

基于最优形态学滤波的面料缝纫加工检测

钱素琴

(东华大学信息科学与技术学院, 上海 200051)

摘要 为了对服装加工质量进行自动检测,提出了一种对针织面料缝纫加工的疵点进行自动检验的方法。该方法首先基于遗传算法进行结构元素的寻优,然后通过图像的数学形态学滤波处理来消除面料组织的正常纹理对图像分割的干扰;最后利用灰度阈值实现图像分割来得到表现缝线和加工疵点特征的二值图像。实验结果表明,该方法是有效的。

关键词 缝纫加工检测 遗传算法 形态学滤波 图像分割

中图分类号: TP391.41 TS101.970.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)10-1902-04

Fabric Stitching Manufacture Defects Recognition Using Morphological Optimal Filtering Technology

Qian Su-qin

(Department of Institute of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai 200051)

Abstract In order to automatically detect garment manufacture defects, this paper researches on knitted fabric stitching manufacture inspection. A method based on Genetic Algorithms (GA) to search the optimal structuring element is presented. Morphological filtering technology processing with the optimal structuring element is used to prevent the normal fabric structure from disturbing image segmentation. A binary image representing the property of seams or manufacture defects is obtained using gray thresholding segmentation. According to the experimental results, the method is effective.

Keywords stitching manufacture inspection, GA, morphological filtering, image segmentation

1 引言

质量检验是服装面料加工中一个重要的环节,然而进行疵点检验常常依赖于人工,由于人工检验在疵点检测的精确度、一致性和有效性方面有很大的缺陷,因此,自动检验系统成为改进生产工艺,提高检测速度的基本方法。目前国内外开展的研究主要集中在纺织品面料表面疵点的自动检测中,但在面料加工工艺疵点的自动检测方面尚未见相关研究^[1,2]。

缝纫工艺作为面料加工中的重要工序之一,经常出现面料扭曲、褶皱、受力不均起伏等加工疵点问

题,特别在针织面料缝纫加工过程中,上述问题十分严重。

本文针对单罗纹针织面料的缝纫加工疵点进行了自动检测研究。在通过遗传算法(GA)寻优得到符合面料纹理特征的最优结构元素的基础上,还对图像进行了形态学滤波处理,以消除面料纹理对缝线和疵点区域的干扰;最后利用图像分割阈值对图像进行分割,即可得到表现缝线和加工疵点特征的黑白图像。实验结果证明,此方法是有效的。

2 形态学滤波处理

由于针织面料的纹理特征明显,而且纹理结构

单元的明暗对比度高,因此对图像中的缝线和疵点区域进行分割时,面料本身正常的纹理会对分割造成干扰。而基于形态学构造的滤波器则可以实现面料正常纹理的过滤。

2.1 数学形态学运算

数学形态学运算的基础是膨胀(式(1))和腐蚀(式(2)),膨胀具有扩大图像的作用,腐蚀具有收缩图像的作用^[3]。

$$\mathbf{A} \oplus \mathbf{B} = \{\mathbf{Z} | [(\hat{\mathbf{B}})_z \cap \mathbf{A}] \subseteq \mathbf{A}\} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} \ominus \mathbf{B} = \{\mathbf{Z} | (\mathbf{B})_z \subseteq \mathbf{A}\} \quad (2)$$

其中, \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 是2维整数空间 \mathbf{Z}^2 的集合, \mathbf{A} 为图像, \mathbf{B} 为结构元素。

由于利用膨胀和腐蚀运算组合来进行形态学开运算滤波(式(3)),不仅可以删除不包含结构元素的对象区域,而且可以平滑对象轮廓和去掉细小的突出部分。

$$\mathbf{A} \circ \mathbf{B} = (\mathbf{A} \ominus \mathbf{B}) \oplus \mathbf{B} \quad (3)$$

