

基于特征识别的经编布花边实时识别算法

鄢 然 张李超 张宜生 赵祖烨

华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074

摘要 针对目前经编布花边切割传统手工加工方式的效率低下和产品质量不稳定的问题,提出了一种基于特征识别的经编布花边实时识别算法,此方法对图片进行自适应阈值处理,直线特征提取,图像分割,干扰轮廓去除,最终能够准确识别经编布的花边形状特征和精确位置,并且可以在复杂的工厂光照环境中保证识别的稳定性,并且通过对算法优化,大幅提高计算效率,可以满足实时性的要求,基于此算法开发的经编布花边视觉自动切割系统可以大幅的提高生产效率,提高产品质量。

关键词 图像处理; 模式识别; 经编布花边; 实时性; 霍夫变换

中图分类号 TP751 **文献标识码** A

doi: 10.3788/LOP52.111002

Tricot Lace Real-Time Recognition Method Based on Feature Recognition

Yan Ran Zhang Lichao Zhang Yisheng Zhao Zuyue

State Key Laboratory of Materials Processing and Mold & Die Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China

Abstract Facing the problem of low efficiency and unstable quality in the traditional hand finishing tricot lace cutting field, a novel tricot lace real-time recognition method based on feature recognition is proposed. The method works by adaptive thresholding, line detection, image segmentation and reducing the fake contours, which can recognize accurately the profile features and locations of tricot laces. It has high stability even in complex factory lighting environment. It can satisfy the real-time request and promote computational efficiency by improving the computational efficiency of the method. The automatic vision cutting system based on the proposed method can highly improve production efficiency and quality.

Key words image processing; pattern recognition; tricot lace; real-time; Hough transform

OCIS codes 100.5010; 150.0150; 000.2170

1 引言

纺织业是我国传统支柱产业之一,传统的纺织业以劳动密集型为主,严重缺乏自主研发的高水平自动化加工装备,设备主要进口于德国和日本^[1]。面对劳动力成本的不断增加,中国人口红利优势的逐渐消失以及进口设备高昂的价格,开发具有自主知识产权的高新技术纺织加工设备已成为一个重要的研究方向。

目前在加工经编布花边时需要工人肉眼识别经编布的花边,然后用特制的工具手动把经编布的花边剪下来。这种加工方式效率非常低,并且劳动强度也很大,非常消耗劳动力。为了解决这个问题,开发了一套基于视觉识别的全自动经编布花边切割系统,通过工业电荷耦合器件(CCD)相机采集经编布的图像信息^[2],利用基于特征识别的经编布花边识别算法识别经编布花边的轮廓^[3-4],然后插补为加工轨迹,通过自主开发的外设连接接口(PCI)运动控制卡控制切割系统自动把花边切割下来。

本文主要介绍自主研发的经编布轮廓识别算法,此方法通过对经编布的花边形貌和分布特征分析,采

收稿日期: 2015-06-08; 收到修改稿日期: 2015-06-29; 网络出版日期: 2015-09-24

基金项目: 国家自然科学基金(51005090)

作者简介: 鄢 然(1986—),男,博士研究生,主要从事激光加工设备,数控系统,机器视觉方面的研究。

E-mail: yanranbigman@qq.com

导师简介: 张李超(1975—),男,副教授,博士生导师,主要从事先进制造,快速成形系统,CAD/CAM/NC方面的研究。

E-mail: elegantteac@263.net

用自适应阈值对图像进行处理,并通过霍夫变换识别图像里面的直线特征作为图像中重要部分的分割线,通过图像分割和干扰轮廓滤除及图像还原最终得到经编布花边的形状和准确位置,具有良好的稳健性和自适应性,能够适用于不同形貌的经编布花边切割^[6],并且对加工现场环境带来的干扰光线具有良好的抗干扰性。该算法计算效率很高,可以满足加工系统对识别的实时性的要求,实现了在线式连续加工,极大地提升了生产效率。

2 算法原理

图1为典型的经编布,需要被切下来的部分是右边的波浪形的花边,最右边的白边是织布的时候产生的,可以看到花纹和白边是由密集编织的线组成的,镂空部分是由比较稀疏的底布组成的。由于整体光照不均匀,上下两边的光线较暗,中间部分光线较亮。

