

文章编号:1672-058X(2012)02-0058-05

基于多尺度形态学的边缘检测算法的改进^{*}

张 勇

(重庆师范大学 数学学院,重庆 沙坪坝 400030)

摘 要:一幅图像的大量信息都是由图像边缘提供的,在图像处理中,对于复杂图像很难通过单一的结构元素用数学形态学的膨胀、腐蚀、开、闭等变换以及它们的组合得到较满意的检测图像;利用多元素,对形态结构大小尺度进行调整,从而在噪声存在的条件下得到较理想的图像边缘;实验结果表明,与传统的边缘检测算子比较,方法计算量小,抗噪性好,可以适应不同类型的图像边缘检测需求。

关键词:数学形态学;图像处理;边缘检测

中图分类号:TP271

文献标志码:A

数学形态学(Mathematical Morphology)是图像处理中的一门学科,它建立在严格的数学理论上,以图像的形态为研究对象的学科。数学形态学诞生于 1964 年,作为一门新兴的图像处理与分析的学科,以几何学为基础,着重研究图像的集合结构^[1]。最初它只是分析集合形状和结构的数学方法。现在它在解决抑制噪声,形状识别,边缘检测,图像分割,纹理分析,图像的恢复与重建,图像压缩等图像处理问题上得到广泛地应用^[2]。它的基本思想是用具有一定形态的结构元素去度量和提取图像中的对应形状以达到对图像分析和识别的目的。

数学形态学处理图像的方法比其他空域或频域图像处理与分析的方法具有直观上的简单性和数学上的严谨性,但是传统的边缘检测方法中,通常使用 Laplace 算子、Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Gauss-Laplace 算子、Canny 算子等。这些算法对噪声的干扰十分敏感,导致检测结果不稳定。改进后的多尺度检测算法具有很好的抗噪性,并且检测出的边缘平滑,特征清晰,实时性好。

基于数学形态学的边缘信息提取处理优于基于微分运算的边缘提取算法,它不像微分算法对噪声那样敏感,同时提取的边缘比较平滑,在描述信号形态特征上具有独特的优势。既可以有效地滤除噪声,又能够保留图像中的原有细节信息,是边缘检测技术的一个重大突破。

1 图像的边沿检测

在图像处理系统和计算机视觉中,许多的信息都包含在图像的边缘中,主要表现在图像的局部特征的不连续性,即图像的灰度变化比较剧烈的地方,所以图像边缘信息的提取对于图像后续处理非常重要^[3]。图像进行边缘检测的目的就是确定和提取边缘信息,使边缘噪声被抑制和精确定位^[4]。

对于边缘检测要达到的目的一般有以下几个:(1) 边缘定位的精度要高,不能发生边缘漂移;(2) 对不同

收稿日期:2011-03-14;修回日期:2011-05-18.

^{*} 基金项目:国家科技支撑计划(2008BAH37B04-1);重庆市科技攻关计划项目(CSTC2011AC2143).

作者简介:张勇(1983-),男,河南信阳人,硕士,从事图像处理,信息安全研究.

尺度的边缘都有良好的响应减少漏检;(3) 图像度噪声不敏感,不然造成虚假检测;(4) 受边缘的方向影响小^[5]。

2 数学形态学基本算法

两种基本运算是腐蚀运算(Erosion)和膨胀运算(Dilation),形态学中的其他运算都是由这两种运算得来的。

设 $f(m,n)$ 代表输入图像, $(m,n) \in R_2$ 其中 (m,n) 为图像上像素的坐标。 $g(i,j)$ 为结构元素集合, $g(i,j)$ 为 g 的关于原点的对称集合, $g(i,j)$ 为 g 平移向量 (i,j) 后的集合。输入图像的膨胀与腐蚀定义如下:

(1) f 被 g 膨胀:

$$(f \oplus g)(m,n) = \max\{f(m+i,n+i) + g(i,j)\}$$

(2) f 被 g 腐蚀:

$$(f \ominus g)(m,n) = \min\{f(m+i,n+i) - g(i,j)\}$$

(3) 结构元素 g 对输入图像 f 的开启运算:

$$(f^\circ g)(m,n) = (f \ominus g) \oplus g$$

(4) 结构元素 g 对输入图像 f 的闭合运算:

$$(f \cdot g)(m,n) = (f \oplus g) \ominus g$$

膨胀是一种扩张变换,扩大图像,变换使整幅图像的灰度值提高。腐蚀是一种收缩变换,收缩图像,变换使整幅图像的灰度值降低。两者都对灰度变化较大的边缘敏感,对图像反复进行形态膨胀和腐蚀,便于将图像目标分离,同时去除噪声,平滑目标体内的灰度,改善图像灰度效果。

开启运算一般能平滑图像的轮廓,削弱狭窄的部分,去掉细长的突出,边缘毛刺和孤立斑点。闭合运算也可以平滑图像的轮廓,但与开启运算不同,闭合运算一般融合窄的缺口和细长的方口,能填补图像的裂缝及破洞,所起的连通补缺作用,图像的主要情节保持不变^[6],所以在利用形态运算提取图像边缘的同时,能够去除图像中的噪声,尤其是对脉冲噪声去除效果更佳。

3 多尺度形态的边缘检测设计

结构元素是数学形态学在图像处理中的一个关键点,对于结构元素的选择会直接影响到图像边缘检测的效果。不同的结构元素可用于提取不同的图像特征,小尺度结构元素的优点是能够检测到很好的边缘细节,但是去噪声能力弱。相反大尺寸的结构元素边缘较粗,但去噪声能力强^[7]。对于复杂的图像如果采用单一的结构元素,通常检测的结果不能令人满意,为了有效的克服噪声,又能得到精确的边缘信息,合理地调整元素尺度的大小非常重要。采用多尺度边缘检测算法对图像分别进行变换,再将处理后的图像合起来能够有效地解决这个问题。

经过分析在这里采用5中结构元素作图像边缘检测,5种结构元素分别为:

$$g_1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad g_2 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \quad g_3 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \quad g_4 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}, \quad g_5 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

设多尺度结构元素定义为: $g^5 = g_1 \oplus g_2 \oplus g_3 \oplus g_4 \oplus g_5$;

设膨胀构造的边缘算子: $B_d(m, n) = f(m, n) \oplus g(i, j) - f(m, n)$;

腐蚀的边缘算子为: $B_e(m, n) = f(m, n) - f(m, n) \ominus g(i, j)$;

形态学梯度算子: $G(m, n) = (f \oplus g) - (f \ominus g)$; 为了减小图像边缘模糊性, 保留更多的边缘信息, 得到理想的边缘, 对上面的检测算子修改一下, 令:

$$B_{\min}(m, n) = \min\{B_d(m, n), B_e(m, n), G(m, n)\},$$

$$B_{\max}(m, n) = \max\{B_d(m, n), B_e(m, n), G(m, n)\},$$

$$B_{dec}(m, n) = B_{\max}(x, y) - B_{\min}(m, n).$$

定义新的图像边缘检测算子为:

$$B(m, n) = B_d(x, y) + 0.5B_{dec}(m, n).$$

得到的多尺度的图像边缘检测算子为:

$$B_M(m, n) = \sum_{i=1}^5 a_i B_i(m, n)$$

式子中: $a_i (i=1, 2, 3, 4, 5)$ 为权系数, $B_i(m, n) = f \oplus g_i - f + 0.5[\max\{f \oplus g_i - f, f - f \ominus g_i, G(m, n)\} - \min\{f \oplus g_i - f, f - f \ominus g_i, G(m, n)\}] (i=1, 2, 3, 4, 5)$. a_i 可以由以下求得:

先求出 $f_i(m, n) = \frac{(f \circ g_i \cdot g_i + f \cdot g_i \circ g_i)}{2}$; 然后计算不同结构尺度的标准差和方差分别为: $\Delta_i = |f - f_i|$ 和 $\Delta_i^2 = |f - f_i|^2$; 确定权系数 a_i 为:

$$a_i = \frac{\Delta_{l-i}}{\sum_{i=k}^l \Delta_i} \text{ 或者 } a_i = \frac{\Delta_{l-i}^2}{\sum_{i=k}^l \Delta_i^2}.$$

4 实验结果与分析

为了检测多尺度边缘检测算法的性能, 实验在 MATLAB7.1 环境中进行, 令图像的原始方差为 10 的噪声。用算法和传统的 Sobel 算子、Prewitt 算子、Roberts 算子、Gauss-Laplace 算子分别对加噪图像进行边缘检测得结果见图 1-图 6:

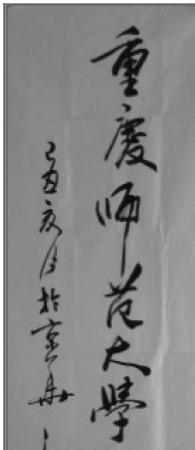


图 1 原图



图 2 Sobel
算子



图 3 Prewitt
算子



图 4 Roberts
算子

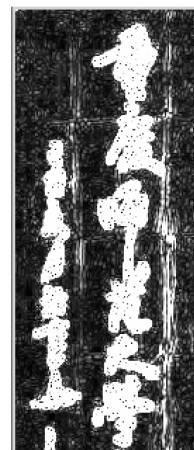


图 5 Gauss-
Laplace



图 6 新算法

实验结果表明,利用传统的算子分别对加噪图像进行边缘检测有以下缺点:Sobel的算子、Prewitt算子和Roberts算子检测的图像噪声很明显,Gauss-Laplace算子检测边缘时,会出现边缘像素孤立的情况,边缘出现断裂现象,检测得到图像边缘不清晰,不够锐化,而文算法具有很好的抗噪性,受噪声影响小,检测得到的图像精确,边缘清晰。

5 结 语

图像的边缘检测在计算机视觉和图像处理中是很重要的,对数学形态学的多尺度边缘检测的算法改进与传统的边缘算子相比,具有更好的处理效果,但对于高斯噪声图像的处理有待进一步研究提高。

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] 范立南,韩小微,王忠石,等. 基于多结构元的噪声污染灰度图像边缘检测研究[J]. 武汉大学报,2003,36(3):86-90
- [3] 朱红. 数字图像处理基础[M]. 北京:科学出版社,2005:42-66
- [4] 雷艳敏,黄秋元. 基于数学形态学图像边缘检测[J]. 武汉理工大学报,2005,25(5):25-30
- [5] 崔屹. 图像处理与分析-数学形态学的方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2000:57-66
- [6] GOVINDARAJAN B,PANETTA K,AGAIAI S. Progressive edge detection on multi-bit image using polynomial-based binarization [C]. Proceedings of the 7 th International Conference on Machine Learning and Cybernetice,ICMLC,2008:3714-3719
- [7] OREN M,PAPAGEORGIOU C,SINHA P, et al. Pedestrian detection using wavelet templates [C]. Proceedings of the IEEE conference on computer Vision and Pattern Recognition,1997:193-199

Improvement of Edge Detection Algorithm Based on Multiscale Morphology

ZHANG Yong

(School of Mathematics, Chongqing Normal University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A lot of information of a digital image is provided by image edge, in the processing of an image, as for a complex image, a satisfactory detection result is difficult to be obtained by using the transform such as dilation, erosion, opening, closing and so on and their combination of mathematical morphology through a single structure element. This paper uses multi-element to adjust dimension of morphological structure so that relatively ideal image edge can be gained under the existence of noise. Experiment results show that, compared with traditional edge detection operator, this method needs small computation, has better noise immunity and is suitable for the demand of different image edge detections.

Key words: mathematical morphology; image processing; edge detection

责任编辑:代小红

校 对:田 静