

文章编号:1004-9037(2013)06-0000-00

改进的抗噪形态学边缘检测算法

将这两个字换成“椒盐”二字

邓彩霞 王贵彬 杨鑫蕊

将这三个字删掉

(哈尔滨理工大学应用科学学院,哈尔滨,150080)

添加两个字“当今”

摘要:噪声是影响图像的边缘检测效果的主要因素之一。形态学的各种运算可以有效地去除噪声,近年来,利用形态学对含噪图像进行边缘检测的算法已成为人们关注的问题。为了提高图像边缘检测的准确性,降低噪声对图像边缘检测的影响,提出了一种改进的抗噪形态学边缘检测算法,且利用两个不同的结构元素进行边缘检测。对于含有交叠噪声的图像,改进的算法能很好地减弱噪声,得到的图像较平滑,轮廓清晰。边缘定位准确且很好地保留了边缘细节特征。实验结果表明算法抗噪能力较强,客观评价与视觉效果均好。同时,该算法具有一定的实用性和可行性。

关键词:图像处理;边缘检测;数学形态学

中图分类号:TP391.41

将句号改成逗号“,”

添加一个逗号“,”

将逗号改成顿号“、”

Improved Algorithm of Morphology in Edge Detection to Resist Noise

将逗号改成实心句号“.”

Deng Caixia, Wang Guibin, Yang Xinrui

将这个字母删掉

(School of Applied Science, Harbin University of Science and Technology, Harbin, 150080, China)

Abstract: The noise is one of the main factors affecting edge detection of the image. Various morphology operations can remove the noise effectively, and the study of algorithms using morphology to detect the edge of the image with noise is widely concerned in recent years. In order to improve the accuracy of edge detection and reduce the effect of noise on the image edge detection, an improved algorithm of morphology to resist the noise is proposed, using two different structure elements for edge detection. For the image with the salt and pepper noise, the improved algorithm can filter the noise effectively, the improved image is more smooth and clear outline. The edge location is accurate and the detail characteristics of the edge is well retained. The experiment results show that the algorithm has better anti-noise capacity, and the objective evaluation and visual effect are good. Meanwhile, the algorithm has certain practicality and feasibility.

Key words: image processing; edge detection; mathematical morphology

将这两个字母删掉

引 言

边缘是图像最基本的特征,是图像分割及图像理解的重要依据,有着广泛的应用前景。由于图像的边缘经常被噪声所干扰,而噪声和边缘都属于图像的高频信号,在滤除噪声的同时,也破坏了图像的边缘^[1]。因此,为了解决抗噪性能和边缘检测的矛盾,研究有效的边缘检测算法具有重要意义。

边缘检测的方法一直是图像处理与分析技术

中的研究热点,传统经典的边缘检测方法一般利用梯度极大值或二阶导数过零值来检测边缘,如 Roberts, Sobel, Laplacian, Prewitt 和 LOG 等,这些算子都对噪声敏感,在处理含噪声图像时效果不太理想^[2-3]。

近年来,数学形态学方法在图像分析中起着越来越重要的作用,它的基本思想是用具有一定形态的结构元素去量度、提取图像中对应的形状,以达到对图像分析和目标识别的目的^[4]。形态学运算是物体形状集合与结构元素之间的相互作用,它对

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术(12531100)资助项目。

收稿日期:2012-12-26;修订日期:2013-05-23

将2023改成“2013”

边缘方向不敏感,可以在很大程度上抑制噪声,探测到真正的边缘,因此,将数学形态学应用于边缘检测,既能有效地滤除噪声,又能保留图像中原有的细节信息,具有较好的边缘检测效果^[5]。例如,人们在掌形提取时,应用形态学作修正,提出新型的无约束手掌图像采集系统及相应特征定位算法^[6]。用阈值法与数学形态学结合的方法提取颅腔内脑部组织,并用数学形态学对聚类结果进行滤波,给出颅脑 CT 图像分割方法^[7]。利用数学形态学自动检测太阳图像的黑子^[8]。使用旋转形态学给出滤波器的缺陷检测方法^[9]。通过增强数学形态学滤波检测势场的边缘^[10]。数学形态学具有算法简单、可并行处理、速度快、易于硬件实现等特点^[11]。

