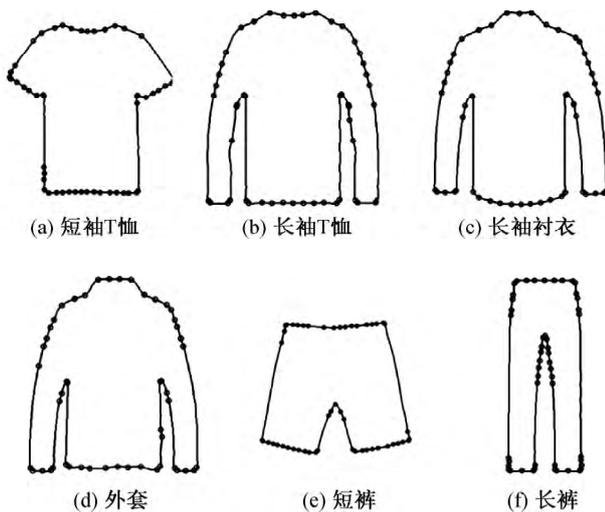


图 5 服装款式典型样本的轮廓曲率特征点集

Fig. 5 The curvature feature points set of typical samples of clothing style

### 3 分类方法

#### 3.1 基于 Hausdorff 距离的模板匹配

##### 3.1.1 改进 Hausdorff 距离算法

Hausdorff 距离<sup>[9]</sup>可定量描述两个闭合曲线之间的相似性。但是经典的 Hausdorff 距离受外部点或者噪声的影响特别大,为了解决这个问题,本文采用一种改进的均值 Hausdorff 距离。

若给定 2 个有限数据点集  $A = \{a_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ ,  $B = \{b_j\}$ ,  $j = 1, 2, \dots, q$ , 其中,  $a_i$  和  $b_j$  分别表示点集  $A$  和  $B$  中的点的坐标,  $p$  和  $q$  分别为点集  $A$  和  $B$  的点数,则数据集  $A$  和  $B$  之间的均值 Hausdorff 距离<sup>[10]</sup>定义为

$$\text{HMD}(A, B) = \max(d(A, B), d(B, A)) \quad (4)$$

$$d(A, B) = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \min_{a_i \in A, b_j \in B} |a_i - b_j| \quad (5)$$

$$d(B, A) = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \min_{b_j \in B, a_i \in A} |b_j - a_i| \quad (6)$$

式中:  $d(A, B)$  表示点集  $A$  中所有的点到点集  $B$  中任意一点最小距离的均值;  $d(B, A)$  表示点集  $B$  中所有的点到点集  $A$  中任意一点最小距离的均值;  $|a-b|$  表示点  $a$  和点  $b$  之间的距离范数。  $d(A, B)$  和  $d(B, A)$  中的最大值即为点集  $A$  和点集  $B$  的均值 Hausdorff 距离,该距离越小,则两闭合曲线的相似性越大。基于 Hausdorff 距离的模板匹配的认识方法,则是通过计算待分类的样本轮廓曲率特征点集与各分类模版轮廓曲率特征点集的均值 Hausdorff 距离,比较后获得最小均值 Hausdorff 距离对应的款式,最后将样本匹配为此款式。

##### 3.1.2 分类模板的制作

通过样本库中的各分类的所有样本图像预处理之后得到的轮廓灰度矩阵叠加平均后得到该分类的模板。以西服上装为例,该分类轮廓灰度矩阵叠加平均后的结果如图 6(a) 所示。然后使用画图软件对图 6(a) 进行轮廓描绘,并采用上文所述方法进行特征点的提取,从而获得西服上装的模板,如图 6(b) 所示。