因此可以利用开运算滤波来实现对针织面料的正常纹理的过滤。该方法实现的关键是寻找符合面料纹理单元结构特征的结构元素。结构元素的设计包括结构元素的大小和形状两方面。

2.2 结构元素的大小

要使结构元素符合针织面料纹理单元的特征,则结构元素的大小可取针织面料纹理单元的大小。

1995年,Zhang等人在对纺织品面料的疵点进行检测和分类中,利用了自相关函数来计算织物经纬向重复单元的长度,作为检测窗口的大小^[4]。由于单罗纹结构的针织面料组织在水平和垂直方向具有重复性,因此可以利用自相关函数来获取纹理单元尺寸。图像自相关性运算的公式如下:

$$\begin{aligned} f(x, y) \bullet f(x, y) \\ = \sum_{\Delta x=1}^M \sum_{\Delta y=1}^N f(\Delta x, \Delta y) f(x + \Delta x, y + \Delta y) \\ (x = 1, 2, \dots, M; y = 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (4)$$

其中, $f(x, y)$ 是图像函数, $\Delta x, \Delta y$ 为相对偏移量,符号 \bullet 表示相关运算。

检测自相关函数在水平方向和垂直方向输出的第1个极大值位置,就可以得到纹理重复单元的大小。对于本例中的测试样本图像来说通过计算得到的纹理单元大小 5×5 即为结构元素

的大小。

2.3 结构元素的形状

结构元素的形状设计的原则是,对图像进行形态学滤波处理后的图像中的正常纹理的输出响应应该达到最小,而暗缝线和疵点部分的纹理则几乎不受影响^[5]。这是一个寻求最优解的过程。遗传算法在求解复杂优化问题上的优势,使其在图像处理中得到广泛的应用^[6]。本文采用GA来实现结构元素的寻优问题。

2.3.1 适应度函数设计

GA适应度函数的选取必须满足以下条件:(1)与图像每个像素灰度值呈正比关系;(2)与图像中非零像素数量呈正比关系;(3)函数尽量简单。考虑到图像采集时,受环境光的影响,致使图像区域间有灰度差异,因此需要通过图像区域划分来计算区域适应度函数。寻优的目标是:滤波处理后的各区域适应度函数的最大值,在寻优评价中最小,由此即可得到最优结构元素的解,以实现滤波效果最优。适应度函数为

$$f(s_j) = \max_{\mathbf{A} \in \Omega} \left\{ \sum_{i \in \mathbf{A}} [g(i)]^2 \right\} \quad (5)$$

其中, Ω 为图像划分后形成的区域集, $g(i)$ 为对第*i*个像素采用某结构元素进行形态学滤波处理后的输出, s_j 为第*j*个结构元素, $f(s_j)$ 为适应度函数,即图像的区域响应最大值。

2.3.2 结构元素形状的优化

本文优化问题可用 $f_I(s_j) \rightarrow \min$ 表示,其中下标 I 表示正常纹理图像。为简化寻优过程,可设定结构元素中非零元素的个数为9。结构元素 s_j 以矩阵形式表示,大小为 5×5 , $a_{i,j}$ 为矩阵元素,其中 $i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, 5$,这里 $a_{i,j}$ 为逻辑变量,取值为0或1。不同位置的 $a_{i,j}$ 取为1,构成了不同形状的结构元素。

在GA算法中,每一个结构元素对应一个染色体, s_j 矩阵元素以行行相接的方式形成一个25bits长的编码串,表示如下:

$$\mathbf{X}_j: a_{11} a_{12} \dots a_{15} a_{21} a_{22} \dots a_{55} \quad (6)$$

GA算法包括以下步骤:①选择繁衍子代的父代染色体;②进行交叉生成子代;③对产生的子代进行变异处理,以符合遗传机制;④对变异处理后的结果进行适应度判断,如未符合条件则继续进行遗传繁殖,否则结束循环。本文先分别采用轮盘赌和适应度比例方法来得到用于繁衍

子代的父代染色体;然后用统一交叉法,基于随机产生的交叉蒙板来从父代产生子代;最后通过把交叉生成的染色体中的随机概率低于变异概率的某些基因值取反,即可实现遗传过程的变异。

