

# 一种基于边缘图像融合的边缘检测方法<sup>①</sup>

马丽亚木·阿布来孜, 艾力米努, 阿卜杜如苏力

(新疆师范大学 数学科学学院, 乌鲁木齐 830054)

**摘要:** 边缘检测是图像处理、模式识别和计算机视觉领域的重要内容. 传统边缘检测方法的边缘检测效果一般. 为了更好地检测出图像边缘, 在传统边缘检测算法分析的基础上, 提出了一种基于边缘图像融合的边缘检测方法. 首先, 对原图像进行二进小波分解得到低频子图像, 然后分别对原图像和低频子图像采用直方图均衡化进行增强后用 Canny 算子来进行边缘检测, 得到原图像和低频子图像的边缘图像, 最后采用一定的融合规则将这两个边缘图像融合在一起, 得到一幅完好的边缘图像. 实验结果表明, 这种边缘检测方法明显优于直接对原图像单独使用 Canny 算子或基于小波变换的边缘检测方法.

**关键词:** 直方图均衡化; Canny 算子; 图像融合; 边缘检测

## Method of Image Edge Detection Based on Edge Image Fusion

Maryamgul Abliz, Eilimnur, Abdurusul

(College of Mathematical Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** Edge detection is an important part of the image processing, pattern recognition and computer visions. The edge detection results of the traditional image edge detection methods in general. In order to better detect the image edge, presented a method of image edge detection based on edge image fusion on the basis of the analysis of traditional edge detection algorithm. The original image is decomposed by dyadic wavelet get low-frequency sub-image at first. Then the original image and the low-frequency sub-image are enhanced by histogram equalization method, the enhanced original image and the enhanced low-frequency sub-image are detected using Canny operator get edge images. Finally, the two edge images are fused into one complying with relevant rules get an intact edge image. Results show that this method is much better than directly using alone the Canny operator or wavelet transform edge detection method to the original image.

**Key words:** histogram equalization; Canny operator; image fusion; edge detection

## 1 引言

图像边缘检测是传感器图像识别、图像分割、目标区域识别、区域形状检测等图像分析领域的十分重要的基础, 是图像识别中检测图像特征的一个重要属性. 图像的边缘存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域、基元与基元之间<sup>[1]</sup>. 从本质上来说, 图像边缘是图像局部特性不连续性(灰度突变、颜色突变等)的反映, 它标志着图像一个区域的结束和另一个区域的开始. 在图像中, 灰度值的突变点一般位于重要目

标的边界上, 边缘检测就是要找出这些突变点. 因此提取图像的边缘信息在抽取图像特征和目标辨识方面具有重要的意义.

目前广泛使用的传统图像边缘检测算法[2]有: Sobel 算子, Prewitt 算子, Canny 算子, Laplacian 算子, Roberts 算子和 LOG 算子等. 这些算子虽然易于实现, 具有较好的实时性<sup>[3]</sup>, 但是对噪声非常敏感, 去除噪声能力差, 常常会把噪声当做边缘点并检测出来, 而真正的边缘由于噪声的干扰可能被漏检. 而且由于边

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-04-25;收到修改稿时间:2012-06-11

边缘检测问题固有的复杂性,使这些方法在抗噪性能和边缘定位方面往往得不到满意的效果<sup>[4]</sup>. Canny 算子采用双阈值算法<sup>[5,6]</sup>,相对于其它传统的边缘检测算子,检测的边缘较准确,定位和效果较好<sup>[3]</sup>,但在噪声图像中阈值选取不当,边缘通常被噪声淹没.基于小波变换的边缘检测方法主要在高频分量上提取边缘,忽略低频分量的部分边缘信息.基于小波变换的边缘检测方法抗噪声同时,也能较好地保留微弱的边缘<sup>[7,8]</sup>,其结果跟传统边缘检测方法相比,在人脸及五官的细节信息丰富和轮廓清晰,然而由于图像的真实边缘常常与许多噪声点混杂在一起,在抑制噪声的过程中丢失了一些细节边缘,检测出的边缘存在不连续的现象.

直方图均衡化的图像增强方法扩大目标与背景之间的灰度差值,增强目标与背景的灰度对比度,以便检测图像的细节边缘<sup>[9]</sup>.图像融合结合两个图像的有用信息.对图像进行二进小波分解<sup>[10]</sup>时噪声分解为高频子图像.本文提出了一种基于边缘图像融合的图像边缘检测方法.这种边缘检测方法充分利用了直方图均衡化的图像增强方法和图像融合的优点,而且通过二进小波分解有效地去除噪声,最终保留连续,清晰的边缘,实现了对图像进行更多细节上的边缘检测,效果优于传统边缘检测方法.