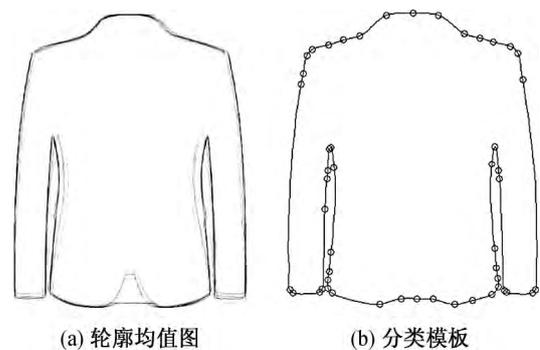


图 6 西服上装模板的制备

Fig. 6 Preparation process of class template for suit jackets

#### 3.2 基于 SVM 的识别方法

SVM 是一种有监督的学习模型,可以学习不同类别的已知样本特点,进而对未知样本进行预测<sup>[11]</sup>。其基本思想是建立一个分类超平面,使得样本空间中正例和反例之间的距离最大化。SVM 本质上是一个二分类的算法,但也可以扩展成多分类的分类器。本文采用 LibSVM 工具箱<sup>[12]</sup>进行服装款式的 SVM 多分类。

服装款式 SVM 分类系统流程如图 7 所示,具体如下:

- (1) 将样本库的特征向量进行主成分分析<sup>[13]</sup>,

选取累计贡献率为 95% 的成分为主成分,其中特征向量中坐标  $b(k)$  为复数形式,即  $b(k) = x_k + jy_k$ ,  $j$  为虚数单位;

(2) 将训练集特征向量和服装款式标签作为输入,SVM 分类器的核函数为径向基函数,使用网格搜索法<sup>[14]</sup>寻找惩罚参数和核参数的最优值,惩罚参数和核参数的范围均为  $[-8, 8]$ ,步长为 1;

(3) 使用最优的参数、训练集特征向量及款式标签,训练得到 SVM 分类器;

(4) 将测试集特征向量作为输入,运用训练好的 SVM 分类器进行计算,得到测试集服装款式的分类结果。

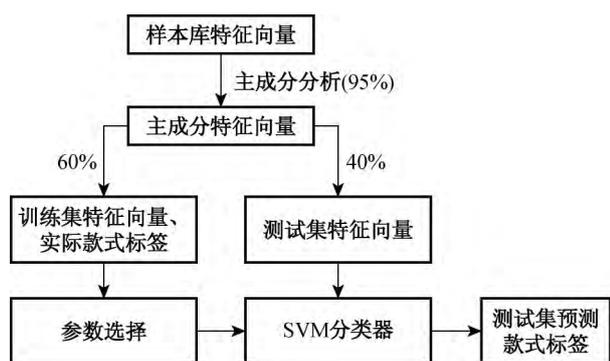


图 7 SVM 分类系统流程图

Fig. 7 Flow chart of the SVM classification system

### 4 试验描述

采用 Matlab R2014a 编程实现服装图像预处理和两种分类方法,在 DELL Inspiron 14—5439 笔记本电脑(Intel(R) Core(TM) i5—4200CPU, 2.3 GHz, 4GB RAM)上运行,操作系统为微软 Win 7。由于国际上目前没有一个公认的服装图像样本库,所以本文创建了一个新的样本库。从淘宝网收集了 600 张图片,这些图片均为白色背景且平整摆放的单件衣服的图片,涵盖了短袖 T 恤、长袖 T 恤、长袖衬衣、外套(夹克衫、皮衣和大领短风衣等)、西服上装、短裤和长裤,共 7 个款式,如表 1 所示。

表 1 服装图像样本库

Table 1 Database of clothing images

标签	1	2	3	4	5	6	7
款式	短袖 T 恤	长袖 T 恤	长袖衬衣	外套	西服上装	短裤	长裤
数量	100	100	100	100	40	60	100

在表 1 样本库基础上,提取样本的服装轮廓曲率特征点集,将其作为特征向量,然后分别采用 Hausdorff 距离的模板匹配法和 SVM 分类法进行

分类。其中 SVM 分类法随机抽取 60% 样本作为训练集,剩余的 40% 样本作为测试集。将分类结果与实际款式进行比较,统计识别率。

### 5 结果分析

600 张服装图片的款式识别结果如表 2 和 3 所示。由表 2 可以看出:与 Hausdorff 距离的模板匹配法相比,SVM 分类方法的识别率的优势并不明显,略高 2.46%;而在识别速率上,SVM 的表现十分突出,其单个样本的识别速率比 Hausdorff 距离的模板匹配法快约 200 倍。由此可以说明,SVM 分类法在进行基于轮廓曲率特征点的服装款式识别时具有快速准确的特点。

