

基于 Canny 算子的织物疵点边缘检测^①

Fabric Defects Detection Based on Canny Operator

潘陆益 (浙江商业职业技术学院 杭州 310053)

摘要:介绍了 Canny 算子边缘检测的方法,运用 Canny 算子对织物疵点进行边缘检测,获得了织物疵点的二值化图像,准确地反映了织物疵点的边缘。通过对不同边缘检测算子仿真实验结果比较,结果表明,该方法可以取得较好的疵点边缘检测结果,是一种实用有效的方法。

关键词:织物疵点 边缘检测 Canny 算子 数字图像处理

1 引言

织物疵点的检测是纺织品质量控制和管理的主要环节之一。采用人工视觉检测存在劳动强度大、检测速度低、易受人为因素影响、误检率和漏检率高、数据处理不便等缺点。为了克服这些缺点,国内外许多学者都致力于计算机图像识别技术在织物疵点自动检测中的应用研究,并已形成了一些方法。采用图像分析和处理的方法检测织物疵点,是提高织物生产质量和效率的重要手段。由于织物疵点具有种类的多样性和形态的复杂性等特点,同时,由于织物成像过程中的投影、混合、畸变和噪声等导致图像特征的模糊和变形,从而造成织物图像疵点特征提取的困难,边缘也由于上述成像中的各种原因而难以检测,很大程度上会影响检测结果。本文利用 Canny 算子提取疵点(如破洞)边缘特征信息,对织物图像进行疵点边缘检测。Canny 算子能有效地将织物疵点边缘提取出来,具有边缘定位精度高和抗噪声能力比较强的特点,对于织物疵点边缘检测有较满意的检测结果。

2 边缘检测方法

图像的边缘是指其周围像素灰度有较大幅度变化的那些像素的集合,图像边缘蕴含了丰富的内在信息(如方向、阶跃性质、形状等),是图像的最基本特征。从本质上说,图像边缘是图像局部特性不连续性(灰度变化、颜色突变、纹理结构突变等)的反映,它标志着一

个区域的终结和另一个区域的开始。这种不连续性通常可以利用求导数的方法方便地检测到,一般用一阶导数和二阶导数来检测边缘。

边缘检测的基本思想是首先利用边缘增强算子,突出图像中的局部边缘,然后定义像素中的“边缘强度”,通过设置门限的方法提取边缘点集。但是由于噪声和图像模糊的原因,检测到的边界可能会有间断的情况发生,所以边缘检测包含 2 个内容:

(1) 用边缘算子提取边缘点集。

(2) 在边缘点集合中去除某些边缘点并填充一些边缘点,将得到的边缘点集连接为线。

为了计算方便,通常选择一阶和二阶导数来检测边界,利用求导方法可以很方便地检测到灰度值的不连续效果。边缘的检测可以借助微分算子利用卷积来实现,常用的算子有 Robert 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Canny 算子和 LOG 算子等。

为了对某一边缘检测方法的有效性做出评价,John Canny 提出了边缘提取的 3 个最优准则(1)不漏检真实存在的边缘点,也不把非边缘点作为边缘点检出,使得输出的信噪比最大。(2)检测到的边缘点的位置距实际边缘点的位置最近,使得输出的图像定位精度高。(3)每一个实际存在的边缘点和检测到的边缘点是一一对应关系,也就是单边缘响应准则。

在织物疵点检测的实际过程中,获取的织物图像会带入大量的噪声,基于以上准则,选择 Canny 算子边

^① 本文为学院重点科研项目(szyzd200618)

缘提取算法,正是满足以上准则的一种优化边缘检测算子。

2 Canny 算子边缘提取

Canny 算子边缘检测的方法是寻找图像梯度(相邻像素灰度差)的局部最大值。梯度是用高斯滤波器的导数计算的。Canny 方法使用两个阈值来分别检测强边缘和弱边缘,而且仅当强边缘和弱边缘相连时,弱边缘才会包含在输出中。此方法不容易受噪声的干扰,能够检测到真正的弱边缘,故 Canny 算子具有很好的边缘检测性能。

2.1 Canny 算子数学推导

二维高斯函数如式(1)所示:

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

其中 σ 是高斯函数的分布参数,可用以控制对图像的平滑程度。

在某一方向 n 上, $G(x,y)$ 的一阶方向导数为

$$G(x,y)_n = \partial G(x,y) / \partial n = n \cdot \nabla G(x,y) \quad (2)$$

$$\text{式中, } n = \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \sin\theta \end{bmatrix}, \nabla G(x,y) = \begin{bmatrix} \partial G(x,y) / \partial x \\ \partial G(x,y) / \partial y \end{bmatrix}。$$

将图像 $f(x,y)$ 与 G_n 进行卷积,改变 n 的方向,使 $f(x,y) * G_n$ 取得最大值的方向就是梯度方向(正交于边缘走向),故有

$$\frac{\partial [G_n * f(x,y)]}{\partial \theta} = \frac{\partial [\cos\theta \frac{\partial G(x,y)}{\partial x} * f(x,y) + \sin\theta \frac{\partial G(x,y)}{\partial y} * f(x,y)]}{\partial \theta} = 0 \quad (3)$$

由式(3)可得

$$\tan\theta = \frac{(\partial G(x,y) / \partial y) * f(x,y)}{(\partial G(x,y) / \partial x) * f(x,y)}$$

因此,对应于 $G_n * f(x,y)$ 变化最强的方向导数为

$$n = \frac{\nabla G(x,y) * f(x,y)}{|\nabla G(x,y) * f(x,y)|}$$

在该方向上 $G_n * f(x,y)$ 有最大的输出响应 $|G_n * f(x,y)| = |\nabla G(x,y) * f(x,y)|$ 。

可见,Canny 算子建立在 $\nabla G(x,y) * f(x,y)$ 基础之上,由此可计算出图像 $f(x,y)$ 的梯度幅值图像

$M[i,j]$ 。

2.2 Canny 边缘检测的算法步骤

利用 Canny 算子检测边缘的步骤为:

(1) 用高斯滤波器对图像进行滤波,去除图像中的噪声。

(2) 用高斯算子的一阶微分对图像进行滤波,得到每个图像的梯度的幅值和方向。可采用 $2 * 2$ 大小的模板作为对 x 方向和 y 方向偏微分的一阶近似:

$$P = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad Q = \frac{1}{2} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$

由此得到梯度的大小 M 和方向 θ :

$$M(i,j) = \sqrt{P^2(i,j) + Q^2(i,j)} \quad \theta(i,j) = \arctan[Q(i,j)/P(i,j)]$$

(3) 对梯度幅值进行非极大值抑制。为了精确定位边缘,必须细化图像边缘,具体做法是将像素 $[i,j]$ 的梯度方向角的变化范围缩减到图 1 所示的 4 个区之一(编号相同的代表一个方向),然后将同一方向上像素 $[i,j]$ 与其相邻像素的梯度幅值进行比较:若 $M[i,j]$ 非局部极大值,就将其设为 0。

3	2	1
0	[i,j]	0
1	2	3

图 1 对梯度幅值进行非极大值抑制

(4) 用双阈值算法检测和连接边缘。对梯度幅值图像进行非极大值抑制后,还需要进行阈值化处理。如果用单阈值来处理,很难选择合适的阈值使得阈值化后的边缘图像中不存在假边缘。Canny 算子采用的双阈值方法,能有效去除假边缘。具体做法是对经过非极大值抑制和梯度直方图分类的子图像分别使用高、低 2 个阈值进行分割,来得到相应的阈值边缘图像 $Th[i,j]$ 和 $Tl[i,j]$ 。图像 $Th[i,j]$ 噪声较少,但造成了边缘信息丢失,而图像 $Tl[i,j]$ 保留了较多信息。最后以图像 $Th[i,j]$ 为基础,以图像 $Tl[i,j]$ 为补充进行边缘连接获得边缘图像。图 2 是用 Canny 算子对苏格兰方格呢织物疵点边缘检测的结果。

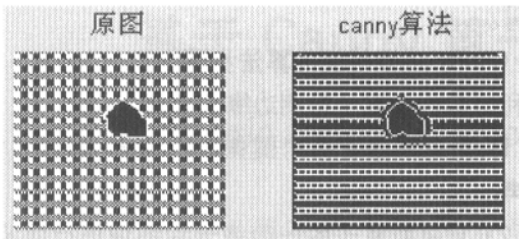


图 2 Canny 算子织物疵点边缘检测结果

等。其中 Robert 算子和 Sobel 算子是局域窗口梯度算子,对噪声很敏感,而拉普拉斯算子是一种二阶边缘检测算子,它把高斯平滑滤波器和拉普拉斯锐化滤波器结合起来,先平滑噪声,再进行边缘检测,因此对边缘定位有一定的影响。Prewitt 算子利用像素点上下、左右邻点灰度差在边缘处达到极值检测边缘,能去掉部分伪边缘,对噪声具有平滑作用,但检测的边缘较宽。而 Canny 算子使用两个阈值来分别检测强边缘和弱边缘,不容易受噪声的干扰,能够检测到真正的弱边缘,具有信噪比最大、边缘定位准确及单边缘响应特点。Canny 算子与其它边缘提取算子的仿真结果比较如图 3 所示。

3 Canny 算子与其它边缘提取算子的比较

图像边缘提取的常用算子有 Robert 算子、Sobel 算子、拉普拉斯 (Log) 算子、Prewitt 算子和 Canny 算子

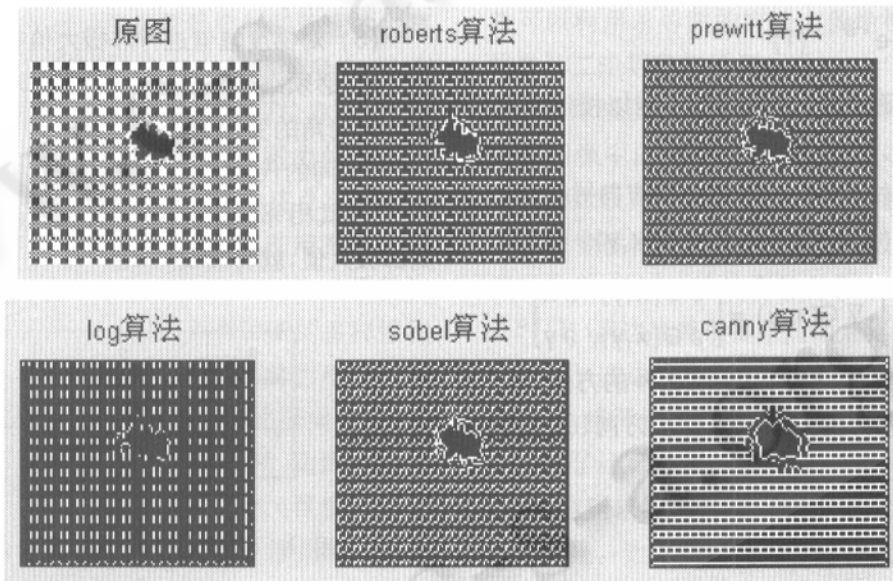


图 3 Canny 算子与其它边缘提取算子对比图(阈值 0.035)

从仿真结果图中可以直观的看出,LOG 算子边缘数少,不完整,且受噪声干扰较大。Sobel 算子及 Prewitt 算子的边缘图中检测出的边缘较粗,噪声点较多,边缘信息过于复杂,有伪边缘。Robert 算子提取的边缘连通性不理想,断点比较多。而 canny 算子的边缘图中的边缘线划很细,边缘连续性很好,提取的边缘则十分完整,效果明显优于其他算子。

实验结果表明,Canny 算子能有效地将织物疵点边缘提取出来,具有边缘定位精度高和抗噪声能力比较强的特点。

参考文献

- 1 贾永红, 数字图像处理[M], 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- 2 余成波, 数字图像处理及 MATLAB 实现[M], 重庆: 重庆大学出版社, 2003.
- 3 余洪山、王耀南, 一种改进型 Canny 边缘检测算法[J], 计算机工程与应用, 2004, 20.
- 4 王植、贺赛先, 一种基于 Canny 理论的自适应边缘检测方法[J], 中国图象图形学报, 2004, 9 (8).