用传统的形态学方法来进行边缘检测时,只用到一个结构元素,这样只能得到一种类型的边缘,而实际的图像边缘是多样的。由于结构元素的选取对图像边缘提取的效果有很大影响,因此为了能够提取图像较丰富的边缘,本文选择两个不同的结构元素,改进抗噪形态学算子,对噪声图像进行边缘检测。实验结果表明,本文的检测方法优于已有的传统边缘检测算子及单一结构元素的抗噪边缘检测算法,该算法具有良好的抗噪性能,同时提取的图像边缘比较光滑。

1 灰值形态学及其基本运算

灰值形态学是数学形态学的一种,由二值形态学理论推广而来,它可以应用于各种灰度图像和彩色图像,其基本运算主要为灰度腐蚀、灰度膨胀、灰度开启和灰度闭合 4 种。设 $f(x, y)$ 是输入图像, $B(x, y)$ 是结构元素,且都定义在 \mathbf{R}^2 或 \mathbf{Z}^2 上, D_f 和 D_B 分别是函数 $f(x, y)$ 和 $B(x, y)$ 的定义域。

1.1 灰度膨胀

结构元素 B 对 f 的灰度膨胀,记为 $f \oplus B$,其定义如下

$$(f \oplus B)(x, y) = \max\{f(x - x', y - y') + B(x', y') \mid x - x', y - y' \in D_f, x', y' \in D_B\} \quad (1)$$

灰度膨胀是一个扩张的过程,能使目标扩张,孔洞收缩,该运算是在由结构元素确定的邻域中选取 $f+B$ 的最大值,如果结构元素的值都为正,则输出图像的灰度值会比输入图像的高,与灰度值高的像素相邻的暗细节的灰度值会提高,输出图像就会表现为暗细节被削弱或去除,亮区域的范围得到

膨胀,根据膨胀运算的特性,可用于暗细节的消除,亮区域的边缘增强^[12]。

1.2 灰度腐蚀

结构元素 B 对 f 的灰度腐蚀记为 $f \ominus B$,其定义如下

$$(f \ominus B)(x, y) = \min\{f(x + x', y + y') - B(x', y') \mid x + x', y + y' \in D_f, x', y' \in D_B\} \quad (2)$$

灰度腐蚀是一个收缩的过程,能使目标收缩,孔洞扩张,该运算是在由结构元素确定的邻域中选取 $f-B$ 的最小值,如果结构元素的值都为正,则输出图像的灰度值会比输入图像的低,在输入图像中亮细节的尺寸比结构元素小的情况下,其影响会被减弱,减弱的程度取决于这些亮细节周围的灰度值和结构元素的形状和幅值,输出图像的外观表现为边缘部位较亮细节的灰度值会降低,较亮区域边缘会收缩^[12]。

1.3 灰度开启

用结构元素 B 对灰度图像 f 先进行腐蚀,再进行膨胀处理,即为灰度开启,开启运算定义为 $f \circ B$,如下定义

$$f \circ B = (f \ominus B) \oplus B \quad (3)$$

灰度值的开启运算具有非扩展性,可以去除比结构元素更小的明亮的细节,而保持图像整体灰度和大的亮区域基本不受影响。

1.4 灰度闭合

用结构元素 B 对灰度图像 f 先进行膨胀,再进行腐蚀处理,即为灰度闭合,闭合运算定义为 $f \bullet B$,如下定义

$$f \bullet B = (f \oplus B) \ominus B \quad (4)$$

灰度值的闭合运算则具有扩展性,可以去除比结构元素更小的暗色的细节,而保持图像整体灰度和大的暗区域基本不受影响。

鉴于灰度开启和灰度闭合各自具有的特点,所以可以将它们结合起来构成多种滤波器,以对图像进行形态学噪声滤除^[2]。

2 灰度形态学的边缘检测

2.1 结构元素的选取

在数学形态学算法中,选取结构元素应该按照实际需要来进行,当采用小尺度的结构元素提取图像边缘特征时,可以得到较准确的边缘定位,同时反映更多的边缘细节,从而得到连贯的边缘曲线;