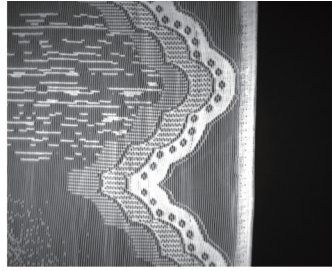


图1 典型经编布图片

Fig.1 Typical tricot lace

2.1 自适应阈值处理

为了解决光线不均匀的问题,采用动态自适应阈值法对图片进行二值化处理,原理是根据像素的邻域块的像素值分布来确定该像素位置上的二值化阈值,该方法优点在于每个像素位置处的二值化阈值不是固定不变的,而是由其周围邻域像素的分布来决定。亮度较高的图像区域的二值化阈值通常会较高,而亮度较低的图像区域的二值化阈值则会相适应地变小。不同亮度、对比度、纹理的局部图像区域对应于相应的局部二值化阈值。常用的局部自适应阈值有:1)局部邻域块的均值;2)局部邻域块的高斯加权。所采集的图片由于光照的不均匀性使得整体图像的灰度分布不满足大津法对双峰性的条件^[6],所以必须要设置合适的区块大小,对局部进行自适应阈值处理^[7]。局部自适应阈值处理的计算公式为

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t), \quad (1)$$

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_{\omega}^2(t) = \omega_1(t)\omega_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2, \quad (2)$$

$$\omega_1(t) = \sum_0^t \rho(i), \quad (3)$$

$$\mu_1(t) = \left[\sum_0^t \rho(i)x(i) \right] / \omega_1, \quad (4)$$

式中 t 代表计算的分割阈值, σ_1^2 代表方差, ω_1 代表的是前景像素点占整幅图像的比率, $\mu_1(t)$ 代表的是其平均灰度值, ω_2 代表的是背景像素点占整幅图像的比率, μ_2 代表的是其平均灰度值, σ_{ω}^2 代表的是总平均灰度, $\rho(i)$ 代表灰度直方图, $x(i)$ 代表了灰度图的第 i 列的中间值, $\sigma_b^2(t)$ 代表的是内间方差。

整体算法流程图如图2所示。

2.2 霍夫变换边缘直线特征提取

为了去除白边的干扰,需要把白边单独提取出来。首先确定白边的位置,从整体来看白边的外边缘具有非常明显的直线特征,所以可以采用霍夫变换的方法对图片进行直线特征识别^[8]。常用的霍夫直线变换识别的是直线特征,而所要提取的白边虽然具有很明显的直线特征,但是其边缘是由编织布组成,存在变形等问题,因此整个边缘并不是一条长直线,而是一条接近直线的连续曲线。为了能够识别完整的边缘特征,并且霍夫变换的总体计算时间和使用点集的大小成正相关,该算法采用最右边的有效点作为计算霍夫直线的点集替代采用整体图像边缘提取得到的点集,可以很大程度地减小霍夫变换使用的点集大小以提高计算效率。在得到边缘霍夫直线后,依次判断边缘点集与霍夫直线的距离,当距离小于阈值的时候当前点有效,当距离大于阈值后判断当前点和它相邻有效点之间的距离,小于阈值时有效,大于阈值时把当前点值修

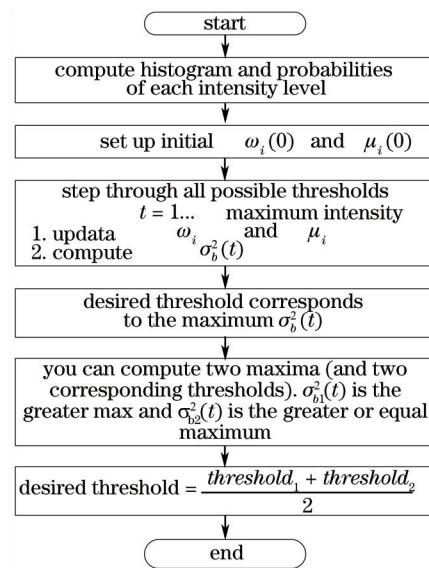


图2 自适应阈值处理流程图

Fig.2 Flowchart of adaptive thresholding method

正为相邻有效点的值,这样就得到了白边的边缘特征,算法流程如图3所示。

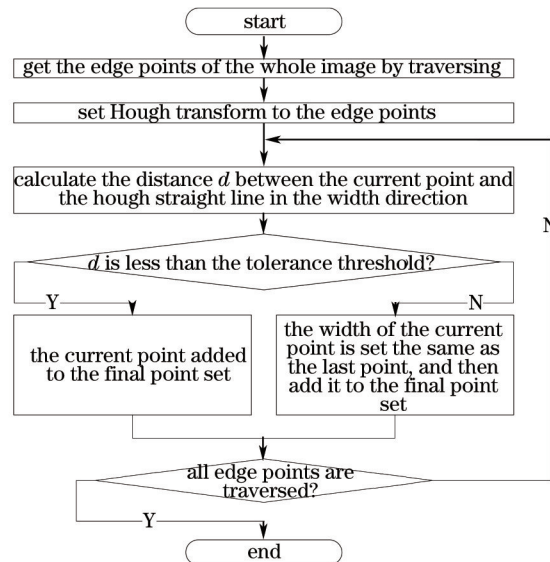


图3 霍夫变换边缘直线提取流程图

Fig.3 Flowchart of Hough transform edge line detect

图4(a)为经过算法处理后的效果。通过计算得到了白边的外边缘直线,如图4(b)所示。然后根据计算得到的白边边缘直线位置把白边去掉,由于同一批经编布的白边宽度是固定的,所以只需要把外边缘直线按照这个固定宽度进行偏移就可以了,去除白边后的效果如图4(c)所示。

