

基于相对总差和水平集的织物毛球分割*

赵喜林

(浙江工贸职业技术学院, 浙江 温州 325003)

摘要: 针对传统的基于灰度阈值分割方法分割织物图像毛球区域精度低、难以分割完整的毛球区域等问题, 提出了一种基于相对总差和水平集的织物毛球分割算法。该方法首先利用相对总差的结构提取算法来去除织物表面的纹理, 完成对毛球的粗分割, 再利用水平集分割算法对粗分割图像进行精分割, 最后利用形态学的方法对精分割结果中的候选毛球区域进行筛选和融合, 得到最终的毛球区域。结果表明, 该方法与传统方法相比能够提高对织物图像毛球区域分割的精度, 具有一定的实用性。

关键词: 毛球分割; 相对总变差模型; 水平集

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105(2017)03-0049-04

Fabric Pilling Segmentation Based on Relative Total Variation and Level Set

ZHAO Xi-lin

(Zhejiang Industry & Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

Abstract: The methods based on transform domain for texture removing have a certain regularity requirements and the methods based on gray value threshold can hardly segment the fabric pilling regions. To solve these two problems, this paper proposes a fabric pilling segmentation algorithm based on relative total variation and level set. This method first uses the structure extraction algorithm based on relative total variation to remove the textures of the fabric and then completes the coarse segmentation for pilling. Secondly, the method use the level set segmentation algorithm to segment the coarse segmentation result and gains the fine segmentation result. Finally, the method uses morphology method to filter and fusion the candidate pilling regions in the fine segmentation and then gains the ultimate pilling regions. The experimental results show that the method can accurately segment the fabric pilling areas with a certain practicality.

Keywords: pilling segmentation; relative total variation model; level set

1 问题提出

基于图像处理技术的客观评价织物起球程度的方法是目前较为流行和实用的一类方法。这些方法可以归纳为: 基于物理的方法^[1-3]和基于变换域的方法^[4-7]。基于物理的方法受环境的影响很大, 精确度不高。基于变换域的方法不容易受光照和纹理结构等外部环境因素的影响, 能够获得较高的检测结果, 但是该类方法对纹理的规则性或对称性有一定的要求。在对纹理结构进行剔除后的关键一步就是如何精确地对毛球进行分割。常用的分割算法大多

都是基于阈值的分割, 比如基于积分图和粒子群优化的二维 OSTU 分割^[8]。但是织物表面的毛球没有规则的图形, 也没有规律的分布, 并且织物表面的毛球与周围的织物材料一致, 这样导致毛球与织物表面的灰度值过于相似, 因此, 在对毛球进行分割时, 这些基于阈值分割的方法可能得不到满意的结果。

为了解决上述问题, 本文结合相对总差的纹理结构提取算法和鲁棒快速的水平集分割算法, 提出了基于相对总差和水平集的毛球分割方法。该方法分为: 首先, 利用相对总差的方法来剔除织物的纹

收稿日期: 2017-10-28

基金项目: 温州市公益性科技计划项目(S20150024), 温州市公益性科技计划项目(G20150018)

作者简介: 赵喜林, 男, 浙江工贸职业技术学院高级工程师, 研究方向: 计算机应用、金融设备。

理结构,并利用局部均值和方差对结果做进一步的增强,得到织物毛球的粗分割结果;其次在模糊C均值聚类的基础上,构造水平集方程,并利用格子波尔兹曼方法对该水平集方程进行数值求解,得到精分割区域;接着利用形态学的方法剔除那些明显不是毛球的小区域,以及融合那些相隔非常接近的区域;最后对检测得到的毛球区域进行平移修正,得到最终的毛球区域。实验结果显示,该方法能有效地对织物表面的毛球进行分割,对不同等级布料的分割结果又明显的差异,可以用于织物毛球的客观评价,具有一定的实用性。