将逗号改句号“。”

应该是长一点的减号“-”

右侧需空一格

此括号删掉

x左侧需加括号“(

右侧加逗号“,”

这七个字改为“记为”

右侧需空一格

将逗号改为顿号“、”

将逗号改为顿号“、”

括号删掉

这七个字改为“记为”

当采用大尺度的结构元素时,可以反映图像大的边缘轮廓,并且对噪声具有较强的抑制作用,因此,当需要得到完整的图像边缘信息时,一般选取较小的结构元素,这时,所得的边缘较细,较完整;当需要滤除大部分小的细节边缘,留下粗大边缘时,就要选取较大尺度的结构元素,这时处理后的图像细节较少,只有几条主轮廓,而且轮廓的连续性较差^[13]。在实际应用中,可以根据图像的特征选取适当的结构元素。

2.2 已有的抗噪形态学边缘检测算法

形态学边缘检测主要是利用结构元素对图像进行膨胀腐蚀或者是开启闭合运算之后,再建立一定的数学关系得到相应的图像边缘检测算法,文献[14]中提出了一种抗噪形态学算法

$$y_d = (((f \cdot B) \cdot B) \oplus B) \cdot B - (f \cdot B) \cdot B$$

$$(5)$$

$$y_e = (f \cdot B) \cdot B - (((f \cdot B) \cdot B) \ominus B) \cdot B$$

$$(6)$$

$$y = y_d + 0.8(E_{\max} - E_{\min})$$

$$(7)$$

其中: $E_{\max} = \max\{y_d, y_e\}$, $E_{\min} = \min\{y_d, y_e\}$ 。B 是一个半径为 2 的菱形结构元素,从实验中可以看出当噪声比较大时,抗噪性不是很好,有些噪声没有去除,检测到的图像边缘出现小的锯齿状或者不连续(见图 1~4 中的(e))。为了克服这个缺陷,有必要对已有算法进行改进。

3 基于改进的形态学边缘检测算法

3.1 改进的抗噪形态学边缘检测算法

为了得到图像更好的边缘细节和提高算子的抗噪能力,本文通过多次试验取两个不同的结构元素 B_1, B_2 , 分别为

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

文献[3,15~18]中提到了抗噪型形态学边缘检测算法,为了进一步提高算法的抗噪能力,并且有效地检测出较好的边缘信息,在已有抗噪形态学算法的基础上,利用式(5)、式(6),本文对其进行改进,给出抗噪形态学边缘检测算子如下

$$y_{de} = y_d + y_e$$

$$(8)$$

考虑到在含同等噪声的条件下,式(5)和式(6)能检测到较多的边缘细节,实验也表明式(5)和式(6)检测到的边缘图像做最小运算可以得到边缘细

节的图像,同时考虑到式(8)抗噪能力较强的特点,定义如下算子

$$y = y_{de} + \min\{y_d, y_e\}$$

$$(9)$$

式中, y_d 是利用式(5)检测出来的边缘, y_e 是利用式(6)检测出来的边缘, y_{de} 是利用式(8)检测出来的边缘。

3.2 改进的边缘检测算法步骤

实现改进的边缘检测算法步骤如下:

步骤 1 用结构元素 B_1, B_2 对输入图像滤波并得到图像边缘,即

$$y_d = (((f \cdot B_1) \cdot B_2) \oplus B_2) \cdot B_2 - (f \cdot B_1) \cdot B_2$$

$$(10)$$

$$y_e = (f \cdot B_1) \cdot B_2 - (((f \cdot B_1) \cdot B_2) \ominus B_2) \cdot B_2$$