2.3 腐蚀处理分离形状和清除小干扰

如图4(c)所示,整体图像剩下花边和一些干扰部分如小花纹和底布等,这些干扰部分和花边连接在一起会影响对花边的识别,在这里通过腐蚀处理来分离各部分形状和清除一些细小干扰。由于花边的形状是面向右侧,所以在腐蚀运算的时候要采用的腐蚀核的核矩形是 2×3 的矩形,腐蚀的锚点是第一列的中心。图4(d)为所得到的腐蚀运算的效果,图中可以看到花边部分和其他部分完全分离开了,整个图像只剩下一些离散的小轮廓和花边。

2.4 连通域识别小轮廓过滤

为了去掉图像里面剩下的离散小轮廓干扰,可以采用连通域识别的方法把图像里面的轮廓全部识别出来,然后再根据连通域的面积把面积小于阈值的连通域都删除掉。如图4(e)为处理后的效果。

2.5 膨胀还原花边

经过上面步骤的处理,由图4(e)可知,图像里只剩下所需要的花边,但是由于前面的腐蚀处理,使得花边的形貌发生了变化,整体变小了,所以必须使用相应对偶的膨胀处理还原花边,图4(f)为处理效果,通过以上算法处理可以得到原始图片里面的完整的花边形状。

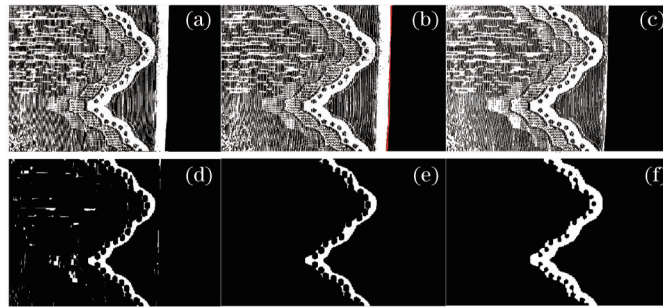


图4 算法处理效果。(a) 自适应阈值处理; (b) 霍夫变换直线特征识别; (c) 去掉白边; (d) 腐蚀处理; (e) 连通域识别; (f) 膨胀还原处理

Fig.4 Processing results of the algorithms. (a) Adaptive thresholding; (b) Hough transform line detect; (c) delete white edge; (d) erode process; (e) connect domain identify; (f) dilate restore process

3 实验

3.1 实验装置

为了测试本文算法的实际使用效果,在自主设计和开发的全自动视觉经编布花边切割系统上进行了实验,图5(a)为实际测试工作现场。平台采用电热丝进行切割,使用松下伺服电机和丝杆加滑轨作为切割模块的运动机构,整体布匹的送料机构和普通的卷料机类似,运动控制采用的自主开发的PCI运动控制板卡,测试软件为自主开发的CC1全自动经编切割控制软件,图5(b)为工作时候的软件界面。

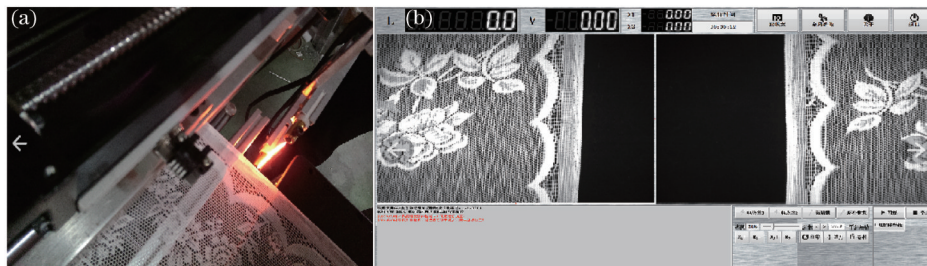


图5 实验现场。(a) 实验平台; (b) 加工软件界面

Fig.5 Experimental field. (a) Experimental platform; (b) processing software interface

