

棉纤维截面图像的自适应阈值 Canny 边缘检测

禹素萍^{1,3}, 曾培峰², 陈建平¹

(1. 上海交通大学“区域光纤通信网与新型光通信系统”国家重点实验室, 上海 200030; 2. 东华大学计算机学院, 上海 201620;
3. 东华大学信息学院, 上海 201620)

摘要: 提出了一种适用于纤维截面类图像的自适应阈值Canny边缘检测方法。该方法不仅继承了Canny算子的优点, 还能在对象分布数量不明、分布密度不均匀的情况下自适应地计算Canny算子的高阈值 T_1 和低阈值 T_2 , 在保证纤维边缘检出率的同时, 更大程度上抑制了背景噪声引入的伪边缘。

关键词: 边缘检测; 纤维截面; 自适应阈值

Edge Detection on Fiber Cross-sectional Image by Self-adaptive Threshold Canny Operator

YU Suping^{1,3}, ZENG Peifeng², CHEN Jianping¹

(1. Key State Laboratory on Fiber-optic Local Area Network and Advanced Optical Communication Systems, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030; 2. College of Computer Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620;
3. College of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620)

【Abstract】 An approach of self-adaptive thresholding is presented for Canny edge detection operator for fiber cross-sectional images. It is applicable to all fiber cross-sectional images regardless of the amount and/or the density of fiber cross-sections. The fiber edges can be detected exactly, and the pseudo edges resulted in from white noise can be restrained effectively.

【Key words】 Edge detection; Fiber cross-section; Self-adaptive threshold

纤维成分检测是纺织品进出口检验的一个重要内容。国内外的很多研究致力于计算机辅助分析以提高检验效率^[1-3]。

余序芬等人研究的棉麻混纺比图像处理测试系统^[1]是针对纵向纤维的处理测试系统; 谢莉青^[2]等人的研究对象是麻涤混纺材料; Shih-Hsuan Chiu^[3]等人的研究对象是PET/Rayon混纺材料。无论是哪种混纺材料, 如果要借助于图像处理进行计算机辅助分析^[1-3], 就离不开对输入图像进行必需的预处理。边缘检测是其中的重要步骤之一, 以获取纤维的边缘信息。

为提高后续算法的计算精度, 作为图像的预处理, 边缘检测的输出结果必须最大限度地保留纤维的各项特征。在纤维的显微图像中, 纤维的一个明显特征就是其截面与背景间存在奇异的灰度分布, 这些灰度奇异描述各纤维截面。通过边沿检测, 可以得到相应的输出, 本文称之为轮廓线。后续处理则可以根据轮廓线的形态计算纤维的各种特征信息。

传统的边缘检测算子^[9]有Sobel边缘检测算子、Laplace边缘检测算子、Canny边缘检测算子等。其中, Sobel算子虽能产生较好的检测效果, 对噪声有平滑作用, 但在抗噪声好的同时增加了计算量, 而且也会检测伪边缘, 定位精度不高。Laplace算子产生双像素宽的边缘, 且不能提供边缘方向的信息。因此, 该算子很少直接用于边缘检测。但Canny算法得到了广泛的运用, 因为它提出了定义最为严格的边缘检测的3个标准, 而且其相对简单的算法使整个过程在较短的时间内实现^[10,11]。

1 Canny 边缘检测算法分析

目前, Canny算子已经成为评价各种边缘检测算法性能的标准。利用边缘的相关性, Canny算子通过双阈值算法控制输出信噪比, 确保输出边缘的连续性。图像中边缘的存在引起的强度分布的奇异对应于Canny边缘算子输出中导数幅值的增大。虽然噪声也会引起输出导数幅值的增大, 但其强度小于边缘输出。通过设定噪声与边缘信号的输出比例计算信号输出高阈值 T_1 , 导数幅值大于阈值 T_1 的输出为纤维边缘输出。光照的不均匀导致部分纤维轮廓处强度发生变化, 但与信号输出在空间上存在较强的相关性。取低阈值 $T_2=kT_1, k<1$ 。通过边缘跟踪改进纤维轮廓线的连续性。

