

基于边缘和纹理特征融合的蕾丝花型检索方法

张聪¹, 李岳阳¹, 罗海驰², 蒋高明¹, 丛洪莲¹

(1.江南大学 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122;

2.江南大学 轻工过程先进控制教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要:介绍一种采用边缘和纹理特征融合的蕾丝花型检索方法。首先利用Live Wire分割算法提取出1 327个样本花型和530个测试花型,然后分别提取它们的傅立叶描述子、灰度梯度共生矩阵作为边缘特征和纹理特征,最后将测试花型与样本花型特征匹配后按照相似度大小进行排序,并与特征融合后的排序值进行比较,在Matlab中实现蕾丝花型用户界面检索系统。结果表明,与单一的特征检索方法相比,特征融合方法具有更高的识别率,能够满足大数据库下蕾丝花型的检索需求。

关键词:蕾丝花型;Live Wire分割算法;傅立叶描述子;灰度梯度共生矩阵;特征融合;检索方法;大数据

中图分类号:TS 186.4

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2018)04-0004-04

Edge and Texture Features Combination Based Lace Pattern Retrieval Method

Zhang Cong¹, Li Yueyang¹, Luo Haichi², Jiang Gaoming¹, Cong Honglian¹

(1.Engineering Research Center of Knitting Technology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2.Key Laboratory of Advanced Process Control for Light Industry, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract:This paper introduces a kind of retrieval method of lace pattern through edge and texture feature combination. First, 1327 sample patterns and 530 test patterns are extracted by Live Wire segmentation algorithms. Then, the Fourier descriptors and gray-gradient co-occurrence matrix of lace patterns are extracted as the edge features and texture features. Finally, the feature vector of each test pattern is matched with feature vectors of all sample patterns and all sample patterns are sorted according to the similarity degree, which is compared with the sorted values after the feature combination, and the lace pattern user interface retrieval system is achieved in Matlab. The results show that features combination method has a higher recognition rate compared with single feature retrieval method, which can meet the retrieval needs of lace pattern by large database.

Key words:Lace Pattern; Live Wire Segmentation Algorithms; Fourier Descriptor; Gray-gradient Co-occurrence Matrix; Features Combination; Retrieval Method; Large Database

蕾丝花边是重要的服装面料之一,但生产厂商需根据来样花型在众多蕾丝花边中搜索出所需花边,得到其工艺参数。因蕾丝花边

数量大、花型复杂,文本图像检索方法已不能满足现代企业追求实时性和准确性的需求,因此,需将传统的纺织企业与计算机相结合,

寻求智能的蕾丝花型检索方法。

Live Wire是由Mortensen et al于1992年提出的一种交互式分割算法^[1],由于蕾丝花型背景复杂,相

基金项目:国家工信部智能制造综合标准化与新模式应用项目子课题(1064130201160660);江苏省产学研联合创新资金-前瞻性联合研究项目(BY2015019-20、BY2016022-35)。

作者简介:张聪(1991—),女,硕士研究生。主要从事图像处理在针织上的应用研究。

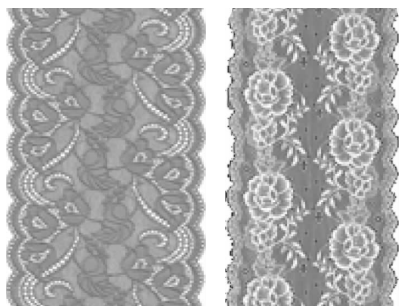
通讯作者:李岳阳(1973—),男,副教授。E-mail:lyueyang@jiangnan.edu.cn。

较于自动分割, Live Wire 可以更精准地提取花型轮廓, 有利于后续检索。Zahn et al^[2]证明了傅立叶描述子在辨识物体边缘轮廓方面不仅效果好, 而且复杂度低。葛元等^[3]也证明了傅立叶描述子在手势边缘轮廓上的识别率可达 89.6%。由于蕾丝花边中花型纹理复杂, 采用纹理特征对花型进行标注可以提高检索效率。洪继光^[4]提出灰度梯度共生矩阵, 应用在白血球样本上的识别率为 77.8%。本文采用 Live Wire 交互式图像分割得到蕾丝花型, 再分别提取其边界傅立叶描述子、灰度梯度共生矩阵特征量, 并将特征融合, 根据特征匹配的相似度大小判断蕾丝花型检索效率。

1 图像预处理

1.1 图像采集

为了避免外界环境(光照、灰尘)对采集花边图像的边缘和纹理造成干扰, 采用专业扫描仪扫描蕾丝花边样片。为了保证清晰度, 选取与蕾丝花边的颜色形成强烈反差的 A4 纸为背景, 若蕾丝花边是浅色, 则选取黑色 A4 纸为背景, 反之选取白色 A4 纸为背景。采集结果如图 1 所示。



