

基于融合技术的图像边缘检测方法

雍 杨¹, 王敬儒¹, 陈昌彬², 张启衡¹

(1. 中国科学院 光电技术研究所, 四川 成都 610209;
2. 总装备部 重庆军事代表局, 重庆 400700)

摘 要:提出一种融合柔性形态学方法与 Sobel 算子的边缘检测方法。利用全方位结构元素对图像进行重复柔性形态学处理,提高了运算速度并抑制了大量的噪声。建立相应的融合原则,对形态学运算获得的边缘和 Sobel 算子检测的边缘进行融合,得到清晰、连续的边缘图像。该方法对噪声具有很好的鲁棒性,处理含噪声图像能得到准确可靠的边缘检测结果。

关键词:图像处理; 边缘检测; 柔性形态学; Sobel 算子; 融合

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)05-0542-03

Edge detection method based on fusion technology

YONG Yang¹, WANG Jing-ru¹, CHEN Chang-bin², ZHANG Qi-heng¹

(1. Institute of Optics and Electronics, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China;
2. Chongqing Military Deputy Bureau of General Armament Department, Chongqing 400700, China)

Abstract: A new edge detection method based on the fusion of soft morphology and Sobel operator is developed. The omnidirectional morphological elements are designed to do recursive soft morphological operation to enhance operation speed and then delete noise. The rule of fusing the edge obtained by morphology and the edge obtained by Sobel operator is established. And the experimental results show that the clear and continuous edge can be got. This method has good robust to noise and can get reliable edge in noisy image.

Key words: Image processing; Edge detection; Soft morphology; Sobel operator;
Fusion

0 引 言

数学形态学是一门建立在集合论基础之上的学科,近年来,在计算机视觉、图像处理、模式识别等方面得到了广泛应用^[1]。柔性形态学是在经典形态变换基础上发展起来的一类非线性算子,它把“顺序统计”的数学思想注入到标准形态学变换中,并将结构

元素分为核心和软边界两大部分,分别以不同的权值参加运算,因此,柔性形态学比标准形态学具有更好的抑制噪声能力^[2,3]。

传统的如 Sobel 算子、Prewit 算子等以微分为基础的边缘检测算子在对含噪声图像的处理中,很难得到令人满意的效果。用柔性形态变换对图像进行边缘检测,虽能很好地抑制噪声,但检测的边缘存在模糊、不连续等不足。如果能将柔性形态学与传统的图

收稿日期:2003-10-16; 修订日期:2003-11-05

作者简介:雍杨(1978-),女,四川茂县人,博士生,从事图像处理、模式识别和目标跟踪方面的研究。

像处理方法相结合,就能充分发挥形态学运算与经典算法的优点,从而得到更好的处理效果。本文提出的边缘检测算法结合柔性形态学与 Sobel 算子两种方法的优点对得到的边缘信息进行融合,从而既有效地抑制了噪声,又保留了连续、清晰的边缘。

1 方法及原理

1.1 柔性形态学

柔性形态学用顺序统计代替了标准形态学中的极大极小运算,它的基本思想是把结构元素 S 分为两个子集,即核心 $A(A \subseteq B)$ 和软边界 $B \setminus A$,这里, A 、 B 为定义在 Z^2 上的凸集,“ \setminus ”代表集合差。另外,柔性形态学还定义了一个重复集(multiset),即对核心元素重复 k 次的集合。这个过程可以表示为:

$$\{k \diamond f(a)\} = (f(a), f(a), \dots, f(a)) (k \text{ times}) \quad (1)$$

因此,柔性形态学的结构元素 $[B, A, k]$ 对灰度图像的柔性形态腐蚀定义为:

$$f \otimes [B, A, k] = k\text{th smallest of multiset} \\ \{k \diamond f(a) \mid a \in A_x\} \cup \{f(b) \mid b \in (B \setminus A)_x\} \quad (2)$$

对灰度图像的柔性形态膨胀定义为:

$$f \oplus [B, A, k] = k\text{th largest of multiset} \\ \{k \diamond f(a) \mid a \in A_x\} \cup \{f(b) \mid b \in (B \setminus A)_x\} \quad (3)$$

当 $k=1$ 时,柔性形态运算就成为了标准形态运算。可以看出,柔性形态学运算是一种加权顺序统计滤波,在集合运算中,在核心处的元素的权值要比在软边界处的元素的权值高。

1.2 结构元素与边缘检测算子

结构元素的选取对柔性形态学处理有着至关重要的作用。不仅柔性形态学的运算速度与结构元素的大小有着密切的联系,而且不同形状、方位的结构元素对图像进行形态学处理也会得到不同的效果。大的结构元素在抑制噪声能力方面强于小的结构元素,但它的运算速度却大大减慢了,为了解决这一矛盾,本文采取全方位结构元素,采用小结构元素对图像进行多次连续的形态学腐蚀运算,以达到提高运算速度、从多个方位抑制噪声的目的^[1-6]。

本文采用的结构元素如图 1 所示,“*”表示核心元素所在的位置。

采用腐蚀或膨胀运算都能得到图像的边缘,本文采

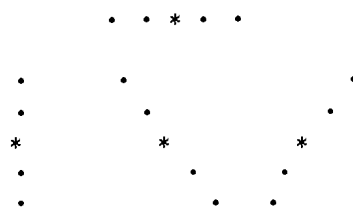


图 1 全方位结构元素

Fig. 1 Omnidirectional structure element

用柔性形态学的腐蚀运算。对图像的处理可表示为:

$$f \otimes B_1 \otimes B_2 \dots \otimes B_n \quad (4)$$

公式(4)表明采用小结构元素对图像作连续多次柔性形态学腐蚀运算。 $B_i (i=1, \dots, n)$ 为图 1 中所示的全方位结构元素。采用的边缘检测算子为:

$$f - f' \otimes [B, A, k] \quad (5)$$

式中 f' 是经过全方位小结构元素柔性形态学腐蚀后得到的图像。由于小结构元素在抑制噪声能力方面不如大的结构元素,故用结构元素为 5×5 的圆盘结构对图像再进行一次柔性形态学腐蚀运算, $k=3$ 。

1.3 边缘信息融合

单一的边缘检测方法只能从某一方面反映图像的边缘信息,近年来信息科学领域发展起来的信息融合技术综合各种手段获得有用信息,从而能有效地提高信息的可信度。

经过柔性形态学全方位腐蚀运算后再提取出的边缘能抑制掉图像中的大部分噪声,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也失去了许多细节边缘部分。而经典的 Sobel 算子利用图像的梯度信息,能得到比较完整连续的边缘,但在对含噪声图像的处理中这个边缘通常被噪声淹没,以至于给图像分割、目标识别等后续处理带来很大的困难。本文融合柔性形态学方法与 Sobel 算子两种方法提取的边缘图像信息,摒弃了无用的噪声点,保留有用的真实边缘,最终得到令人满意的边缘。

设柔性形态学和 Sobel 算子得到的边缘图像分别为 E_1 和 E_2 , 在融合过程中利用以下两个原则:

(1) 考虑到 E_1 中只有极少的噪声点,因此可以用 E_1 的图像信息来剔除 E_2 中的噪声点。具体做法为: E_2 中的一个像素点如果在 E_1 中以此点为中心的 3×3 邻域内有 N 个像素点不为零,则保留此点作为有效的边缘点,否则就认为是噪声点而被摒弃。 N 为设定的阈值。

(2) 在同样的 3×3 邻域内作相关运算, 统计各像素点的绝对差累加和 (MAD)。由于 E_1 的边缘较细且不连续, E_2 的边缘较粗而连续, 因此在真正的边缘点附近两幅图像的 MAD 值是比较大的, 若它大于阈值 T , 就认为该点为真正的边缘点。计算公式如下:

$$MAD(k, l) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n | E_1(k+i, l+j) - E_2(k+i, l+j) | \quad (6)$$