在Canny算子中, 通过两个阈值的计算, 提高边缘输出信噪比的同时, 保证了输出结果的连续性。对于已知纤维分布密度的输入, Canny算子通过阈值计算 T_1 和 T_2 进行边缘输出判定及边缘跟踪, 获得连续的边缘输出, 同时对噪声又有很强的抑制能力。在实际应用中, 往往无法预知要处理的输入信号中纤维的分布密度, 图1(a)、图1(b)所示即为两种不同分布密度的棉纤维截面图。因此, Canny算子的阈值计算方法存在很大的盲目性, 无法对各种分布情况均输出满意的结果。

基金项目: 国家优秀博士论文作者基金资助项目(200350); 国家自然科学基金资助项目(90204006, 60377013); 教育部博士点基金资助项目(20030248035)

作者简介: 禹素萍(1977-), 女, 讲师、博士生, 主研方向: 数字图像处理, 模式识别; 曾培峰, 副教授、博士; 陈建平, 教授、博导
收稿日期: 2006-08-28 **E-mail:** yusuping@sjtu.edu.cn

在图 2 的 Canny 边缘检测中,设定局部极大值输出分布的 35% 为边缘输出, 以此计算 T_1 , 同时设 $T_2=0.2T_1$ 。在图 3 的 Canny 边缘检测中,设定局部极大值输出分布的 4% 为边缘输出计算 T_1 , 同时设 $T_2=0.2T_1$ 。从两种结果可知,对不同的纤维分布密度,是不能用同一阈值的。因此,Canny 边缘算子无法直接用来处理各种纤维的分布情况。

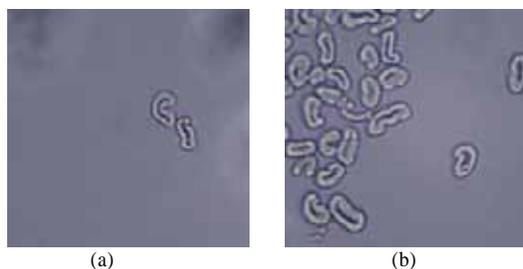


图 1 棉纤维截面 (放大倍数: 100 倍, 显示比例: 50%)

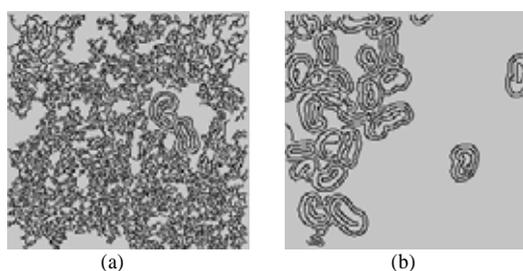


图 2 对图 1 进行 Canny 边缘检测的结果 (显示比例: 50%)

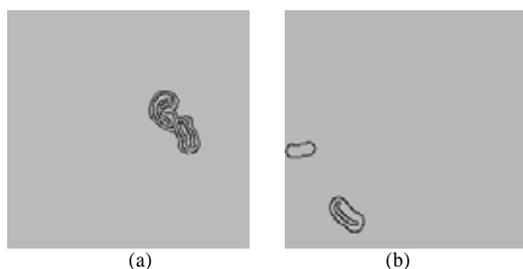


图 3 对图 1 进行 Canny 边缘检测的结果 (显示比例: 50%)

2 自适应阈值 Canny 边缘检测

为克服 Canny 阈值计算的盲目性,需要针对棉纤维截面图像统计其局部极大值点导数幅值的分布规律。

2.1 局部极大值导数幅值分布规律

图 4(a)为对 118 幅棉纤维截面样本图的局部极大值点导数幅值的分布进行累加的结果,其横坐标的取值范围 $\gg 256$ 。因为在程序的实现里所设置的量化等级 $\gg 256$ 。图 4(b)为对这 118 幅样本图里棉纤维截面边缘的导数幅值分布进行累加的结果。

由图 4,可以得到如下 4 个结论:

(1)无论是所有局部极大值点的幅值分布,还是棉纤维截面边缘点的幅值分布都呈明显的单波峰状态,而局部极大值点的幅值分布图衰减很快。

(2)棉纤维截面边缘点的数量在所有局部极大值点里所占的比例很小。图 4(b)的波峰幅值仅为 337,而图 4(a)的波峰幅值约为 11 600。

(3)棉纤维截面边缘点的导数幅值比大多数背景像素的局部极大值点的导数幅值要大。图 4(b)的波峰对应的横坐标 $> 3 000$,而图 4(a)的波峰对应的横坐标在 500 周围,且图 4(b)中分布曲线在横坐标为 500 处 (对应图 4(a)中的波峰)的取

值不足图 4(a)波峰取值的 2%。因此,图 4(a)里波峰所对应的局部极大值点主要为背景像素。

(4)图 4(a)中分布曲线在横坐标为 3 000 处 (对应图 4(b)中的波峰)的取值约为其波峰取值的 5.5%。

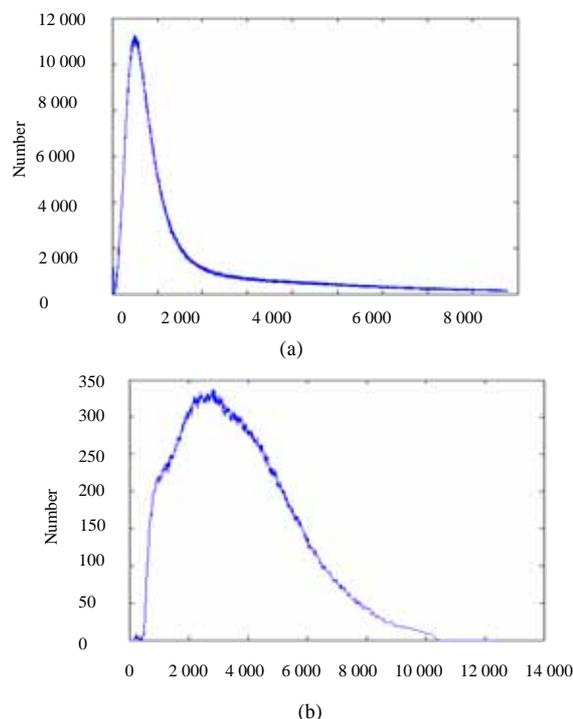


图 4 棉纤维截面图导数幅值分布规律

2.2 自适应阈值的计算

针对棉纤维截面这类背景单一、对象雷同的图像,我们提出了自适应阈值 Canny 边缘检测方法,其关键是针对不同的棉纤维截面图像能够自适应地计算出适合自身的高阈值 T_1 和低阈值 T_2 。方法如下:

(1)统计各个被处理棉纤维截面图像的局部极大值点导数幅值的分布曲线,为了更能反映其一般规律性,可将分布曲线进行平滑处理。

(2)寻找该分布曲线的波峰值所对应的横坐标为低阈值 T_2 。

(3)从 T_2 开始,沿着横坐标增大的方向,分布曲线下降为波峰的百分比 α 时所对应的横坐标为高阈值 T_1 , α 主要由纤维边缘的平均分布密度而定,其取值原则是尽可能使得每根纤维边缘上存在一段或几段边缘满足阈值 T_1 ,但仅此而已。由上述结论(4)可知 α 的取值最大不必超过 5.5%。实验证明,在大小为 640×480 像素的棉纤维截面图边缘检测测试中, α 的取值为 1% 即可。

3 实验结果

图 5 为对图 1 以本文的自适应方法确定的阈值进行 Canny 边缘检测的结果。本结果是在 $\alpha=1\%$ 的情况下得到的。显然,图 5(a)与图 5(b)分别达到了图 3(a)和图 2(b)的效果,克服了传统 Canny 边缘算子对于目标对象分布密度不均匀的图像边缘检测方面的缺陷。

通过对采集到的 118 幅棉纤维截面样本图像进行实验对比,自适应阈值 Canny 边缘检测结果都比传统 Canny 边缘检测结果有明显的改善,在检测到同样纤维边缘的基础上,更大程度上抑制了噪声。

(下转第 203 页)