2 基于相对总差的织物毛球粗分割

传统的毛球分割利用织物表面的具有周期特性的纹理结构的特性将织物图像变换到频域后进行纹理的剔除,并获得了较好的效果。但是该方法对于不具有周期性的纹理结构不能取得较好的分割结果。Xu等^[9]提出了一种基于总变差形式的新模型,称为相对总变差模型。该模型不需要纹理具有特定的规则或对称性就可以有效的分解图像中的结构信息和纹理。利用相对总变差模型进行织物纹理剔除的过程如下所述:

- 1) 输入图像 I , 并设置尺度参数 δ , 强度参数 λ , 初始化参数 $t=0; S^0 \leftarrow I$;
 - 2) 迭代计算4个中间变量, 并带入线性方程求解;
 - 3) 迭代结束得到输出结果 S
 - 4) 对输出结果进行对数拉伸:
- $$S(x,y) = \log(1 + S(x,y)) \quad (1)$$

3 水平集的精分割

传统的对水平集方程进行求解的方法是采用C-V模型,但是该方法对初始轮廓比较敏感,计算耗时较长。为此本文提出一种基于模糊聚类和格子波尔兹曼方法(Lattice Boltzmann Method,LBM)的水平集分割算法来完成对毛球的精分割。

3.1 格子波尔兹曼方法

格子波尔兹曼模型是用于波尔兹曼粒子动力学分析的数值工具,也可用于对偏微分方程的数值求解。一种典型的LBM模型架构(D2Q5)如图1所示,其演化方程如下:

$$f_i(\vec{r} + \vec{e}_i, t+1) = f_i(\vec{r}, t) + \frac{1}{\tau} [f_i^{eq}(\vec{r}, t) - f_i(\vec{r}, t)] \quad (2)$$

$$\rho = \sum_i f_i \quad (3)$$

式中: $\vec{r}$ 为颗粒的位置; t 为时间; $\vec{e}_i$ 为速度; ρ 为当前颗粒位置的流体密度; τ 为弛豫时间; γ 为给定的扩散系数; $f_i(\vec{r}, t)$ 为颗粒分布; $f_i^{eq}(\vec{r}, t)$ 为粒子的均衡分布。

在LBM中可以加入适当的外力来控制流体的行

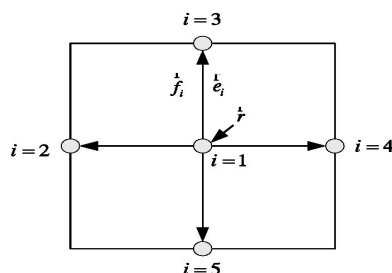


图1 D2Q5模型空间结构

为,外力加入后,流体的分布变为

$$f_i \leftarrow f_i + \frac{2\tau-1}{2\tau} B_i(\vec{F} \cdot \vec{e}_i) \quad (4)$$

式中: $\vec{F}$ 为外力; B_i 为依据晶格的几何结构给定的常数。

3.2 模糊均值聚类的水平集方程

利用模糊C均值构造的水平集方程,并给出了求解该水平集方程的3个必要方程:

$$U_k^* = \frac{1}{\sum_{l=1}^2 \left(\frac{\|Y(x,y) - B(x,y) - v_l\|}{\|Y(x,y) - B(x,y) - v_k\|} \right)^{\frac{2}{p-1}}} \quad (5)$$

$$v_k^* = \frac{\int_{\Omega} U_k^p(x,y) (Y(x,y) - B(x,y)) dx dy}{\int_{\Omega} U_k^p(x,y) dx dy} \quad (6)$$

$$B^*(x,y) = Y(x,y) - \frac{\sum_{k=1}^c U_k^p(x,y) v_k}{\sum_{k=1}^c U_k^p(x,y)} \quad (7)$$

式(7)的右边的前两项实际就是外力 F , 即

$$F = U_1^p(x,y) \|Y(x,y) - B(x,y) - v_1\|^2 - U_2^p(x,y) \|Y(x,y) - B(x,y) - v_2\|^2 \quad (8)$$

3.3 水平集的织物毛球精分割

基于水平集的分割步骤如下:

1) 以图像中心为原点,图像高度的约六分之一为半径,初始化一条闭合的曲线,曲线外的灰度均值 $v_1=0$,曲线内的灰度均值 $v_2=1$,距离函数为 ϕ ,偏移矩阵 $B=0$,模糊系数 $p=2$;

2) 利用公式(5)分别计算 U_1^p 和 U_2^p ;

3) 利用公式(6)更新 v_1 和 v_2 的值;

4) 利用公式(7)更新偏移矩阵 B 的值;

- 5) 利用公式(8)计算外力 F ;
- 6) 利用公式(2)计算碰撞后的颗粒分布, 并利用公式(4)得到外力作用后的颗粒分布;
- 7) 利用公式(3)计算当前颗粒位置的流体密度;
- 8) 根据各个位置的流体密度大小确定目标的轮廓, 完成对目标的分割。

4 区域筛选和修正

精分割得到的记过会包含很多不是毛球的小区域, 为了剔除这些小区域, 采用形态学中的膨胀和腐蚀运算来去掉图像上那些细小的非毛球区域。

A 被 B 膨胀, 记为

$$A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (9)$$

A 被 B 腐蚀, 记为

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c = \emptyset\} \quad (10)$$

剔除小区域的过程简述为先腐蚀后再膨胀, 公式表达如下:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (11)$$

由于光照的影响, 毛球会产生一定的阴影, 这样导致检测得到的毛球区域与实际毛球区域会存在一定的偏差, 通过设置一定的偏移值, 即将检测区域分别沿 x 轴和 y 轴平移一定的距离, 并剔除边界的一些误检区域, 可以得到真实的毛球区域。

5 实验结果

为了验证该分割方法的准确性, 在 Pentium 3.2 GHz, 内存 16 GB 的 PC 上利用 MATLAB-R2014a 软件进行实验。测试图片分别为对应织物表面起球程度不同的图片, 图片大小均为 500×500 , 如图 2 所示。

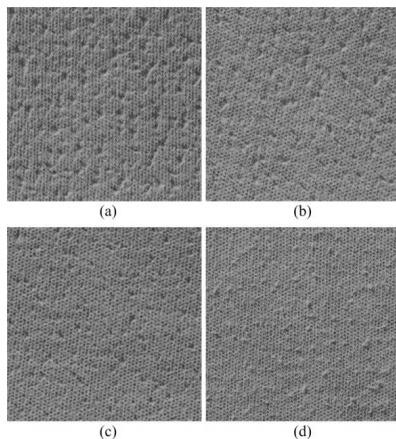


图2 实验图片

图 3(a)是对图 2(a)采用相对总变差模型进行纹理剔除后的结果, 图 3(b)是在图 3(a)的基础上进行对数变换拉伸后的结果。

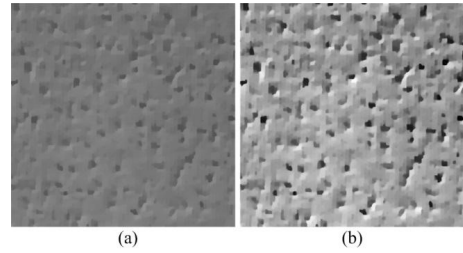


图3 粗分割结果对比

通过对比两幅图片图 3(a)和图 3(b)可以看出, 图 3(b)中毛球区域与非毛球区域对比更明显, 说明进过对数变换拉伸后更有利于后续对该图片做进一步处理。图 4(a)是对图 3(a) 利用水平集的方法进行分割的结果, 图 4(b)是对图 3(b) 利用水平集的方法进行分割的结果。从实验结果可以看出, 经过对数变换, 再采用水平集进行分割得到的结果比未经过对数变换而采用水平集进行分割得到的结果更为准确。

