

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.04.011

基于 Tamura 纹理特征的织物组织识别算法

梅 军, 张森林, 樊 臻

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘 要:针对目前织物组织的识别主要依赖人工而导致效率低下的问题,研究并设计了一种基于 Tamura 方向度纹理特征的织物组织识别算法。该算法通过将 Tamura 纹理特征中的方向度、形态学运算以及高斯模糊有机结合,成功生成经纬组织点分布图以实现织物组织识别。通过计算织物组织图的特amura 方向度特征值提取了纹理信息,利用纹理信息结合数字图像处理技术获得组织点分布。实验证明,针对具有较强纹理信息的织物组织,特别是经纬纱线颜色相近的织物,该算法能够很好地实现识别效果。

关 键 词:织物组织;Tamura 纹理特征;方向度;膨胀运算;连通域

中图分类号:TS111.8;TP274

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)04-0052-04

Recognition Algorithm of Fabric Based on Tamura Texture Features

MEI Jun, ZHANG Senlin, FAN Zhen

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Nowadays identification of fabric relies mainly on artificial, which leads to the problem of low efficiency. Recognition algorithm of woven fabric was studied and designed based on directionality of Tamura texture features. Through the combination of the directionality which belongs to six attributes of Tamura texture features, morphological expansion operation and method of connected domain area, the algorithm successfully generated distribution diagram of interlacing points. Texture information was extracted by calculating the feature value of Tamura directionality in the fabric structure chart. Distribution of interlacing points could be obtained by using the texture information combined with digital image processing technology. Experiments showed that this algorithm was able to achieve great recognition results in the fabric structure chart with strong texture information, especially the fabric structure chart with similar color of warp and weft yarn.

Keywords: fabric structure; Tamura texture feature; directionality; expansion algorithm; connected domain

目前纺织行业中,对织物组织的识别主要依赖人工,人工方法虽然保证了一定的识别准确性,但效率低下的缺点制约了现代纺织行业自动化的发展。数字图像处理技术近年来飞速发展并已应用于织物组织的分析与识别,大大地提高了分析识别的效率,对于提升纺织产业的生产自动化程度具有重要意义^[1]。

国内外学者就尝试利用数字图像处理技术来完成织物组织的分析与识别,获得了较好的研究成果。Huang 等利用织物组织的灰度图像,通过经纬纱线灰度投影曲线中的最大值与最小值,对经线和纬线进行

分割,从而分析确定经纬纱线组织点的位置分布^[2]。孙佳理通过 K-means 聚类算法利用索引图的形式标记出不同的组织点^{[3]41}。但上述方法对于经纬纱线颜色差异较大的织物组织效果良好,对经纬纱线颜色相近的织物,由于没有利用纱线的纹理信息,所以识别效果不佳。针对具有较强纱线纹理的织物图像,特别是经纬纱线颜色相近的织物,本文算法充分利用了纱线的 Tamura 方向度纹理特征,结合数字图像处理操作,有很好的识别效果。

收稿日期:2016-11-21;修回日期:2017-04-20

基金项目:浙江省科技计划项目(2015C31089)。

第一作者简介:梅军(1992),男,湖北黄冈人,硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理技术。E-mail:mjautoman@163.com

1 算法流程

本文算法目的是获得织物经纬组织点分布图,亦即实现经纬组织点的分类和识别。算法基于 Tamura 方向度纹理特征,经过一系列循环处理直到得到合理结果。算法流程图如图 1 所示。

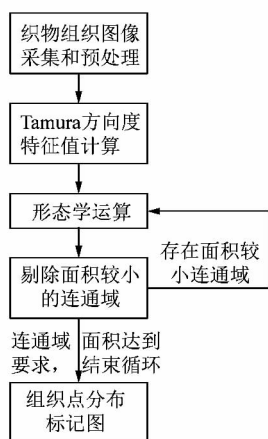


图 1 算法流程图

Figure 1 Flow diagram of algorithm

1.1 图像预处理

针对实际织物样本经 CCD 彩色摄像机拍摄后获取如图 2 所示原织物组织图。对原织物组织图采用直方图均衡化处理以增强纹理特征,预处理后图像将循环进行形态学运算和剔除面积较小连通域操作,直至达到预设标准。