## 2 用直方图均衡化来图像增强

直方图均衡化是以概率理论作基础,运用灰度点运算来实现直方图的变换,从而达到图像增强的目的.直方图均衡化的基本思想是把原始图像不均匀的直方图变换为均匀分布的形式,这样就增加了灰度值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果.它可以通过对直方图进行均匀化修正,可使图像的灰度间距增大或灰度均匀分布、增大反差,使图像的细节变得清晰.

在实际应用中,往往处理的是离散化后的数字图像.一幅给定图像的灰度级经归一化处理后,设和分别表示归一化了的原图像灰度和经直方图修正后的图像灰度,对 $[0,1]$ 区间内的任一个 $r$ 值都可产生一个 $s$ 值,且 $s=T(r)$ ,该变换函数满足下列条件:

- ① 在区间 $0 \leq r \leq 1$ 内, $T(r)$ 是单值单调增加.
- ② 对于 $0 \leq r \leq 1$ ,有 $0 \leq T(r) \leq 1$ .

从 $s$ 到 $r$ 的反变换关系为: $r=T^{-1}(s)$ .该式同样也满足上述两个条件.

设离散化后图像的灰度级为

$$\{r_0, r_1, r_2, \dots, r_{L-1}\}$$

$r_k$  的概率为:

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{N}, \quad 0 \leq r_k \leq 1, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

式中, $L$ 是最大灰度级数, $p_r(r_k)$ 是取第 $k$ 级灰度值的概率, $n_k$ 是在图像中出现第 $k$ 级灰度的次数, $N$ 是图像中像素的总数.

离散化后的变换函数为:

$$s_k = T(r_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{N} = \sum_{i=0}^k p_r(r_i), \quad 0 \leq r_i \leq 1, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

其逆变换为: $r_k = T^{-1}(s_k)$ .

利用上式可以把灰度级为的像素映射成相应的灰度级为的像素,从而实现均衡化.在上式中,用灰度频数来近似代替概率值,因而得到的结果只能是一个近似均匀的直方图分布.

## 3 Canny算子的边缘检测方法

Canny 于 1986 年提出了基于最优化学算法的边缘检测算子,并给出了评价边缘检测性能优劣的三个标志:

- (1) 高的信噪比,即非边缘点判为边缘点或将边缘点判为非边缘点的概率低.
- (2) 好的定位性能,即检测出的边缘点要尽可能在实际边缘的中心.
- (3) 对单一边缘具有唯一相应,并且最大限度地抑制虚假边缘相应.

从本质上讲,Canny 算子属于具有平滑功能的一阶微分算子,它具有很好的信噪比和检测精确度.在进行图像处理前,Canny 算子先利用高斯平滑滤波器来平滑图像以去除噪声,Canny 分割算法采用一阶偏导的有限差分来计算梯度幅值和方向.在处理过程中,Canny 算子还将经过一阶非极大值抑制的过程.最后 Canny 算子将采用两个阈值来连接边缘.

如果 $f(x, y)$ 表示图像,首先利用二维高斯函数来平滑图像进行降噪处理,高斯平滑函数如下所示:

$$G(x, y) = \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right]$$

式中 $\sigma$ 为高斯卷积核的宽度, $(x, y)$ 是像点坐标. $\sigma$ 较小定位精度高,但信噪比低, $\sigma$ 较大,则反之.

将图像与高斯函数做卷积对图像进行平滑,如下

所示:

$$H(x, y) = f(x, y) * G(x, y)$$

经平滑后的图像为  $H(x, y)$ , 首先得到  $H(x, y)$  的  $x$  方向和  $y$  方向的偏微分值  $P(x, y)$  和  $Q(x, y)$ , 计算方程为:

$$P(x, y) = -\frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$Q(x, y) = -\frac{y}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

通过计算  $2 \times 2$  领域内的平均有限差分, 得到图像梯度的幅值和方向分别为:

$$M(x, y) = \sqrt{P^2(x, y) + Q^2(x, y)}$$

$$\theta(x, y) = \arctan\left(\frac{Q(x, y)}{P(x, y)}\right)$$

为了确定边缘, 对梯度幅值进行非极大值抑制. Canny 算子采用双阈值算法, 双阈值算法对非极大值抑制图像作用双阈值  $\tau_1$  和  $\tau_2$ , 得到两个阈值边缘图像  $H_1(x, y)$  和  $H_2(x, y)$ . 双阈值算法要在  $H_2(x, y)$  中把边缘连成轮廓, 当到达轮廓端点时, 该算法就在  $H_1(x, y)$  的 8 个邻点位置寻找可以连接到轮廓上的边缘, 从而达到边缘检测的目的.