2.4 最优解及滤波效果

利用上述方法寻到的最佳结构元素 s_{opt} 如下:

$$s_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

寻优时不同迭代次数下的最佳适应度函数见

图 1。

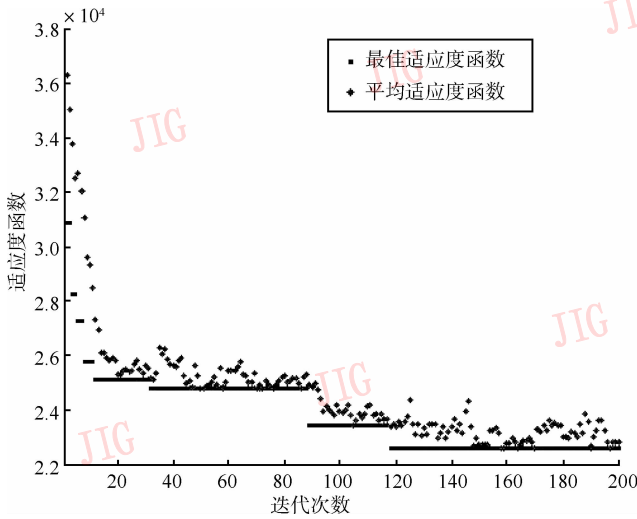


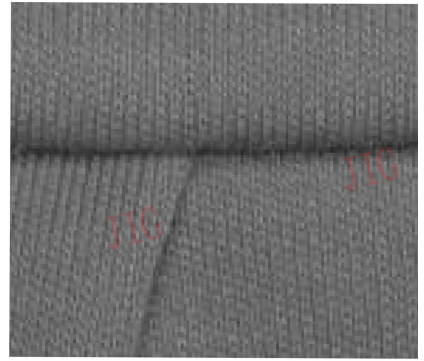
图 1 最佳适应度函数

Fig. 1 Optimal fitness value function

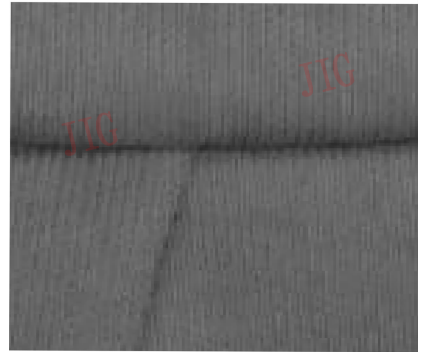
以褶皱形加工疵点图像为例,其最优形态学滤波处理结果见图 2。从原图和处理后的图像的比较来看,原图单罗纹针织面料的纹理在滤波处理后被明显减弱,但暗缝线和疵点纹理却变化不大。

3 图像分割

通过形态学滤波处理后的图像,已在很大程度上消除了针织面料组织纹理对检测的干扰,由此再进行灰度阈值处理,就可以方便地实现图像分割,以得到表现缝线和加工疵点特征的二值图像。阈值的取值依赖于图像的两个灰度统计值,即灰度平均值 \bar{f}



(a) 暗缝线及褶皱加工疵点原图



(b) 形态学处理后的图像

图 2 最优形态学处理示例

Fig. 2 Example of the optimal filtering

和标准平方差 σ 的计算,即

$$\bar{f} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j) \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f(i, j) - \bar{f})^2}{M \times N}} \quad (8)$$

其中, $f(i, j)$ 为待处理图像, $M \times N$ 为图像大小。

利用上述两个参数即可计算图像分割的灰度阈值

$$T = \bar{f} + c \times \sigma \quad (9)$$

其中,常量 c 的取值可针对所处理的不同类型面料的图像做相应的调整。

图 3 为 3 种类型针织面料图像的原图及分割处理后对应的二值图像。

4 结 论

尽管在纺织服装生产领域中,人们已对缝纫加工工艺进行了大量的研究工作,但缝制工艺的疵点问题仍经常在质量检验中被发现,如针织面料缝纫加工中经常出现的面料褶皱、起伏扭曲等