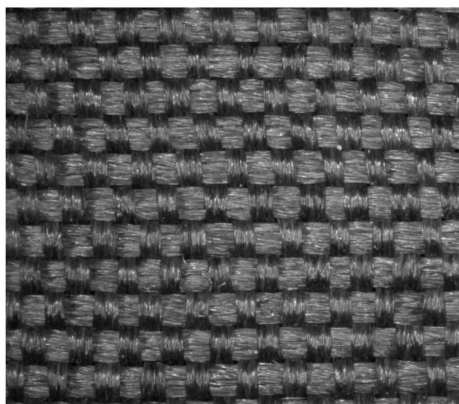


图 2 原织物组织图

Figure 2 Original fabric structure chart

1.2 Tamura 方向度纹理特征

1978 年基于人类对纹理的视觉感知心理学研究, Tamura 提出了 Tamura 纹理特征^[4]。Tamura 纹理特征的 6 个分量与心理学上纹理特征的 6 种属性一一对应,依次是粗糙度、对比度、方向度、线性度、规整度和粗略度。其中粗糙度、对比度、方向度 3 个分量在纹理

合成、图像识别等方面具有很好的应用价值^[5]。而文中所采用的方向度是 6 个纹理特征分量中的重要特征,图像具有较强纹理信息且同时也具有较明显的方向性。由于织物组织中经纬纱线往往由很多根细小丝线并列成束而成,纱线中形成较为明显的直线纹理。鉴于此,笔者提出的基于 Tamura 纹理特征的织物组织识别算法,是利用组织图像中经组织点或者纬组织点中在相应方向上具有较高方向度。

对于每个像素,依此计算它的梯度向量,对应的模和方向的计算如公式(1)所示:

$$\left. \begin{aligned} |\Delta G| &= (|\Delta H| + |\Delta V|)/2; \\ \theta &= \tan^{-1}(|\Delta V|/|\Delta H|) + \pi/2. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中: ΔG 为向量模, θ 为向量方向, ΔH 和 ΔV 分别由图像矩阵与下列 2 个 3×3 算子做卷积运算得到。其中 ΔH 是像素点的梯度向量在水平方向的变化量,而 ΔV 是像素点的梯度向量在垂直方向上的变化量。2 个算子分别为:

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}.$$

计算预处理后的织物组织图中每个像素点的梯度向量方向 θ 的值,归一化处理后得到如图 3 所示织物组织 Tamura 方向度特征值图,由于经组织点所在区域有较为密集的纵向纱线纹理,因此表现为特征值图中的黑点密集区域,同理,纬组织点所在区域表现为特征值图中黑点稀疏区域。因此根据图 3 可知,黑点密集区域为经组织点,黑点稀疏区域为纬组织点。

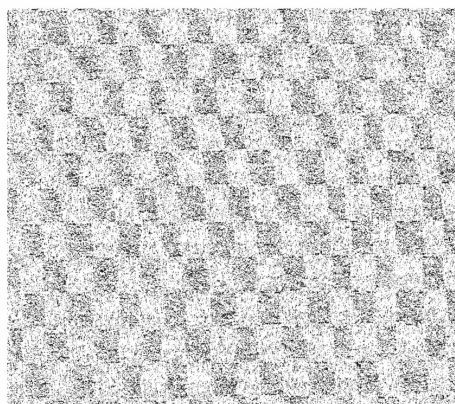


图 3 织物组织方向度特征值图

Figure 3 Directionality diagram of fabric

1.3 形态学运算

形态学运算包含4种运算,分别是腐蚀、膨胀、开运算和闭运算。膨胀是将与连通域接触的所有背景点合并到该连通域中,使连通域的边界向外扩张的过程。可以用来填补连通域中的空洞。而腐蚀的过程是消除边界点并使连通域边界向内部收缩,常用于来消除小而无意义的连通域。

计算得到如图3所示的织物组织方向度特征值图后,再将图像进行二值化处理得到相应二值图像便于形态学运算。假定二值图像中黑色连通域为有效连通域,即所有形态学操作是对二值图中值为0的像素点进行而不对值为1的像素点操作。因此需先对二值图像进行膨胀运算,来扩大黑色连通域面积实现合并周围连通域,再进行腐蚀运算使得各个连通域边界光滑且接近于矩形。

1.4 剔除面积较小连通域

如图4和图5所示分别为形态学运算和剔除面积较小连通域操作的第1轮循环操作得到的二值图和第2轮循环操作得到的二值图,可见黑色连通域不断合并,面积不断扩大且边界接近矩形。