#### 4 实验结果与分析

对原图像采用直方图均衡化进行增强后用 Canny 算子来进行边缘检测时, 能检测出图像的大部分边缘信息, 但由于噪声的干扰, 一些有用的边缘可能被漏检. 对图像进行二进小波分解时, 图像的噪声分解为高频子图像, 所以先对原图像进行二进小波分解, 得到的低频子图像采用直方图均衡化进行增强处理, 然后用 Canny 算子来进行边缘检测时, 能有效地去除噪声, 降低噪声对边缘提取的影响, 但丢失分解为高频子图像的一些细节边缘信息. 为了即能有效地去除噪声又能实现图像更多细节上的边缘检测, 本文应用边缘图像融合的边缘检测方法, 首先对原图像进行二进小波分解得到低频子图像, 然后分别对原图像和低频子图像采用直方图均衡化进行增强后用 Canny 算子来进行边缘检测, 得到原图像和低频子图像的边缘图像, 最后这两个边缘图像进行融合处理. 这种边缘检测方法摒弃无用的噪声点, 保留有用的真是边缘, 使得最终的边缘图像连续, 清晰和准确, 为后续图像处理

奠定良好的基础. 这些过程采用 MATLAB7.0 编程序实现, 具体步骤如下:

步骤 1: 选定二次样条函数作为小波函数, 对原图像进行二进小波分解, 得到原图像的低频子图像.

步骤 2: 采用直方图均衡化对原图像进行增强后用 Canny 算子对增强后的原图像进行边缘检测.

步骤 3: 采用直方图均衡化对低频子图像进行增强后用 Canny 算子对增强后的低频子图像进行边缘检测.

步骤 4: 将得到的两幅边缘图像应用图像融合函数进行融合处理, 即取两幅边缘图像的较大值进行融合, 得到原图像的边缘图像.

基于边缘图像融合的边缘检测方法流程图如图 1 所示.

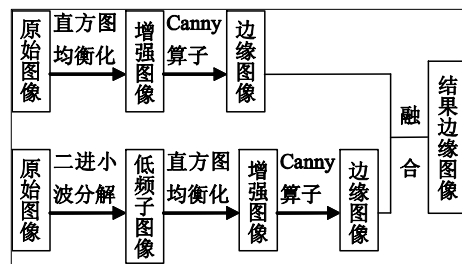


图 1 基于边缘图像融合的边缘检测方法流程图

为了验证本文边缘检测方法的可靠性, 对原始 Lena 图像(图 2(a))分别采用 Canny 算子和基于小波变换的边缘检测方法进行边缘检测, 得到的两幅边缘图像与用本文提出的边缘检测方法来得到的边缘图像进行比较. 实验结果如图 2(b),(c),(d)所示, 即 Canny 算子不能检测出一些细节边缘, 所以检测出来的边缘图像不太完整. 基于小波变换的边缘检测方法虽然能检测出一些细节边缘, 但是错检的噪声较多. 本文边缘检测方法不仅能检测出细节边缘, 而且抑制噪声能力更强, 检测出的边缘更为连续, 包含的边缘细节信息更多.

#### 5 结论

本文研究了一种基于边缘图像融合的边缘检测方法, 这种方法充分利用了直方图均衡化和图像融合的优点, 而且通过二进小波分解有效地去除噪声, 弥补了 Canny 算子的不足. 直方图均衡化降低噪声对边缘提取和突出图像细节的影响, 增强图像灰度对比

度,增大图像反差.图像融合结合两种边缘检测方法的特点,得到了很好的边缘图像.实验结果表明,与著名的 Canny 算子和基于小波变换的边缘检测方法中任何一个方法相比,本文提出的边缘检测方法抗噪声能力强,并且有效地解决了抑制噪声和保留精细边缘之间的矛盾,实现了对图像进行更多有效细节上的边缘检测,达到了很好的边缘检测效果.