(a)深色蕾丝花边 (b)浅色蕾丝花边

图 1 采集到的蕾丝花边图像

1.2 图像灰度化

由于彩色图像信息处理量大, 且本文不需考虑花边颜色, 为了方便后续计算, 将彩色蕾丝花边图像进行灰度化处理。

1.3 Live Wire 提取花型轮廓

图像灰度化处理后, 需提取出花边中一个或多个花型轮廓, 花型轮廓的精准程度直接影响后续特征参数的提取。本文采用 Live Wire 交互式分割算法提取花型轮廓, 原理如下: 将待分割的图像作为一个加权有向图, 每个像素看作一个节点, 每两个节点之间的距离可以用代价函数计算; 然后在图像的边缘部分人工设定起始点和第一个终止点, 通过最短路径搜索的方法 (Dijkstra 算法), 找到起始点和终止点之间所有节点间距离和的最小值, 这个具有最小值的目标边界即为最优边界; 最后依次用鼠标选取下一个终止点, 直到起始点和终止点重合, 即圈出了整个花型轮廓。将 Live Wire 交互式分割算法添加到 Matlab R2014b 中并运行, 通过人机交互式操作, 得到最终的分割效果, 如图 2 所示。

2 花型检索方法

2.1 特征提取

2.1.1 傅立叶描述子

将目标轮廓看作一个复平面, 选取蕾丝花型轮廓曲线上任意一点作为起始点, 沿轮廓外周长逆时针运动一周的复函数 $p(l)$ 可以用一维傅立叶变换系数 $z(k)$ 表示, $z(k)$ 即傅立叶描述子^[5], 计算公式见式(1)和式(2)。

$$z(k) = \frac{1}{n} \sum_{l=0}^{n-1} p(l) e^{-j2\pi kl/n} \quad (1)$$

$$p(l) = x(l) + jy(l) \quad (2)$$

式中: $k=0, 1, \dots, n-1; l=0, 1, \dots, n-1, n$, 表示轮廓曲线上的所有点。

未经归一化处理的傅立叶描述子 $z(k)$ 与花型轮廓的位置方向以及轮廓曲线上第一个点的位置有关, 而归一化的傅立叶描述子具有旋转不变性的特点。定义新的归一化傅立叶描述子, 见式(3)。

$$d(k) = \frac{|z(k)|}{|z(l)|} \quad (3)$$

式中: $k=1, 2, \dots, n-1$ 。

提取的蕾丝花型前 18 阶傅立叶频谱如图 3 所示, 通常高频部分很小且对特征描述作用不大, 经试验, 本文选用前 10 阶频谱分量组成边缘特征向量。

2.1.2 灰度梯度共生矩阵

由于蕾丝花型具有特殊且复杂的纹理, 因此本文提取其纹理特征参数作为匹配的特征量。纹理特征中灰度共生矩阵只反映了像素点对之间的灰度相关性, 而灰度梯度共生矩阵是将梯度信息融入到共生矩阵中, 更能反映图像内部像素之间的空间位置关系^[6]。设定原始图像的灰度级数目为 L , 微分算子处理后可以获得它的梯度图像, 将梯度图像灰度级离散化, 此时的灰度级数目设为 L_g , 定义灰度梯度共生矩阵, 见式(4)。

$$\{H(x, y); x=0, 1, 2, \dots, L-1; y=0, 1, 2, \dots, L_g-1\} \quad (4)$$

式中: $H(x, y)$ 是灰度值为 x , 梯度值为 y 的总像素个数。

将 $H(x, y)$ 归一化为式(5)。

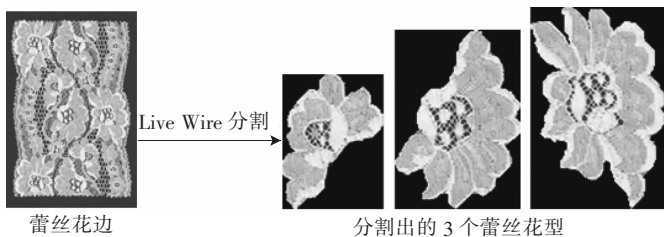


图 2 Live Wire 交互式分割提取一个或多个蕾丝花型

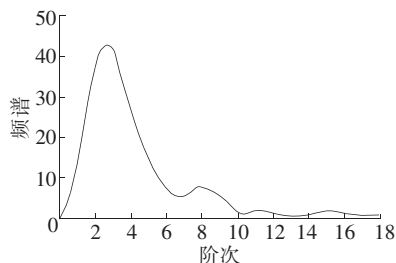


图3 前18阶傅立叶频谱图

$$H'(x, y) = \frac{H(x, y)}{\sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{L-1} H(x, y)} \quad (5)$$