二值图像中连通域形象说是没有“洞”的区域。形态学运算后得到的二值图像中存在较多面积较小的连通域,这些连通域如果不剔除,在后续的多次形态学运算中将不断扩大面积,将严重干扰算法识别准确度。为了针对性地解决这一问题,需计算所有连通域面积,得到连通域面积均方差。对图2中组织样本图像,以3倍均方差作为面积阈值,当面积平均值减去当前连通域面积所得差值大于3倍均方差即可剔除,亦即将该连通域所在区域全部赋值为1,使之变为白色区域。如图4和图5所示对比发现,经过剔除面积较小的连通域操作后,经纬组织点分布区域变得更为干净清晰。

1.5 生成组织点分布标记图

经过几轮形态学运算操作和剔除较小面积的连通域操作,直至不存在这样小于阈值面积的连通域,算法跳出循环生成最终的二值图像即为组织点分布标记图。如图6所示组织点分布标记图,白色区域为纬组织点分布区域,黑色区域为经组织点分布区域,由此完成织物组织的基本识别工作,该分布标记图可用于织物组织仿真模拟^[6]或者进一步得到对应组织意匠图等。

2 实验对比

图7所示为采用孙佳理^{[3]42}提出K-means算法对织物组织图像进行分类且以图像RGB值作为聚类特征值得到的组织分布标记图。对照如图2所示原织物

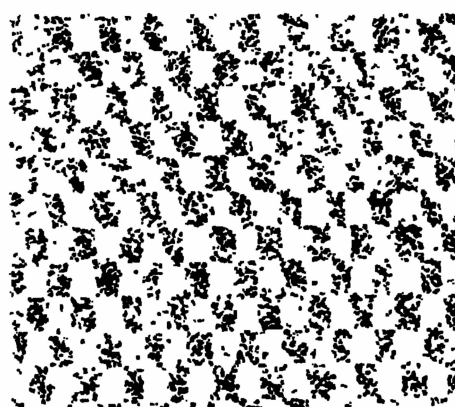


图4 第1轮操作后的二值图像

Figure 4 Binary images after first round of operation

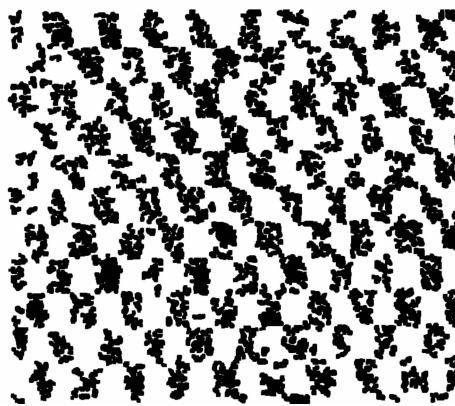


图5 第2轮操作后的二值图像

Figure 5 Binary images after second round of operation

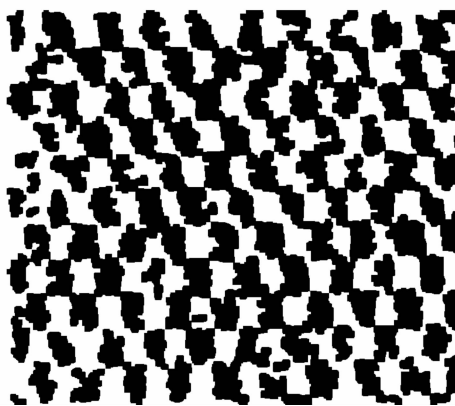


图6 组织点分布标记图

Figure 6 Distribution diagram of interlacing points

组织图,显然由于经纬纱线同色以及光照引起的组织点中心区域灰度值较高,K-means算法实现的分类效果非常不好,而此时本文算法对于此类经纬纱线同色的组织图则有良好的分类效果。

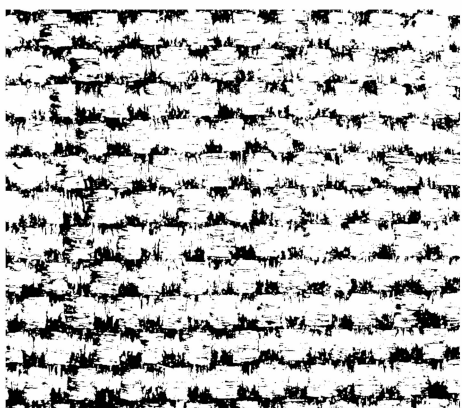


图7 K-means 方法得到的组织点分布标记图

Figure 7 Distribution diagram of interlacing points by K-means algorithm

3 结 语

笔者针对具有较强纱线纹理的织物图像,特别是经纬纱线颜色相近的织物提出了一种使用 Tamura 纹理特征的织物组织识别算法,通过提取 Tamura 纹理方向度特征,再利用形态学运算和连通域操作等数字图

(上接第 51 页)