表 2 总体识别结果

Table 2 Gross recognition results

识别方法	识别率/%	识别平均耗时/ms
Hausdorff	84.00	72.54
SVM	86.46	0.36

表 3 各款式识别结果

Table 3 Recognition results for each style

标签	测试集款式	识别率/%	
		Hausdorff	SVM
1	短袖 T 恤	100.00	100.00
2	长袖 T 恤	74.00	78.00
3	长袖衬衣	86.00	75.00
4	外套	58.00	74.75
5	西服上装	65.00	77.50
6	短裤	100.00	100.00
7	长裤	100.00	100.00

由表 3 可以看出,SVM 分类法和 Hausdorff 距离的模板匹配法对各款式的识别情况大致相同,即短袖 T 恤、短裤和长裤的款式识别率皆为 100%,而长袖 T 恤、长袖衬衣、外套和西服上装的识别率偏低(65%~86%)。这是因为前三者的轮廓区别很明显,容易区分,而后四者的轮廓接近,易误判。相比而言,SVM 分类法对长袖 T 恤、外套和西服上装的识别率稍好一些,但对长袖衬衣的识别率不如 Hausdorff 距离的模板匹配法。

Hausdorff 距离的模板匹配法的识别效果较差的原因主要为:各款式轮廓曲率特征点模板的代表性不足,模板的灵活性有待进一步加强,并且由于逐个进行款式匹配,计算量大,因此效率低。

综上所述,最终选择 SVM 分类法作为基于轮廓曲率特征点的服装款式识别方法。

## 6 结 语

本文提出了一种基于轮廓曲率特征点的识别服装款式的新方法,即通过曲率计算获得表征服装轮廓形状的特征点,然后采用分类方法进行识别。在分类方法上,通过对比 Hausdorff 距离的模板匹配法和 SVM 分类法的识别效果,发现采用 SVM 分类法更快速有效,最终选择 SVM 作为本文服装款式识别方法中的分类方法。研究结果对服装款式识别的实际应用具有一定的参考价值。

### 参 考 文 献

- [1] 燕平. 服装款式设计[M]. 重庆:西南师范大学出版社, 2011: 3-4.
- [2] 钱素琴, 耿兆丰. 服装款式结构图中多层线型的实现[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2005, 31(3):35-38.
- [3] WANG X C, LI K J. Pattern recognition based on fuzzy cluster for recognizing garment style in the photo [C] //IEEE, International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design. 2008:250-254.
- [4] AN L X, LI W. An integrated approach to fashion flat sketches classification [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2014, 26(5): 346-366.
- [5] HOU A L, ZHAO L Q, SHI D C. Garment image retrieval based on multi-features [C] //2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering (CMCE 2010). 2010: 194-197.
- [6] 纪娟, 秦珂, 杨若瑜. 基于 HOG 和几何特征的服装细节要素识别与分类[J]. 图学学报, 2016, 37(1):84-90.
- [7] OTSU N A. Threshold method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on System Man and Cybernetics, 1979 (9): 62-69.
- [8] GONZALEZ R C, WOODS R E, 阮秋琦, 等. 数字图像处理 [M]. 3 版. 北京: 电子工业出版社, 2010: 542-543.
- [9] HUTTENLOCHER D P, KLANDERMAN G A, RUCKLIDGE W J. Comparing images using the Hausdorff distance [J]. IEEE on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 1993, 15(9): 850-863.
- [10] DUBUSSON M P, JAIN A K. A modified Hausdorff distance for object matching [C] //Iapr International Conference on Pattern Recognition. 1994: 566-568.
- [11] CORTERS C, VAPNIK V. Support vector networks [J]. Machine Learning, 1995, 20(4): 273-297.
- [12] CHANG C C, LIN C J. LIBSVM: A library for support vector machines [CP/OL]. (2010-03-11) [2015-11-09]. <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.
- [13] ABDI H, WILLIAMS L J. Principal component analysis [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics, 2010, 2(4): 433-459.
- [14] LIU X L, JIA D X, HUI L I, et al. Research on kernel parameter optimization of support vector machine in speaker recognition [J]. Science Technology & Engineering, 2010, 10 (7): 1669-1673.

(责任编辑:徐惠华)