本文从中提取出15个常用的描述纹理变化程度的二次统计特征参数,并组合成特征向量,分别是大(小)梯度优势、灰度(梯度)平均、灰度(梯度)不均匀、灰度(梯度)熵、灰度(梯度)均方差、能量、相关、惯性、逆差矩、混合熵。

2.2 相似性度量

提取测试花型和样本花型的上述两种特征并进行相似性度量,欧式距离即欧几里得距离是简单经典的相似性度量方法,计算公式见式(6)。

$$d(f_g^T, f_g^S) = \sqrt{\sum_{i=1}^D (f_{gi}^T - f_{gi}^S)^2} \quad (6)$$

式中: f_g^T 和 f_g^S 分别为测试花型和样本花型同种特征的第*i*个特征量。该距离值的大小代表两个花型的相似程度,其值越小则两个花型的差异越小,相似度越大。根据此原理,将所有样本的距离值按照从小到大的顺序排列,位置越靠前表明与测试花型越相似,从而可以通过位置关系从上到下找到正确花型。

2.3 加权特征融合

将测试花型和所有样本花型的边缘和纹理特征相似性度量结果按距离值从小到大依次排列,得到傅立叶描述子和灰度共生矩阵排序中第*i*个样本的排序值,分别为 $\text{rank}(\text{FD}_i)$ 和 $\text{rank}(\text{GGCM}_i)$,将第*i*个样本花型的排序值按权重关系进行加权融合,公式见式(7)。

$$\text{rank}(S_i) = \delta \times \text{rank}(\text{FD}_i) + (1 - \delta) \times \text{rank}(\text{GGCM}_i) \quad (7)$$

式中: δ 为权重系数; $\text{rank}(S_i)$ 为特征融合后第*i*个样本花型的排序值。

由于灰度梯度共生矩阵的检索效果优于傅立叶描述子,因此设置较大权重值,经多次试验,本文取 $\delta=0.3$ 时效果更好。所有样本按照新的排序值大小重新排序,所得排序结果即为特征融合试验结果。

3 试验与系统展示

3.1 试验方法

将1 008张蕾丝花边图像预处理分割后得到1 327个样本花型和530个测试花型,按照前述两种算法,分别提取出测试花型和样本花型的傅立叶描述子和灰度梯度共生矩阵并组成特征向量,具体操作步骤如下:

- 将每个测试花型与所有样本的傅立叶描述子特征量进行相似性度量,并按相似度大小排序;
- 将每个测试花型与所有样本的灰度梯度共生矩阵特征量进行相似性度量,并按相似度大小排序;
- 将步骤a、b中的排序值按权重关系进行加权线性融合,得出新的排序值即特征融合排序值。

评判标准:在每个测试花型对应排序结果中查找前10、30、50个位置前是否出现正确花型,统计530个测试花型中出现正确匹配结果的测试花型个数占总体530个测试花型的比例,即正确识别率。

3.2 试验结果

试验结果见表1。

结果表明,傅立叶描述子与灰

度梯度共生矩阵特征量融合的蕾丝花型检索方法的准确率高于任意一种单一特征检索方式,且每个花型的平均识别时间为0.016 s,提高准确率的同时并不影响检索速度,能够满足工厂的实际需求。

3.3 蕾丝花型检索界面

试验所用计算机为Win7 64位操作系统,4核处理器,主频2.10 GHz,6.00 GB内存,开发环境是Matlab R2014b^[7]。蕾丝花型检索界面如图4所示,主要包括选择待测蕾丝花边、Live Wire分割花型、识别匹配返回检索结果3个过程。

4 结束语

本文采用边缘和纹理特征融合的蕾丝花型检索方法,并在Matlab中实现检索功能,即任意给定一张蕾丝花边,利用Live Wire分割算法得到蕾丝花型,然后提取边缘轮廓和纹理特征,利用两个特征融合的方法检索蕾丝花型,并验证其有效性和实用性。但仍需继续扩充蕾丝花型数据库,改进算法,采用将蕾丝花边分类、自动获取花型循环等方法,进一步提高检索实时性和准确性。

参考文献

- [1] BARRETT W A, MORTENSEN E N. Fast, accurate, and reproducible live-wire boundary extraction[J]. Proceedings of Visualization in Biomedical Computing, 1996(1): 183-192.
- [2] ZAHN C T, ROSKIES R Z. Fourier descriptors for plane closed curves[J]. IEEE Transactions on Computers, 1972, 100(3): 269-281.
- [3] 葛元,郭兴伟,王林泉.傅立叶描述