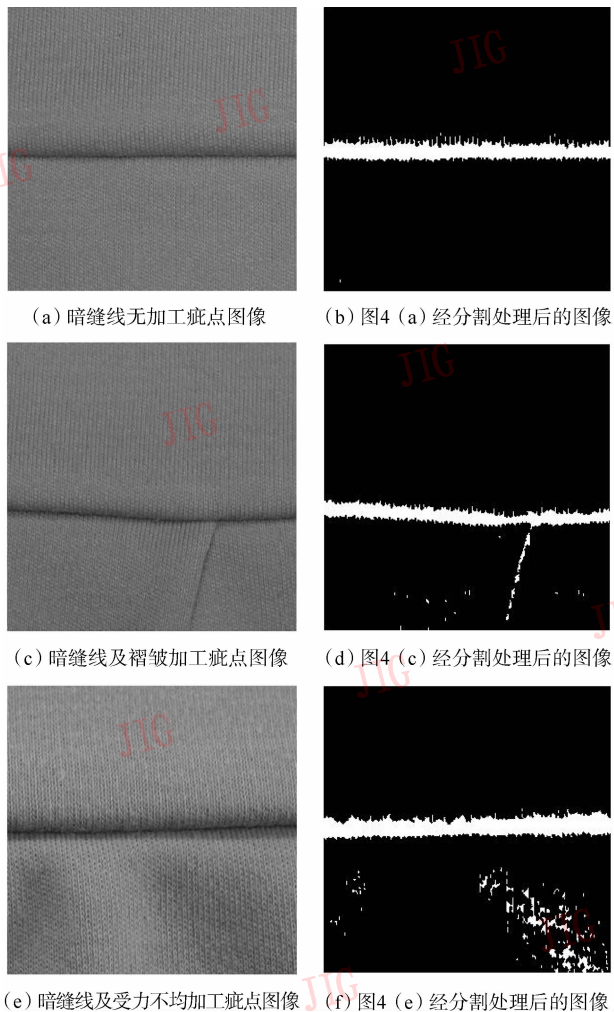


图 3 3 种类型针织面料图像及分割处理结果

Fig.3 Three classes of knitted fabric images and results by segmentation processing

加工疵点。因此获取表现缝线及加工疵点区域的二值图像是疵点自动识别的关键。由于针织面料的正常织物纹理具有灰度变化大的特点,而采用传统的图像分割技术时,又无法有效地分割出缝线和疵点区域,因此需要对面料的正常织物纹理进行过滤。

本文采用形态学滤波技术对面料图像进行纹理过滤,即先利用自相关函数获取针织面料纹理单元的尺寸作为结构元素的大小;然后通过遗传算法进行寻优来得到符合罗纹针织面料结构特征的结构元素形状,再由此获得最优的结构元素;在此基础上,再采用形态学开运算滤波技术过滤织物的正常纹理,以削弱织物纹理对图像分割的干扰;最后对滤波后的图像,利用灰度阈值法进行分割来得到表现缝线和加工疵点区域的二值图像。该方法在 3 种类型的缝线加工样本上进行的测试实验结果证明,其是可行的。

参考文献 (References)

- 1 Chen P W, Liang T C, Yau H F, *et al.* Classifying textile faults with a back-propagation neural network using power spectra [J]. *Textile Research Journal*, 1998, **68**(2): 121 ~ 126.
- 2 Bu Hong-gang, Huang Xiu-bao. Recent progress of computer-vision-based fabric defects detection [J]. *Journal of Donghua University*, 2006, **32**(3): 128 ~ 133. [步红刚, 黄秀宝. 基于计算机视觉的织物疵点检测的近期进展[J]. 东华大学学报, 2006, **32**(3): 128 ~ 133.]
- 3 Gonzalez Rafael C. *Digital Image Processing (Second Edition)* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007:420 ~ 453. [冈萨雷斯. 数字图像处理(第二版)[M]. 北京:电子工业出版社, 2007:420 ~ 453.]
- 4 Zhang Y F, Breese R R. Fabric defect detection and classification using image analysis [J]. *Textile Research Journal*, 1995, **65**(1): 1 ~ 9.
- 5 Kumar Ajay. Inspection of surface defects using optimal FIR filters [A]. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*[C], Hong Kong, China, 2003, **2**: 241 ~ 244.
- 6 Tian Ying, Yuan Wei-qi. Application of the genetic algorithm in image processing [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2007, **12**(3): 389 ~ 396. [田莹, 苑玮琦. 遗传算法在图像处理中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2007, **12**(3): 389 ~ 396.]