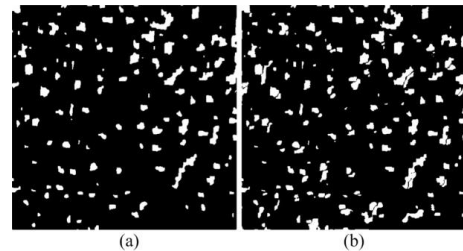


图4 精分割结果对比

图 5 为采用本文方法分别对图 2 中的图片进行毛球检测的最终结果。图 5 中, 白色区域为毛球区域。

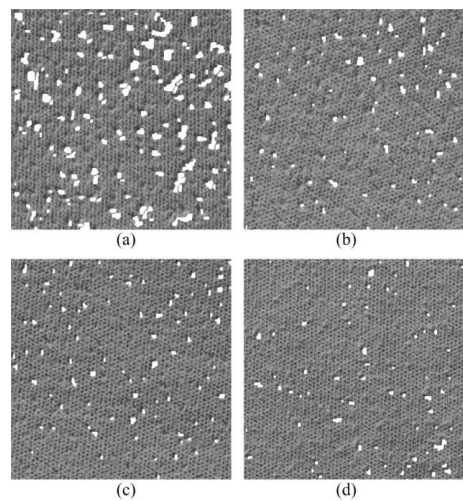


图5 毛球分割结果

由分割结果可以看出,本文方法对于不同级数的织物表面的毛球都能够准确分割毛球区域,说明该方法可以用于对织物表面起球程度的分割具有通用性,能够对织物表面的起球程度进行较为客观的评价。

5 结束语

基于图像处理技术的织物毛球分割包含两个关键步骤,第一是纹理的剔除,第二是毛球的分割。基于变换域的纹理剔除对纹理的规则和对称性等有

一定的要求,不能适合部分场合的检测,同时由于织物表面的毛球与织物的纹理的灰度值很接近,传统的基于灰度值阈值的分割方法难以获得满意的分割效果。本文通过相对总变差模型对织物进行粗分割,再利用水平集进行精分割,最后对分割结果采用形态学处理并进行修正后得到最终的毛球区域。实验结果表明,该方法能够准确将织物表面的毛球区域进行分割,能够将其进一步用于基于机器视觉的织物起毛起球等级评价系统,具有一定的实用性和参考价值。

参考文献:

- [1] KONDA A, XIN L C, TAKADERA M, et al. Evaluation of pilling by computer image analysis[J]. Journal of the textile Machinery Society of Japan, 1990, 36(3): 96-107.
- [2] AMIRBAYAT J, ALAGHA M J. The objective assessment of fabric pilling. Part II: experimental work[J]. Journal of the Textile Institute, 1994, 85(3): 397-401.
- [3] HSI C H, BRESEE R R, ANNIS P A. Characterizing fabric pilling by using image-analysis techniques. part II: comparison with visual Pill Ratings[J]. Journal of the Textile Institute, 1998, 89(1): 96-105.
- [4] 周圆圆, 潘如如, 高卫东, 等. 基于标准样照与图像分析的织物起毛起球评等方法[J]. 纺织学报, 2010 (10): 29-33.
- [5] ZHANG J, WANG X, PALMER S. Performance of an objective fabric pilling evaluation method[J]. Textile Research Journal, 2010:80 (16):1648-1657.
- [6] DENG Z, WANG L, WANG X. An integrated method of feature extraction and objective evaluation of fabric pilling[J]. The Journal of the Textile Institute, 2011, 102(1): 1-13.
- [7] 景军锋, 张赞赞, 李鹏飞. 基于 Log-Gabor 滤波器的织物起球客观评级方法[J]. Computer Engineering and Applications, 2014, 50 (8): 247-250.
- [8] 朱志亮, 刘富国, 陶向阳, 等. 基于积分图和粒子群优化的肤色分割[J]. Optimization, 2014, 50(21): 171-174.
- [9] XU L, YAN Q, XIA Y, et al. Structure extraction from texture via relative total variation [J]. ACM Transactionson Graphics (TOG), 2012, 31(6): 139.

(责任编辑:徐兴华)