表1 蕾丝花型检索方法效果

蕾丝花型检索方法	一个蕾丝花型平均识别时间/s	识别率/%		
		前10张	前30张	前50张
傅立叶描述子	0.009	43.40	56.98	64.53
灰度梯度共生矩阵	0.008	56.04	73.21	82.83
傅立叶描述子+灰度梯度共生矩阵	0.016	77.55	90.19	96.42

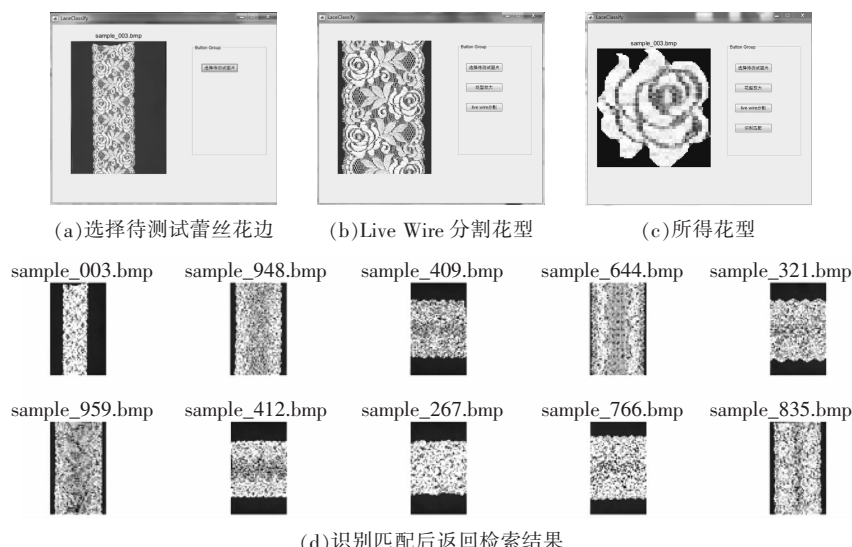


图4 蕾丝花型检索界面

子在手势识别中的应用[J].计算机应用与软件,2005,22(6):12-13,92.

[4]洪继光.灰度-梯度共生矩阵纹理分析方法[J].自动化学报,1984,10(1):22-25.

[5]韩鸿哲,李彬,王志良,等.基于傅立叶描述子的步态识别[J].计算机工程,2005,31(2):48-49,162.

[6]邓文,邓中民.小波分析与纹理能量算法用于毛球图像处理[J].针织工业,2012(1):62-64.

[7]方明,宋广礼.数字图像处理技术在针织物检测中的应用[J].针织工业,2008(3):61-64,4.

收稿日期 2017年8月21日

信息直通车

第四届(2018年)全国针织纬编技术研讨会征文通知

党的十九大胜利召开,带领中国特色社会主义进入了新时代,为建设纺织强国提供了战略指引。当前,针织行业的转型发展已进入深水区,面对新时代提出的重大课题,针织行业要以高性能纤维、高端装备、智能制造、智能产品开发、绿色生产等为抓手,推动互联网+、大数据、物联网、人工智能等在针织行业的融合应用,走科学化、精细化、品牌化发展之路,开启新征程。

由全国针织科技信息中心、《针织工业》编辑部主办,泉州佰源机械科技股份有限公司冠名的“佰源杯”第四届(2018年)全国针织纬编技术研讨会现定于2018年5月24—26日在江苏省常熟森林大酒店召开。现面向全国纺织纤维企业、针织生产企业、设备及零配件厂、纺织院校及科研单位等开展征文活动,热忱欢迎广大针织科技人员积极撰写论文,并参与本次行业盛会!

此外,会议将组织专家评审优秀论文,并在会议现场对优秀论文进行表彰和奖励,其优秀论文将同时在《针织工业》发表。

征稿主题如下:

1. 纬编针织产品发展趋势研究;
2. 新型针织面料编织技术及产品开发;
3. 智能针织产品研究及开发;
4. 成形纬编针织产品开发及生产实践;
5. 针织家居、装饰面料,产业用织物及特种针织产品研发;
6. 新型纤维原料在针织行业的应用;
7. 智能化针织装备关键技术;
8. 智能工厂建设、针织企业信息化管理及“互联网+”探索;
9. 针织设备相关配件的创新技术及应用;
10. 针织产品相关标准解读及应用。

截稿日期:2018年5月10日 请将论文电子稿上传至《针织工业》网上投稿平台,选择栏目“纬编会”。

会议联系:全国针织科技信息中心《针织工业》编辑部

投稿平台:www.knittingpub.com

联系人:孟振华(13512269454) 梁然然(18811551679)

电话:022-27382711

E-mail:zzgy1973@163.com 或 825409297@qq.com