$$(11)$$

步骤 2 对步骤 1 中得到的图像边缘做最小值运算得到细节边缘,即 $E_{\min} = \min\{y_d, y_e\}$ 。

步骤 3 用改进的算法提取边缘,即

$$y_{de} = y_d + y_e$$

$$(12)$$

步骤 4 对步骤 2 和步骤 3 中的图像边缘做求和运算,得到最终图像边缘 $y = y_{de} + E_{\min}$

$$y = y_{de} + E_{\min}$$

$$(13)$$

这样就可以增强检测到的边缘信息,提高抗噪能力,从而更好地检测出图像的边缘。

4 实验结果与分析

为了便于分析与比较,将平均值为 0.1 的噪声分别加入 man, lena, peppers, flower 图像中,用传统经典边缘检测算法(Sobel 算法和 Canny 算法)、文献[14]提出的算法、文献[19]提出的算法和本文给出的算法分别对加噪图像进行边缘检测。原图像以及加入噪声之后的图像和各个算法的边缘检测结果如图 1~4 所示。从图中可见,传统的经典算法明显对噪声敏感,文献[14]提出的单一结构元素的算法检测的边缘细节不够明显,噪点没有完全滤除。文献[19]提出的算法检测出来的边缘相对较清晰,但是也有很多的噪点没有滤除。本文的算法检测出的边缘信息相比最清晰,而且其抗噪能力较强,且边缘较

为了更客观有效地评价本文提出的边缘检测算法,利用各图像边缘检测后的均方差(MSE)和峰值信噪比(PSNR)作为评价标准,所得结果如表 1 所示。

加一个字“上”

将这个括号删掉

添加“B₂”

将这个加号删掉

将这个数字删掉

将这个括号删掉

逗号和公式都删掉

将句号改成逗号“,”

这两个字改为“椒盐”二字

将逗号改成句号“。”

