

# 基于多结构元多尺度的形态学边缘检测

胡媛媛, 蔡光程

(昆明理工大学 理学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:**在形态学梯度边缘检测算子的基础上,针对图像中的几何特征和噪声提出了一种基于多结构元、多尺度的边缘检测方法,用不同取向的结构元素对图像进行多尺度检测,并综合各尺度下的边缘,得到了噪声存在下的理想边缘。实验表明,文中的方法边缘定位准确、轮廓清晰,保留了更多的图像细节,具有较强的抗噪能力。

**关键词:**形态学;边缘检测;多结构元;多尺度

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)11-0097-03

## Morphological Edge Detection Based on Multi-Structuring Elements and Multi-Scale

HU Yuan-yuan, CAI Guang-cheng

(Faculty of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** The morphological gradient operators of edge detection with multi-structuring elements and multi-scale are given for gray-scale image and noise. Five elements are used to detect multi-directional edges of image at different scales. The more ideal image edges under the environment of existing noise are obtained by integrating the edge characteristics for various scale. The experiments show that compared with traditional morphological edge detection algorithms, the method possesses better edge locating ability and keeps the more edge details, but also the ability of noise interference restrained is stronger.

**Key words:** morphology; edge detection; multi-structure elements; multi-scale

### 0 引言

图像边缘是图像的最基本特征,包含着主要的目标边界信息,这些信息可用于图像分析、目标识别和图像编码,因此,图像边缘信息的提取对于图像处理是非常重要的。基于多结构元的形态边缘检测算法<sup>[1,2]</sup>可以检测出各向边缘,边缘细节丰富,但由于只采用了单一的尺度,在边缘轮廓的准确性和抗噪性方面较差;基于多尺度的形态边缘检测算法<sup>[3,4]</sup>抗噪性能好,边缘轮廓准确,但由于采用了单一的结构元素,不能很好检测出各向边缘,边缘轮廓不够完整,细节不够丰富,且计算量较大。在文献[3]和文献[4]的基础上,提出了基于多结构元和多尺度的形态学梯度边缘检测算法。

### 1 图像的多结构元、多尺度形态边缘检测

图像中对象及特征直接取决于形状,数学形态学

的目的是在时域空间研究形状,所以形态学适用于图像处理。形态运算中的腐蚀、膨胀、开、闭是基于集合的运算<sup>[3]</sup>。对于边缘检测有如下传统的算子<sup>[5]</sup>:

\* 灰度膨胀边缘检测算子:

$$E_d(x, y) = (f \oplus b)(x, y) - f(x, y) \quad (1)$$

\* 灰度腐蚀边缘检测算子:

$$E_e(x, y) = f(x, y) - (f \ominus b)(x, y) \quad (2)$$

\* 灰度膨胀腐蚀边缘检测算子:

$$G(x, y) = (f \oplus b)(x, y) - (f \ominus b)(x, y) \quad (3)$$

由于式(1)是基于形态膨胀,所得到的图像边缘信号较弱,出现了图像的模糊边缘;式(2)是基于形态腐蚀,虽然所得到的图像边缘信号较强,但是相应地增强了噪声。

综合以上,提出修正后的图像边缘检测算子为:

$$E(x, y) = G(x, y) + E_{dec}(x, y) \quad (4)$$

式中

$$E_{dec}(x, y) = \max\{E_d(x, y), E_e(x, y), G(x, y)\} - \min\{E_d(x, y), E_e(x, y), G(x, y)\}$$

修正后的边缘检测算子能在一定程度上减轻边缘模糊性,但还不能解决噪声对目标边缘的影响,为有效

收稿日期:2008-02-24

基金项目:云南省自然科学基金(2005F0025M)

作者简介:胡媛媛(1983-),女,山西太原人,硕士研究生,主要研究方向为图像处理;蔡光程,教授,主要研究方向为图像处理。

减小噪声对边缘检测影响,提出通过调整形态结构元素的方向和尺度的方法来解决。

结构元素的形状和大小都会影响到边缘信息的提取。小尺寸的结构元素去噪声能力弱,但检测边缘细节较好,大尺寸的结构元素去噪声能力强,但检测的边缘较粗糙。因此为了克服噪声的影响,得到准确的边缘信息,必须合理调整结构元素尺度的大小。文中选取平坦的结构元素来进行形态学运算。

在这里采用的多尺度结构元素定义为:

$$b_n = b \oplus b \oplus b \oplus \dots \oplus b$$

式中: $n$ 称为尺度参数,是一正整数; $b$ 为有限结构元素。一般对于含噪图像, $n$ 取2~5为好。

对仅采用一种结构元素,其输出图像中只包含了一种几何信息,不利于图像细节的保持,因此,采用不同取向的多个结构元素更利于匹配到图像中的多种几何信息,可以在滤除不同类型和大小噪声的同时充分保持图像的各种细节。为此采用了1个菱形结构元和4个 $3 \times 3$ 的结构元素: $b = \{(0,1),(-1,0),(0,0),(1,0),(0,-1)\}$ , $b^1 = \{(-1,0),(0,0),(1,0)\}$ , $b^2 = \{(0,-1),(0,0),(0,1)\}$ , $b^3 = \{(-1,1)\},(0,0),(1,-1)\}$ , $b^4 = \{(-1,-1),(0,0),(1,1)\}$ ,其中 $(0,0)$ 表示结构元中心。

设 $f(x,y)$ 为一幅灰度图像, $b_n, b_n^i (0 \leq n \leq N, i = 1, 2, 3, 4)$ 分别为多尺度的结构元素组,其中结构元素图像大小为 $(2n+1) \times (2n+1)$ ,则多尺度边缘检测算子的定义为:

$$E_n^i(x,y) = \frac{1}{N} [\{f \oplus b_n - f \ominus b_n + (\max\{f \oplus b_n^i - f, f - f \ominus b_n^i, f \oplus b_n - f \ominus b_n\} - \min\{f \oplus b_n^i - f, f - f \ominus b_n^i, f \oplus b_n - f \ominus b_n\}) \ominus b_{n-1}^i\}] \quad (5)$$

此算法对阶跃型边缘、斜坡型边缘都有很好的处理。

设 $b_n^i$ 为 $b^i$ 在 $n$ 尺度时的结构元, $E_n^i(x,y)$ 为 $b_n^i$ 检测出的边缘, $E_n(x,y)$ 为尺度等于 $n$ 时的合成边缘,即 $E_n(x,y) = \sum_{i=1}^4 p_i E_n^i(x,y)$  (6)

利用“探针”原理<sup>[6]</sup>,在腐蚀过程中,根据结构元素可填入次数的不同,自适应地根据不同的图像确定结构元素的权重值 $p_i$ 。腐蚀过程中不同形状的结构元素可填入图像的个数分别为: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ,则自适应确定的权重值为 $p_i = \frac{\beta_i}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4}$ 。

多结构元多尺度边缘检测算子的定义为:

$$ME(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_n E_n(x,y) \quad (7)$$

其中, $w_n$ 为各尺度下的权重,其计算方法如下:

1) 分别求出用不同尺度的多结构元素对图像进行开闭、闭开运算的均值滤波图像<sup>[7]</sup>:

$$f_n = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 f_n^i(x,y) \quad (8)$$

$$f_n^i(x,y) = \frac{(f \circ b_n^i \cdot b_n^i + f \cdot b_n^i \circ b_n^i)}{2} \quad (9)$$

2) 计算不同尺度的标准方差 $\Delta_n^2 = |f - f_n|^2$ ;

3) 依据权重与对应的图像差值成反比的原则,确

定权重系数 $w_n, w_n = \Delta_{N-n}^2 / \sum_{n=k}^N \Delta_n^2$

对于无噪图像或噪声比较小的图像,单一尺度就可以较好地检测图像边缘;对于含噪图像,为了提高抗噪能力,可将大尺度的权重取得大一些。

## 2 实验

实验中首先对没有添加噪声的 $256 \times 256$ 的灰度图像lena(图1(a))进行边缘检测。作为对比,同时给出了采用多尺度边缘检测算法和多结构元形态梯度边缘检测算法的结果。从图1可以看出,文中方法在背景和弱的细节方面,比如眼睛、嘴巴、头发等地方比其它方法检测出的效果清晰。



(a) 原图lena

(b) 多尺度边缘检测方法

(c) 多结构元边缘检测方法

(d) 文中方法

图1 无噪声lena图像的边缘检测结果

图2是一幅添加了均值为0,方差为0.01的高斯噪声的 $256 \times 256$ 的灰度图像。

多尺度检测算法抗噪性能较好,边缘轮廓清晰,但不能检测出较多方向的细节,多结构元算法可以检测出各个方向的边缘,边缘连续性也好,但抗噪性能差,轮廓清晰度较差,文中方法可以较好地检测各个方向的边缘细节,且抗噪性能好,边缘清晰、准确。

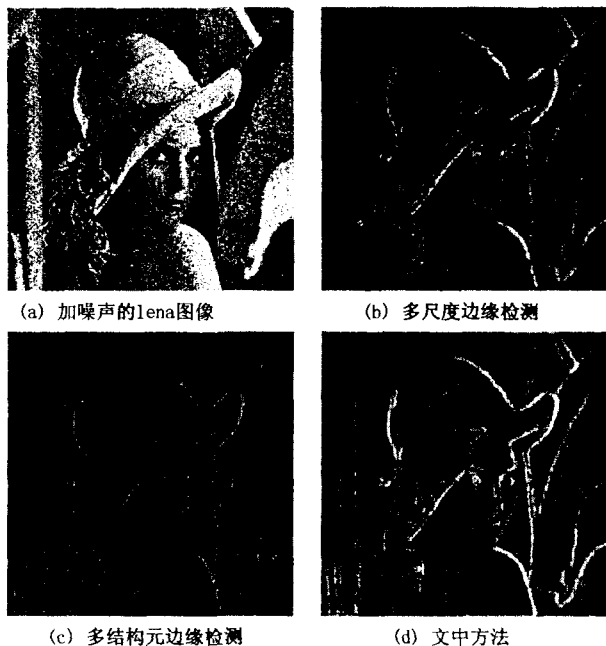


图 2 加噪声 lena 图像的边缘检测结果

### 3 结束语

边缘检测是图像处理领域的基本问题。文中提出的基于数学形态学的多尺度和多结构元的边缘检测算

法,与多尺度和多结构元的边缘检测算子相比,边缘定位准确、轮廓清晰,保留了更多的图像细节,具有较强的抗噪能力。

#### 参考文献:

- [1] 侯志强,韩崇昭,左东广,等.基于局部多结构元素数学形态学的灰度图像边缘检测算法[J].西安交通大学学报,2003,37(4):439-440.
- [2] 范立南,韩晓微,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].武汉大学学报:工学版,2003,36(3):86-90.
- [3] 刘循,游志胜.多尺度形态学图像边缘检测方法[J].光电工程,2003,30(3):56-58.
- [4] 卢官明.一种计算图像形态梯度的多尺度算法[J].中国图象图形学报,2001,3(6):214-218.
- [5] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [6] 陈虎,周朝辉,王守尊.基于数学形态学的图像去噪方法研究[J].工程图学学报,2004,25(2):116-119.
- [7] 费浦生,王文波.基于小波增强的改进多尺度形态梯度边缘检测算法[J].武汉大学学报:信息科学版,2007,32(2):120-123.

(上接第 96 页)

比定律有三种:(1)Amdahl 定律:适用于计算固定负载;(2)Gustafson 定律:适用于可扩放性问题;(3)Sun 和 Ni 定律:存储器受限。文中将验证 Gustafson 定律。加速比:

$$S = \frac{W_s + pW_p}{W_s + p \cdot W_p/p} = \frac{W_s + pW_p}{W_s + W_p} \\ = f + p(1-f)$$

其中  $p$  是并行系统中处理器数; $W_p$  是可并行化部分, $W_s$  是可串行化部分, $W$  是问题的规模, $W = W_s + W_p$ ;  $f(f = W_s/W)$  是串行分量, $1-f$  为并行分量。加速比  $S = f + p(1-f)$  意味着随着处理机器数目的增加,加速几乎与处理器数成比例的线性增加,串行比例不再是程序的瓶颈,这对并行系统的发展是个非常乐观的结论<sup>[7]</sup>。

### 5 结束语

文中重点讨论了用普通 PC 机搭建高性能并行计算 Beowulf 集群,指出在配置环境中的注意事项,最后用 HPJava 的一个实例程序对加速比定律进行验证,从而表明该集群系统具有高效、可靠、可扩充的并行处理

能力。

#### 参考文献:

- [1] 陈莉.科学和工程计算的并行程序设计语言——现状和展望[J].信息技术快报,2005,3(11):3-4.
- [2] 郑纬民,陈文光.Java 与科学和工程计算[EB/OL].1998. <http://www2.ccuw.com.cn/1998/20/167789.shtml>.
- [3] Carpenter B, Fox G, Lee Han-Ku, et al. Translation Schemes for HPJava Parallel Programming Language[R]. [s. l.]: School of Computational Science and Information Technology, 2002.
- [4] Bull J M, Smith L A, Pottage L, et al. Benchmarking Java against C and Fortran for scientific applications[C]//In ACM 2001 Java Grande/ISCOPE Conference. [s. l.]: ACM Press, 2001.
- [5] 王景浩.相关分析在 mpiJava 群组通信化的应用[D].广州:中山大学,2005:23-25.
- [6] 湛俐利,罗省贤.HPJava 在机群环境中的应用[J].微型机与应用,2006,6(6):3-4.
- [7] 陈国良.并行计算—结构、算法、编程[M].北京:高等教育出版社,2004:83-85.