胶液回吸,避免胶液在针头处形成流挂。动作 6 为针头退回到安全高度。打点过程类似,不同之处是打点时针头不动。

根据上述点胶过程,设计了打点、画线功能模块,在用户点胶程序中以固定循环指令形式调用。固定循环指令的参数包括安全高度、点胶高度、点或线的坐标、点胶量等参数。执行固定循环指令时,应注意正确处理连续画线情况下的动作转接。例如,若第 n 段和第 $n+1$ 段连续画线,当第 n 段的动作 4 结束时,应转至第 $n+1$ 段的动作 4。为此,在点胶程序预处理阶段,应对点胶控制流程进行规划。

4 结 语

在自动点胶应用中,为获得较高的流量精度,应尽量使蠕动泵恒速运行,通过控制泵头角位移、针头运动速度实现定量点胶。进一步,根据定量点胶过程中针头、蠕动泵的运动规律,提出通过运动控制实现自动点胶的控制策略,采用插补实现针头、泵头的协调运动控制。在此基础上,研究设计了基于运动控制器的数控点胶系统,实现了蠕动式自动点胶控制。

课题组提出的自动点胶控制策略实现了自动点胶动作的精确控制,有利于提高点胶精度,开发的系统具有良好的开放性,模块化程度高,为蠕动式点胶机的设

计提供了一种新方案。像处理技术,最终生成经纬组织点分布标记图。实验证明,该算法能很好地解决经纬纱线颜色相近的织物组织识别问题。另外注意本算法要求织物图像纱线具有较强纱线纹理,因此对图像采集的摄像机分辨率有一定的要求。后续算法应改进特征量的选取,综合考虑多个特征,以提高算法识别的准确率,更好地适应各种织物组织。

参考文献:

- [1] 张瑞,辛斌杰. 基于图像处理技术的织物组织识别研究现状[J]. 棉纺织技术,2015,43(11):80-84.
- [2] HUANG Changchun, LIU Sunchong, YU Wenhong. Woven fabric analysis by image processing: part 1 identification of weave patterns [J]. Textile research journal, 2000, 70(6): 481-485.
- [3] 孙佳理. 织物组织自动识别关键技术研究[D]. 杭州:浙江大学, 2015:41-42.
- [4] 王晨,池建斌,冯桂珍. 一种判定点和多边形包含关系的有效方法[J]. 计算机应用与软件, 2005, 22(4): 110-112.
- [5] 徐琪. 一种新的纹理描述方法及其应用[D]. 上海:复旦大学, 2011:54-54.
- [6] 孙佳理. 基于数字图像处理的纺织物辅助设计模拟系统开发[J]. 轻工机械, 2015, 33(4): 57-59.

计提供了一种新方案。

参考文献:

- [1] 刘显军. 蠕动泵的结构原理及其应用[J]. 流体机械, 1998(12): 38-40.
- [2] 孙道恒,高俊川,杜江,等. 微电子封装点胶技术的研究进展[J]. 中国机械工程, 2011, 22(20): 2512-2519.
- [3] 赵翼翔,陈新度,陈新. 微电子封装中的流体点胶技术综述[J]. 液压与气动, 2006(2): 52-54.
- [4] 李健,任工昌,王勃群. 基于 GT 运动控制器的蠕动式点胶机的设计[J]. 机床与液压, 2009, 37(8): 11-13.
- [5] 张铁虎,詹民氏,代欣,等. 蠕动式点胶机的精确点胶研究[J]. 轻工机械, 2016, 34(3): 18-22.
- [6] 任工昌,李健. 基于 AT89C51 的蠕动式点胶机控制系统设计[J]. 微电机, 2009, 42(3): 85-88.
- [7] 王永飞. 自动化蠕动式点胶机的设计与实现[D]. 西安:陕西科技大学, 2013:8-10.
- [8] 王道臣,陈志军,韩玉明,等. 蠕动泵流量的理论计算与试验验证[J]. 化工自动化及仪表, 2015, 42(2): 186-187.
- [9] 张万成. 蠕动泵及其应用[J]. 化工自动化及仪表, 1986(6): 69-71.
- [10] 付云忠,富宏亚,路华,等. 多轴联动线性插补及其速度的理解[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001(8): 42-43.
- [11] 肖艳军,陈宏,王旭,等. 锌空燃料电池极片生产线多轴控制系统的研究[J]. 机械设计与制造, 2013(9): 175-177.
- [12] 范晋伟,谭福涛,王志远. 运动控制器内壁缺陷图像采集系统设计[J]. 机械设计与制造, 2014(5): 131-133.