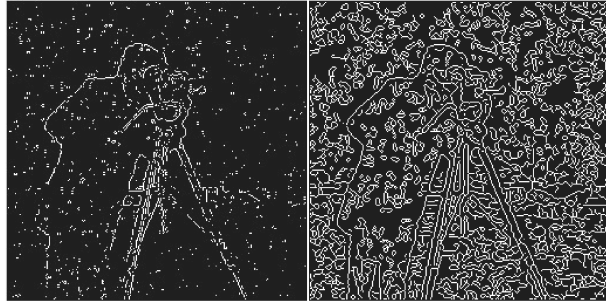
Peak Signal to Noise Ratio, 简称

Mean Square Error, 简称



(a) 原图像

(b) 噪声图像



(c) Sobel算法

(d) Canny 算法



(e) 文献[14]算法

(f) 文献[19]算法

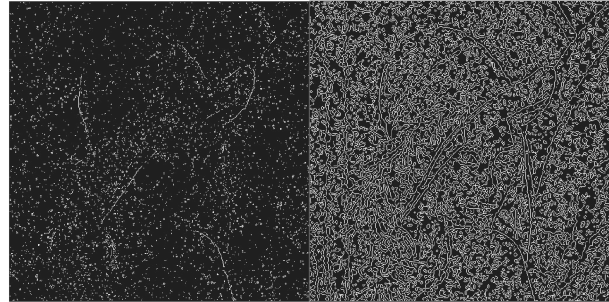


(g) 本文算法



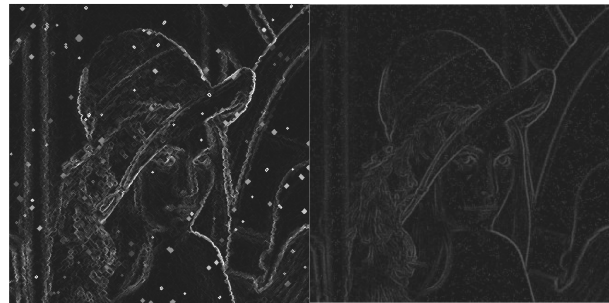
(a) 原图像

(b) 噪声图像



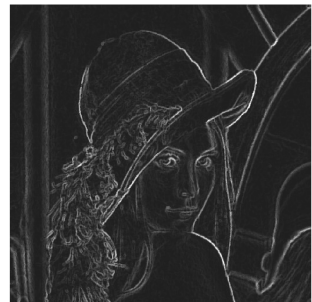
(c) Sobel算法

(d) Canny 算法



(e) 文献[14]算法

(f) 文献[19]算法



(g) 本文算法

图 1 各种算法对 man 边缘检测结果对比

图 2 各种算法对 lena 边缘检测结果对比

表 1 3 种算法关于指标 MSE 和 PSNR 的比较

指标 图像	MSE			PSNR		
	文献[14] 算法	文献[19] 算法	本文 算法	文献[14] 算法	文献[19] 算法	本文 算法
lena	15 662	16 330	15 616	6.182 4	6.001 1	6.195 2
man	13 198	13 414	13 106	6.925 9	6.855 2	6.956 1
peppers	16 190	16 839	16 075	6.008 8	5.867 6	6.042 3
flower	15 494	16 839	1 5437	6.229 2	6.006 6	6.245 1

对比表 1 中的数据可以发现,在含有相同浓度的校验噪声时,本文提出的算法在均方差和峰值信噪比指标上均优于文献[14]和[19]中的算法。由此本文提出的算法提高了去噪性能。

