

文章编号: 1004-4353(2013)03-0215-04

一种改进的图像边缘检测算法

刘锡铃, 张世良, 章立亮
(宁德师范学院 计算机系, 福建 宁德 352100)

摘要: 针对传统单一算子图像边缘检测效果欠佳的问题, 提出一种新的边缘检测算法. 新算法融合了 LOG 算子对于图像的阶跃型边缘定位准确、旋转不变性的优点和 Canny 算子的强抗噪声能力. 通过实例实验分析表明: 相比传统单一算子, 新算法检测图像边缘的准确度更高, 检测效果更理想.

关键词: LOG 算子; Canny 算子; 高斯滤波; 边缘检测

中图分类号: TP309.3 **文献标识码:** A

An improved image edge detection algorithm

LIU Xiling, ZHANG Shiliang, ZHANG Liliang
(*Department of Computer, Ningde Normal University, Ningde 352100, China*)

Abstract: A new algorithm is proposed according to traditional single operator is ineffective in image edge detection. The new algorithms blend the advantages of LOG operator to detect step-edge positioning accuracy and rotational invariance with the advantages of Canny operator with strong noise immunity. An example experimental analysis showed that the new algorithm detect edges higher accuracy and better effect than traditional single operator.

Key words: LOG operator; Canny operator; Gaussian filter; edge detection

图像边缘存在着图像大部分的主要信息,使用边缘信息分析图像能够大大减少信息量的处理,提高图像的处理速度;另外,图像分割或不同的图像之间的匹配也取决于重要的边缘特征. 图像边界可能呈现阶梯或倾斜状,即边缘周围像素灰度具有类似屋顶阶跃式变化的同时具有方向和幅度两个特征,这给图像边缘的确定与提取创造了条件. 目前边缘检测的方法很多,其中最具有代表性的有 LOG 边缘检测算子^[1]、Canny 边缘检测算子^[2]和 Sobel 算子^[3]等,这些算法都是利用图像强度二阶导数的零交叉点来求边缘,对噪声较为敏感,为此本文提出利用传统的 LOG 算子与 Canny 算子相融合的边缘检测算法.

1 传统的 LOG 算法

拉普拉斯高斯(简称 LOG)算子是二阶微分算子的代表,它对图像中的阶跃型边缘具有定位准确且旋转不变性的特点^[4],但该算子容易丢失一部分边缘方向信息,造成一些不连续的检测边缘,而且抗噪声能力较差. LOG 算法的原理是图像先与高斯函数 $G(x,y)$ 进行卷积,达到平滑图像和降低噪声目的后再利用拉普拉斯算子实现边缘检测^[5].

设原图像函数为 $f(x,y)$,通过卷积运算和拉普拉斯算子作用,得到如(1)式的输出图像 $h(x,y)$ 函数:

收稿日期: 2013-06-20 作者简介: 刘锡铃(1979—),女,讲师,研究方向为数据挖掘理论.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2011J01358);宁德师范学院重点项目(2012H311);宁德师范学院科研项目(2011203)

$$h(x,y)=\nabla^2(G(x,y)*f(x,y)). \tag{1}$$

式(1)中“ $*$ ”表示卷积运算符, $G(x,y)$ 为高斯函数,其表达式为

$$G(x,y)=\frac{1}{2\pi\sigma^2}\exp[-\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}]. \tag{2}$$

$\nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}$ 为拉普拉斯算子.由卷积和微分运算顺序的可交换性可得输出图像 $h(x,y)$,其公式为

$$\begin{aligned} h(x,y) &= \nabla^2(G(x,y)*f(x,y)) = (\frac{\partial^2 G(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G(x,y)}{\partial y^2}) * f(x,y) = \\ & [\frac{1}{\pi\sigma^4}(\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}-1)\exp(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2})] * f(x,y), \end{aligned} \tag{3}$$

(3)式中,平滑和微分合并后的算子为

$$\nabla^2(G(x,y)) = \frac{1}{\pi\sigma^4}(\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}-1)\exp(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}), \tag{4}$$

(4)式中的 $\nabla^2(G(x,y))$ 称为拉普拉斯高斯算子,通过求取 $h(x,y)$ 的所有过零点轨迹即可得到图像的 $f(x,y)$ 边缘.从公式(4)的高斯平滑函数可以看出,其标准差 σ (也称为平滑参数)对平滑效果的选择具有决定性的影响.高斯滤波器是一个低通滤波器, σ 表示频带的宽窄, σ 越大频带越窄, σ 越小频带越宽.频带越窄就越容易抑制较高频率的噪声而避免虚假边缘,但可能会导致过于平滑造成细节信息损失;相反,频带越宽可以检测到更高频率的图像细节,但对噪声抑制相对不足,容易出现假边缘现象.因此,在对象比例和位置未知的情况下,就难以准确确定滤波器的 σ 值.

2 Canny 算法

一般来讲,边缘检测的目的是尽量减少图像的数据量,同时保留图像的结构特性用于进一步地处理.Canny边缘检测算法在二维空间具有良好的抗噪声能力,其检测步骤如下:

1)采用高斯滤波平滑图像去除噪声.从摄像头拍摄的图像或多或少总会含有一定量的噪音,在图像边缘检测过程中,为了防止噪声被误判为边缘,必须尽量消除噪声.Canny边缘检测算法首先采用高斯函数的一阶导数,对原始图像 $f(x,y)$ 进行平滑除噪,得到平滑图像 $I(x,y)$;然后根据公式(2)(二维高斯函数)求在某一方向 n 上的一阶方向导数 $G_n=\frac{\partial G(x,y)}{\partial n}=n\nabla G(x,y)$,其中 n 表示方向向量, $n=[\cos\theta/\sin\theta]$, $\nabla G(x,y)$ 表示梯度矢量,其值为 $(\partial G/\partial x)/(\partial G/\partial y)$.

建立在二维卷积 $\nabla G(x,y)*f(x,y)$ 基础上的Canny算子,由 $|\nabla G(x,y)*f(x,y)|$ 决定它的边缘强度,由 $\nabla G(x,y)*f(x,y)/|\nabla G(x,y)*f(x,y)|$ 决定它的方向 n .为了提高Canny算子的运算效率,可将 $\nabla G(x,y)$ 的二维卷积模板分解为两个一维滤波器,得:

$$\frac{\partial G(x,y)}{\partial x} = kx * \exp[-\frac{x^2}{2\sigma^2}]\exp[-\frac{y^2}{2\sigma^2}] = h_1(x)h_2(y), \tag{5}$$

$$\frac{\partial G(x,y)}{\partial y} = ky * \exp[-\frac{y^2}{2\sigma^2}]\exp[-\frac{x^2}{2\sigma^2}] = h_1(y)h_2(x). \tag{6}$$

(5)和(6)式中, k 是一个常数, σ 是控制滤波器的平滑度的高斯滤波器参数,在本实例中设为1.如果滤波器的参数 σ 取得比较小,则它对边缘定位的精度比较高,但图像的信噪比(SNR)较低;如果滤波器的参数 σ 取得比较大,虽然可以得到更好的平滑信号噪声,但它的边缘精度却降低.因此,要根据实际需要选择适当的参数 σ .由(5)和(6)式可知 $h_1(x)=\sqrt{k}x*\exp[-\frac{x^2}{2\sigma^2}]$, $h_2(y)=\sqrt{k}*\exp[-\frac{y^2}{2\sigma^2}]$, $h_1(y)=\sqrt{k}y*\exp[-\frac{y^2}{2\sigma^2}]$, $h_2(x)=\sqrt{k}*\exp[-\frac{x^2}{2\sigma^2}]$.从而可得 $h_1(x)=xh_2(x)$, $h_1(y)=yh_2(y)$.然后将式(5)

和式(6) 两个模板分别与图像 $f(x,y)$ 进行卷积可得 $E_x = \frac{\partial G(x,y)}{\partial x} * f(x,y)$, $E_y = \frac{\partial G(x,y)}{\partial y} * f(x,y)$.

2) 利用微分算子找出图像边缘的梯度幅值和方向. Canny 算法采用一阶偏导有限差分计算平滑后图像 $I(x,y)$ 的梯度幅度和方向.

3) 确定潜在边缘阈值,应用非极大值抑制梯度幅值.

4) 采用“双阈值”方法检测和连接边缘,删除非显著边缘. 检测边缘图像时,强于高阈值的边缘像素点被标记为强,弱于低阈值的边缘像素都被抑制,两个阈值之间的边缘像素被标记为弱. 图 1 为高阈值与低阈值分别选择 20 和 10 时的测试检测图像边缘的效果图.



图 1 Canny 算子双阈值边缘检测实例

3 基于 LOG 算法与 Canny 算法的图像融合算法

本文提出的基于改进的 LOG 与 Canny 算法的图像融合算法采用 VS2005 C# 编程实现,实现步骤如下: ① 采用传统的 LOG 算法对原始图像进行边缘检测生成边缘图像 T_1 . ② 应用传统的 Canny 算法对原始图像进行边缘检测生成边缘图像 T_2 . ③ 将通过以上不同算子所得到的两幅边缘图像应用融合函数^[7]进行图像融合,即首先使用小波分别对两幅边缘图像进行二重二维小波分解,得到两组平均与细节 $[C_1,T_1],[C_2,T_2]$,假设最终的图像为 T ,然后用公式 $C=k_1C_1+k_2C_2$ 和 $T=k_1T_1+k_2T_2$ 求其组合值 C 和 T ,最后用 $[C,T]$ 进行小波重构得到融合后的边缘. 公式中的 k_1,k_2 为常数,其取值范围分别为 $0 \leq k_1 \leq 1, 0 \leq k_2 \leq 1$,且 $k_1+k_2=1$,这里取 $k_1=k_2=0.5$.

4 检测结果及分析

为比较本文算法与 LOG 算法、Canny 算法的性能,选择如图 2 所示的原始图像和带有噪声的图像分别作仿真实验,结果如图 3 所示. 从图像检测实验结果可以看出:采用 LOG 算子时图像边缘产生更多的假边缘而失去了一些真正的边缘,如图 3(1) 所示;Canny 算子中的高斯系数 σ 需要主观设定,因而造成很多不确定因素,该算法没有阈值设定,许多小的边缘都清晰可见,如图 3(2) 所示;本文算法检测图像的边缘信息较为准确,如图 3(3) 所示. 从图像加噪声检测实验可以看出:LOG 算子对噪声敏感不大,如图 3(4) 所示;Canny 算子对噪声非常敏感,经常错误地将噪声点检测为边缘点,使图像的边缘轮廓较为模糊,如图 3(5) 所示;本文算法对噪声抑制有较好的效果,尤其对带有椒盐噪声的图像,本文算法不仅减少和消除了虚假的图像边缘,使真边缘几乎都能检测到,而且比以上两种方法检测到的边缘图像边缘连续性更好,轮廓更清晰,如图 3(6) 所示.



图 2 原始图像与带噪声图像

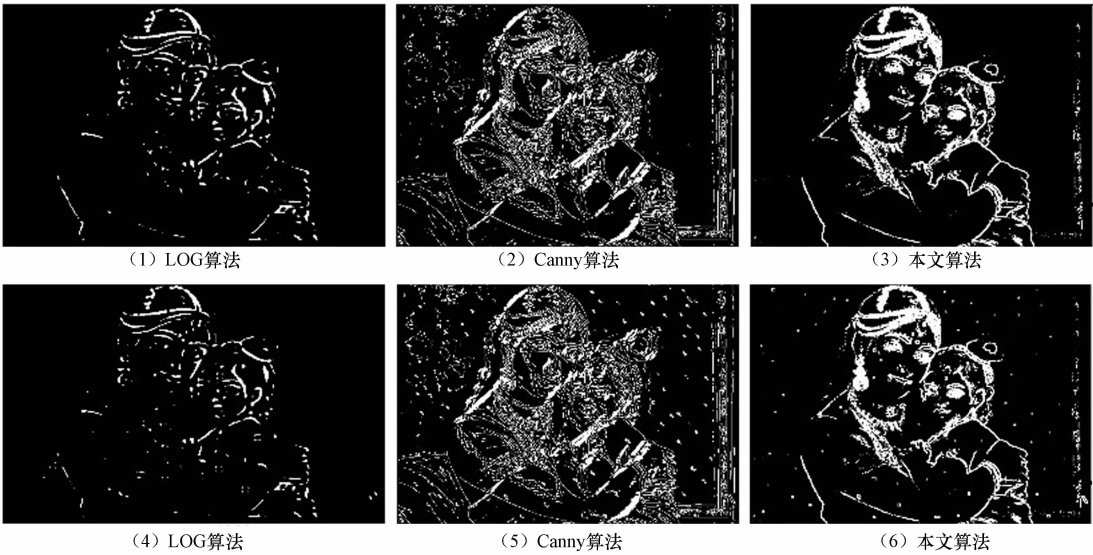


图 3 3 种算法分别对两种图像的检测结果

5 结论

本文结合 LOG 算子和 Canny 算子的优点,并利用融合函数,提出了一种新的边缘检测算法.实验表明,此融合算法在实际应用中能够使提取出来的边缘图像有比较完整的轮廓和较为丰富的细节信息,而且伪边缘相对较少;经过对边缘和噪声的有效合理取舍后,能够自动获取图像边缘点,有效地提高了边缘检测的准确性,因此该方法是一种有效且实用的边缘检测方法.但由于边缘检测具有很强的不确定性,用一种方法检测不同类型的图像其效果也会有所不同,因此很难找到所谓的最优方法.如何通过调整融合系数和融合顺序来找到一个更加完善的边缘检测方法是本文作者今后的研究方向.

参考文献:

[1] 管力明,李磊,林剑.基于改进 LOG 算子的图像边缘检测方法[J].机电工程,2010,27(12):113-115.
[2] John Canny. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence (S0162-8828), 1986,8(6):679-698.
[3] 刘彩.一种改进的 Sobel 图像边缘检测算法[J].贵州工业大学学报,2004,33(5):77-79.
[4] 张德丰. MATLAB 小波分析[M].北京:机械工业出版社,2009:89-97.
[5] 王卜堂,杨善林.基于 Gauss-laplace 算子的灰度图像边缘检测[J].计算机工程与应用,2003,39(26):132-134.
[6] 王娜,李霞.一种新的改进 Canny 边缘检测算法[J].深圳大学学报,2005,4(2):149-152.
[7] 程正兴,杨守志,冯晓霞.小波分析的理论算法进展和应用[M].北京:国防工业出版社,2007:187-198.