2 仿真结果及分析

图 2 是对一幅无噪声图像分别采用 Sobel 算子与本文提出的算法进行边缘检测的结果, 采用 Sobel 算子时使用一个固定阈值提取边缘, 得到的边缘图像

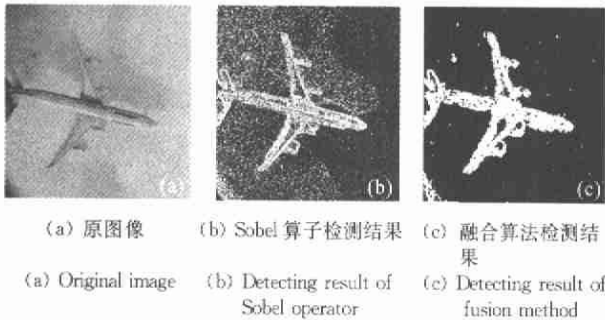


图 2 原图像边缘检测结果
Fig. 2 Edge detection results of original image

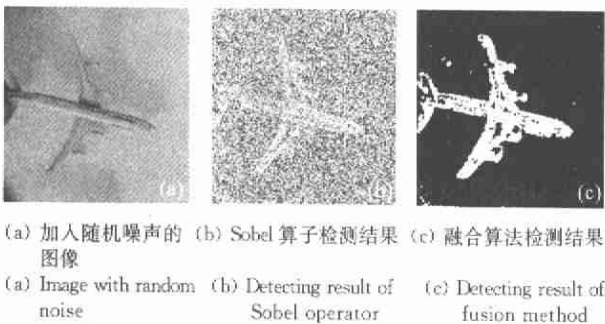


图 3 加噪图像边缘检测结果
Fig. 3 Edge detection results of image with noise

中混杂着许多噪声点, 用柔性形态学与 Sobel 算子的融合算法得到的边缘图像轮廓清晰, 几乎没有噪声。图 3 是对含噪声图像的处理, 可以看到, 对原图像加入随机噪声之后, Sobel 算子检测的边缘几乎被噪声淹没, 很难辨认, 而新的算法能够抑制大量噪声, 提取出清晰的边缘。与未加入噪声的检测结果相比, 检测结果几乎没有变化, 这表明柔性形态学与 Sobel 算子的融合算法对噪声具有很好的鲁棒性。图 4 是对一幅背景比较复杂的图像加入噪声后的边缘检测结果,

可以看到, 本文的算法能清晰地提取出飞机、跑道等物体的轮廓, 明显优于 Sobel 算子的检测效果。在本文的试验中取 $N=5, T=100$ 。

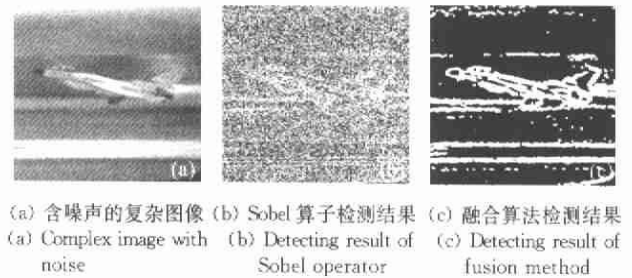


图 4 复杂图像边缘检测结果
Fig. 4 Edge detection results of complex image

3 结论

本文提出的算法综合了柔性形态学与经典的 Sobel 算子的优点, 充分利用柔性形态学抑制噪声能力强的特点, 有效地去除 Sobel 算子检测结果中的噪声, 保留真实的边缘图像。与其他边缘检测方法相比, 本文提出的算法抗噪鲁棒性好, 能有效地解决抑制噪声和保留精细边缘之间的矛盾; 可以根据实际要求选择不同的形态学边缘检测算子和结构元素来达到不同的检测目的, 具有很好的灵活性。另外, 形态学运算简单, 且具有潜在的并行性, 便于图像的实时处理。当然, 该算法也存在一些不足, 如获取的边缘较粗, 不仅包含了真正的边缘点, 还有许多非边缘点, 这就需要采取细化等后续处理以获得更好的边缘。

参考文献:

- [1] 崔屹. 图像处理与分析——数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 黄凤岗, 杨国, 宋克欧. 柔性 (soft) 形态学在图像边缘检测中的应用[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(4): 284-287.
- [3] Michael A Zmuda, Louis A Tamburino. Efficient algorithms for the soft morphological operators[J]. IEEE Transactions on PAMI, 1996, 18(11): 1142-1147.
- [4] Hochong Park, Rolang T. Decomposition of arbitrarily shaped morphological structuring elements[J]. IEEE Transactions on PAMI, 1995, 17(1): 2-15.
- [5] Mukhopadhyay S, Chanda B. An edge preserving noise smoothing technique using multiscale morphology[J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2002, 82(3): 527-544.
- [6] Frank Y Shih, Padmaja Puttagunta. Recursive soft morphological filters[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1995, 4(7): 1027-1032.