3.2 加工效果

图6为实际的加工效果,可以看到切割后的经编布花纹轮廓和实际的花纹轮廓非常接近,花纹的尖角也可以准确切割到,而通过人工加工得到的产品是几乎不可能达到的,并且切割处的毛边和飞线很少,所以加工质量已经远远超过了手动切割的效果。

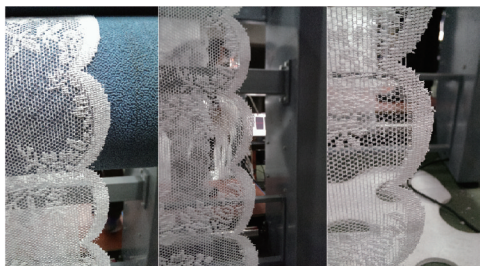


图6 实际加工效果

Fig.6 Actual processing effect

3.3 算法时间效率

为了检测算法的时间效率,进行算法时间效率测试,图7为整体处理的时间消耗曲线图,可以看到每次计

算的时间都小于 50 ms,非常稳定,能够满足系统对实时性的要求。加上后续轮廓平滑拟合插补和前面拍照所花费的时间,系统一个周期的时间可以控制在 100 ms 以内,所以整体实时运动切割系统可以达到 10 frame/s 的处理速度。

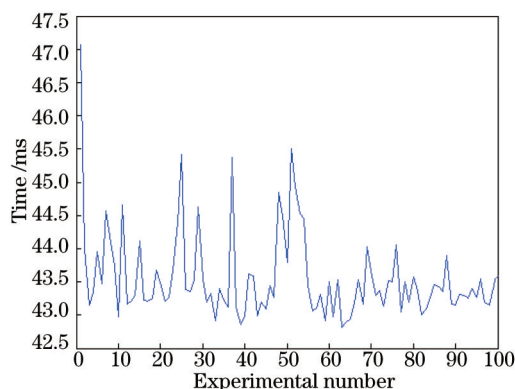


图7 算法时间效率曲线

Fig.7 Curve of method time efficiency

4 结 论

提出了一种能够识别经编布花纹轮廓的方法。该方法能够准确和快速的识别出经编布花纹的轮廓和位置,可以满足系统对加工实时性的要求,最终的经编布切割系统可以以 12 m/s 的速度对经编布进行双边切割,可以替代 14 个工人的劳动,并且加工质量远远超过工人手工切割的质量,也不会出现人工加工时由于长时间工作的疲劳引起的加工质量下降,保证了品质的稳定,能够极大地提高工厂的效率和产品质量,节省人力成本。

参 考 文 献

- Jiang Gaoming. Warp intelligent equipment is the trend[J]. Textile Apparel Weekly, 2014 (21): 94-95.
蒋高明. 经编装备智能化是大势所趋[J]. 纺织服装周刊, 2014, (21): 94-95.
- Zhang Dan, Jiang Gaoming, Cong Honglian. Automatic identification method of jacquard wrap knitted patterns with net [J]. Journal of Textile Research, 2010, (10): 45-49.
张 丹, 蒋高明, 丛洪莲. 带地网贾卡经编针织物花纹图案的自动识别[J]. 纺织学报, 2010, (10): 45-49.
- Sari- Sarraf H, Goddard Jr J S. Robust defect segmentation in woven fabrics[C]. Computer Vision and Pattern Recognition, Computer Society Conference on. IEEE, 1998: 938-944.
- Hong Xueting, Shi Xiaowei, Qian Yixian. Optical correlation recognition based on edge detection of wavelet transform [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2014, 51(4): 041004.
洪雪婷, 石晓卫, 钱义先. 基于小波边缘提取的目标光学相关识别[J]. 激光与光电子学进展, 2014, 51(4): 041004.
- Li W, Xue W, Cheng L. Intelligent detection of defects of yarn-dyed fabrics by energy-based local binary patterns[J]. Textile Research Journal, 2012, 82(19): 1960-1972.
- Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. Automatica, 1975, 11(285-296): 23-27.
- Wang Lin, Hu Cuiying, Pang Qichang, *et al.*. TCM spectral imaging detection based on self-adaptive region segmentation method[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2013, 50(12): 121002.
王 琳, 胡翠英, 庞其昌, 等. 基于自适应图像分割的中药光谱图像检测[J]. 激光与光电子学进展, 2013, 50(12): 121002.
- Dong Jing, Yang Xia, Yu Qifeng. Fast line segment detection based on edge connection[J]. Acta Optica Sinica, 2013, 33 (3): 0315003.
董 晶, 杨 夏, 于起峰. 基于边缘连接的快速直线段检测算法[J]. 光学学报, 2013, 33(3): 0315003.

栏目编辑: 苏 岑