为了考虑几种算法的复杂度的问题,本文对 3 种算法程序在 MATLAB7.0 中的运行时间进行了比较,所得结果如表 2 所示。

这两个字删掉

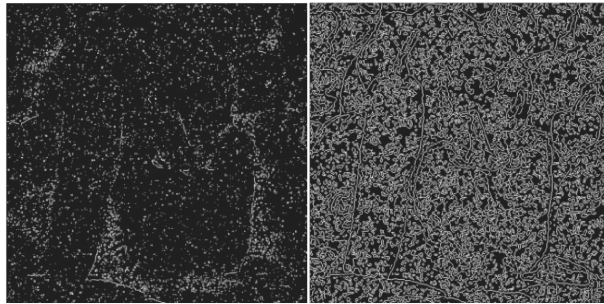
此处调字间距

此处调字间距

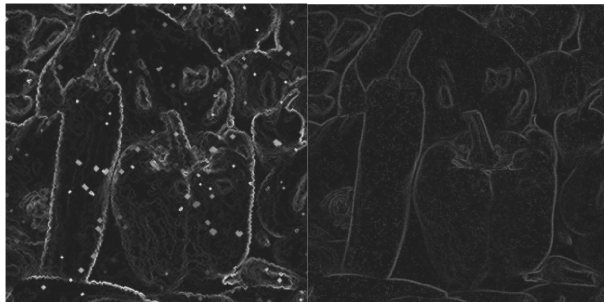
指标
图像



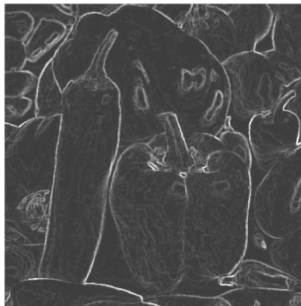
(a) 原图像 (b) 噪声图像



(c) Sobel算法 (d) Canny 算法



(e) 文献[14]算法 (f) 文献[19]算法

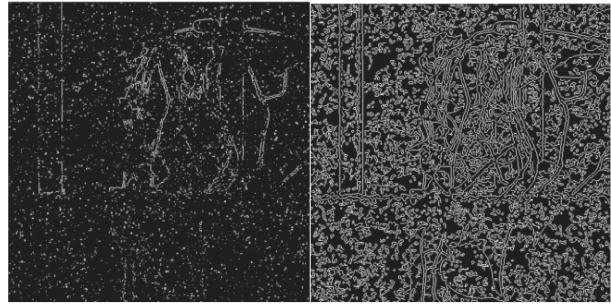


(g) 本文算法

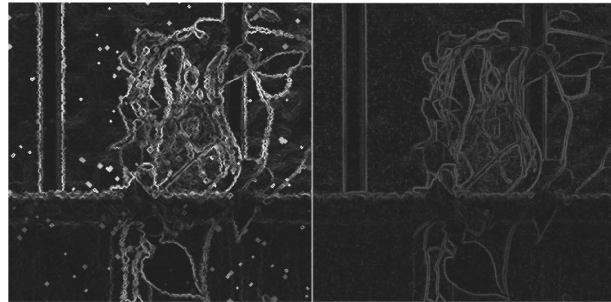
图 3 各种算法对 peppers 边缘检测结果对比



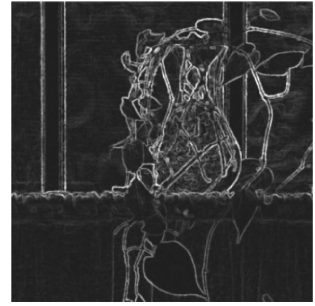
(a) 原图像 (b) 噪声图像



(c) Sobel算法 (d) Canny 算法



(e) 文献[14]算法 (f) 文献[19]算法



(g) 本文算法

图 4 各种算法对 flower 边缘检测结果对比

表 2 3 种算法关于运行时间的比较

图像	文献[14]算法	文献[19]算法	本文算法
lena	1.1420 00	1.674 000	1.157 000
man	1.083 000	1.478 000	1.091 000
peppers	1.317 000	1.823 000	1.325 000
flower	1.496 000	1.907 000	1.532 000

从表 2 可见,与文献[19]算法比较,本文算法主要因为采用了双结构元素,运行时间明显减小;

改成“(单位:s)”

与文献[14]的运行时间相当。

综上所述,本文的算法在客观评价与主观视觉方面都取得了较好的效果。

5 结束语

将这两个字换成“椒盐”二字

图像边缘检测是图像处理和计算机视觉的一个重要研究方向。文中利用改进的抗噪形态学边缘检测算法进行边缘检测,该算法能成功将校验噪声滤除,并检测出图像较详细的边缘信息,解决了

经典微分边缘检测算法和单一结构元素形态学边缘检测算法抗干扰能力小的问题。实验结果证明,改进的算法能较好地提取图像边缘,保持原图像的细节信息,特别是在噪声存在条件下,具有较好的噪声抑制能力,因而更有利于图像的分析与处理。

参考文献:

- [1] 赵晓丽,孔勇. 基于高斯小波的多尺度积图像边缘检测算法[J]. 数据采集与处理,2012,27(4): 490-494.
Zhao Xiaoli, Kong Yong. Image edge detection based on algorithm multi-scale product of Gaussian wavelet [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2012, 27(4): 490-494.
- [2] 王征. 一种基于数学形态学的边缘检测方法[J]. 计算机与数字工程,2012,40(2): 102-104.
Wang Zheng. An edge detection based on method mathematical morphology [J]. Computer & Digital Engineering, 2012, 40(2): 102-104.
- [3] 熊立志,陈立潮,潘理虎. 基于多尺度轮廓结构元素的多形状边缘检测[J]. 计算机应用研究,2012,29(9):3497-3500.
Xiong Lizhi, Chen Lichao, Pan Lihu. Morphologic edge detection based on multi-scale contour structuring elements with multiple structuring elements [J]. Research on Application of computer, 2012, 29(9): 3497-3500.
- [4] 章毓晋. 图像处理和分析教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:286-306.
Zhang Yujin. A course of image processing and analysis [M]. Beijing:Post Telecom & Press, 2009: 286-306.
- [5] 夏平,刘馨琼,向学军,等. 基于形态学多结构基元的含噪图像边缘检测[J]. 计算机仿真,2010,27(7): 206-209.
Xia Ping, Liu Xinqing, Xiang Xuejun, et al. Noise image edge detection Based on morphological multi-structural elements [J]. Computer Simulation, 2010, 27(7): 206-209.
- [6] 戴雷. 无约束手掌图像采集系统及相应特征定位算法[J]. 数据采集与处理,2010,25(2): 183-187.
Dai Lei Non-constraint palm image acquisition system and corresponding feature locating algorithm [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2010, 25(2): 183-187.
- [7] 孙涛,李传富,刘伟,等. 基于特征向量的颅脑 CT 图像分割方法[J]. 数据采集与处理,2010,25(5): 605-610.
Sun Tao, Li Chuanfu, Liu Wei, et al. Segmentation of brain CT images based on eigenvectors [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2010, 25(5): 605-610.
- [8] Curto J J, Blanca M, Martine E. Automatic sunspots detection on full-disk solar images using mathematical morphologies [J]. Solar Phys, 2008, 250: 411-429.
- [9] Yoshioka M, Omatu S. Filter defect detection method using rotational morphology [J]. Artif Life Robotics, 2009, 14: 20-23.
- [10] Li Lili, Ma Guoqing, Du Xiaojuan. Edge Detection in potential-field data By enhanced mathematical morphology [J]. Pure Appl Geophys, 2013, 170: 645-653.
- [11] 蔡友杰,陈秀宏. 基于形态学的边缘检测[J]. 计算机应用与软件,2009,26(5): 213-215.
Cai Youjie, Chen Xiuhong. Edge detection based on morphology [J]. Computer Applications and Software, 2009, 26(5): 213-215.
- [12] 师惠萍,程耀瑜,刘永林. 多尺度的灰值形态学在图像边缘检测中的应用[J]. 山西电子技术,2011,26(5): 25-27.
Shi Huiping, Cheng Yaoyu, Liu Yonglin. Application of Multi-scale Grayscale Morphology in Image Edge Detection [J]. Shanxi Electronic Technology, 2011, 26(5): 25-27.
- [13] 杨丽雯,曾朝阳,张永继. 一种基于数学形态学的灰度图像边缘检测方法[J]. 国外电子测量技术,2012,31(2): 27-30.
Yang Liwen, Zeng Chaoyang, Zhang Yongji. Method for the edge detection of gray-scale image based on the mathematical morphology [J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2012, 31(2): 27-30.
- [14] 于博,牛铮,王力. 抗噪形态学边缘检测新算子图像边缘检测[J]. 信息技术,2012,36(3): 10-12.
Yu Bo, Niu Zheng, Wang Li. A new algorithm of morphology in edge detection to resist the noise [J]. Information Technology, 2012, 36(3): 10-12.
- [15] 王坤,高立群,郭丽. 多尺度结构元素的数学形态学边缘检测新方法[J]. 东北大学学报:自然科学版,2008,29(4):473-476.
Wang Kun, Gao Liqun, Guo Li. Mathematical Morphology Based Image Detection for Multi-scale Structural Elements [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2008, 29(4): 473-476.
- [16] He Qinghang, Zhang Zhenxi. A new edge detection algorithm for image corrupted by white-Gaussian noise [J]. International Journal Electronic Communication, 2007, 61: 546-550.

[17] Pi Qingling, Hu Jianyu. Analysis of sea surface temperature fronts in the Taiwan strait and its adjacent area using an advanced edge detection method[J]. Science China Earth Sciences, 2010, 53(7): 1008-1016.

[18] 黄海龙,王宏,张金峰. 一种基于数学形态学的多形状多尺度边缘检测算法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2010, 31(10):1483-1486.

Huang Hailong, Wang Hong, Zhang Jinfeng. A Multi-shape and Multi-scale Edge Detection Algorithm Based on Mathematical Morphology[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2010, 31(10): 1483-1486.

[19] 王芬芬,白秋果,王彪,等. 基于多结构元素的形态学抗噪边缘检测算法[J]. 电子测量技术, 2008, 31(4): 36-38.

Wang Fenfen, Bai Qiuguo, Wang Biao, et al. Noise-immune morphology algorithm of edge detection based on multi-structural elements [J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(4):36-38.

作者简介:邓彩霞(1965-),女,教授,博士,研究方向:数值逼近、图像边缘检测,E-mail: dengcx2001@hotmail.com; 王贵彬(1982-),男,研究生,研究方向:图像边缘检测;杨鑫蕊(1986-),女,研究生,研究方向:图像边缘检测。

以上所标注的八个英文大写字母均改为小写