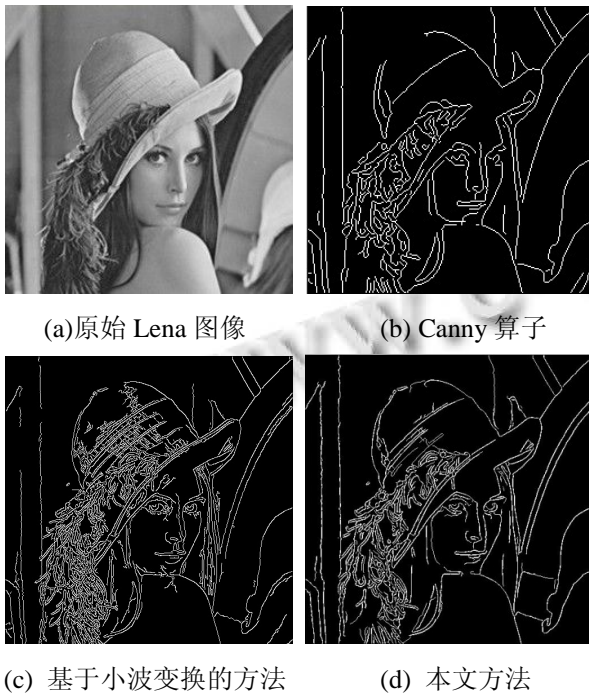


图 2 各种图像边缘检测方法实验结果

## 参考文献

- 1 郭显久.一种新的基于小波变换的边缘检测算法.大连水产学院学报,2005,20(2):158-162.
- 2 王俊卿,黄莎白,史泽林,于海斌.基于小波变换的图像边缘检测.系统工程与电子技术,2004,26(7):887-888.
- 3 邹福辉,李忠科.图像边缘检测算法的对比度分析.计算机应用,2008,28(1):215-219.
- 4 陈武凡.小波分析及其在图像处理中的应用.第 2 版.北京:科学出版社,2003.175-185.
- 5 Meer P, Ceor Cescu B. Edge Detection with Embedded Confidence. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001,23(12):1351-1365.
- 6 万力,易昂,傅明.一种基于canny算法的边缘提取改善方法.计算技术与自动化,2003,22(1):24-26.
- 7 赵育良,赵友庚,李开端,李英杰.基于小波变换的复杂航空图像的边缘提取.光电工程,2002,29(4):57-60.
- 8 张红岩,张登攀.图像边缘检测二维小波算法研究与实现.中国工程科学,2003,5(4):61-64.
- 9 尹立敏,刘艳滢,顾蕊.一种可控的直方图均衡算法.微计算机信息,2005,3(21):147-149.
- 10 Abdulkirim T, Hussain M, Nijjima K, Takano S. The dyadic lifting schemes and the de-noising of digital image. International Journal of Wavelets, Multi-resolution and Information Processing, 2008,6(2):331-351.

(上接第 205 页)

- 2 Chang KCC, He B, Zhang Z. Toward Large Scale Integration: Building a MetaQuerier over Databases on the Web. Proc. of the Second Conference on Innovative Data Systems Research, 2005:44-55. <http://www.sigmod.org/dblp/db/conf/cidr/cidr2005.html>
- 3 He B, Chang KCC. Statistical schema matching across web query interfaces. Proc. of the 2003 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2003:217-228. <http://www.sigmod.org/dblp/db/conf/sigmod/sigmod2003.html>
- 4 He B, Chang KCC, Han J. Discovering Complex Matching across Web Query Interfaces: A correlation mining approach. Proc. of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining 2004: 148-157.
- 5 He H, Meng W, Yu CT, Wu Z. Automatic integration of Web search interfaces with WISE-Integrator. VLDB J. 13(3), 2004: 256-273.
- 6 Wu W, Yu CT, Doan A, Meng W. An interactive clustering-based approach to integrating source query interfaces on the deep web. Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 2004:95-106. <http://www.sigmod.org/dblp/db/conf/sigmod/sigmod2004.html>.
- 7 He H, Meng W, Yu CT, Wu Z. Wise-integrator: An automatic integrator of web search interfaces for e-commerce. Proc. of the 31st International Conference on Very Large Data Bases, 2003:357-368. <http://www.vldb2003.org/>
- 8 <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn>