

噪声图像形态边缘检测的改进算法

张大明,倪友聪

(安徽建筑工业学院 数理系,安徽 合肥 230022)

摘要:研究了数学形态学在图像边缘检测中的具体应用,针对脉冲噪声污染的图像,深入分析了已有的抗噪型形态学差分算子的优缺点,结合对多方位形态学结构元素在边缘检测中应用的研究,提出了一种改进算法。实验表明,改进算法可以很好地去除噪声,同时较好地检测出图像边缘,改进效果明显。

关键词:边缘检测;数学形态学;形态学结构元素

中图分类号:TP391.4;TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)09-0068-03

Improved Algorithm of Mathematical Morphological Edge Detection for Noisy Image

ZHANG Da-ming, NI You-cong

(Department of Mathematics & Physics, Anhui Institute of Architecture & Industry, Hefei 230022, China)

Abstract: The application of mathematical morphology in edge detection is extensively studied in this paper. Aiming at the image corrupted by impulses, based on existed anti-noises morphological differentiating operators, and combined by multidirection morphological structuring elements, an improved algorithm is developed. The experimental results show that the new algorithm can eliminate the influence of impulsive noises on edge detecting and the improved effect is very evident.

Key words: edge detection; mathematical morphology; morphological structuring elements

0 引言

边缘是图像灰度不连续性的反映,包含了大量的图像信息,反映物体的特征。边缘检测是许多后续处理,如图像分割、目标识别等的重要预处理手段。

作为一种非线性理论,近年来数学形态学应用于图像边缘检测领域。和传统算法^[1~3]相比较,形态学边缘检测算法具有计算量小、实时性好、对噪声不敏感以及算法构造简单灵活等特点。文中通过分析已有的形态学边缘检测算法,提出针对脉冲噪声图像边缘形态学检测的改进算法,通过实验,验证了该算法的有效性,取得较好的结果。

1 数学形态学边缘检测原理

数学形态学滤波是一种非线性图像处理和分析技术,它采用主观的“探针”与客观物体相互作用的方法。“探针”也称为结构元素,依据分析目的而定;而结构元

素与图像集合相互作用的方法构成了形态学滤波的各种算法^[4]。近年来,人们基于对各种结构元素的选择和形态学滤波算法的研究,不断提出各种数学形态学边缘检测算法^[5~7]。

1.1 基本形态学边缘检测

膨胀和腐蚀是数学形态学中两种基本的运算^[8],设 $f(x, y)$ 是输入的图像灰度函数, $b(x, y)$ 是给定的结构元素,且都定义在 R^2 或 Z^2 上, D_f 和 D_b 分别是函数 $f(x, y)$ 和 $b(x, y)$ 的定义域,则

$b(x, y)$ 对 $f(x, y)$ 进行灰度膨胀定义为:

$$(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\} \quad (1)$$

$b(x, y)$ 对 $f(x, y)$ 进行灰度腐蚀定义为:

$$(f \ominus b)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) - b(x, y) \mid (s+x, t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b\} \quad (2)$$

由膨胀和腐蚀运算可以构造出另两种形态学运算, $b(x, y)$ 对 $f(x, y)$ 进行开运算定义为:

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

$b(x, y)$ 对 $f(x, y)$ 进行闭运算定义为:

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

根据灰度形态学基本运算的特点,可以得到形态

收稿日期:2006-08-06

基金项目:安徽建筑工业学院硕博科研启动项目(20051101)

作者简介:张大明(1976-),男,河南人,讲师,硕士,研究方向为数字图像处理、计算机视觉。

学差分算子,传统的形态学差分算子有: $f - f \ominus b, f \oplus b - f, f \oplus b - f \ominus b$ 。形态学差分算子得到的梯度图像使图像的灰度级跃变更为剧烈,可以用来检测图像边缘。需要说明的是,文中边缘检测算法中不涉及阈值算法。

1.2 抗噪型与多方位结构元素的形态学边缘检测

图像往往都含有噪声,所以边缘检测对算法的抗噪性提出了要求。传统形态学差分算子抗噪性是较差的(见图1(c))。

脉冲噪声是一种常见的噪声,它的灰度值明显区别于其邻域像素灰度值,分正脉冲(亮的)和负脉冲(暗的),其连通区域的宽度往往小于结构元素的。而开运算会去掉与结构元素的形状不相吻合的亮的灰度分布结构,同时保留相吻合的亮的结构;闭运算则会填充图像上与结构元素形状相吻合的暗的灰度分布结构,而保留那些相吻合的暗结构。所以开、闭运算能滤除小于结构元素的正负脉冲点或区域。但开、闭元素分别只能处理图像的明、暗部分,为单边滤波器,而采用开、闭元素的串联,可以达到双边滤波的作用^[4]。形态学差分算子一方面要保留图像细节信息,另一方面要对正负脉冲噪声均响应为零,李向吉等^[5]提出了针对脉冲噪声的抗噪性形态学差分算子:

$$\text{膨胀型: } (f \oplus b) \ominus b - (f \oplus b) \cdot b \quad (5)$$

$$\text{腐蚀型: } (f \cdot b) \oplus b - (f \cdot b) \ominus b \quad (6)$$

由于结构元素的“探针”作用,图像边缘的形状由结构元素的形状确定。对不同形状的边缘采用不同的结构元素具有更强、更确定的适应性;在形态学差分算子中采用不同方向的结构元素,可以提高对图像方向的敏感性。这种结构元素称之为多方位结构元素。梁勇^[6]采用了一种 5×5 窗口,有8个方位的结构元素。多方位结构元素的形态学差分算子可以描述为:

$$g = \left(\sum_{i=1}^n f * h_i \right) / n \quad (7)$$

其中 h_i 为第 i 个方位的结构元素, $*$ 为形态学差分算子, g 为梯度图像。

2 改进算法及仿真实验

2.1 改进算法

抗噪型形态学差分算子可以较好地去除脉冲噪声,但由于在膨胀、腐蚀运算的同时,又进行了开、闭运算,固然去除了噪声,可是也使得明、暗细节产生了明显的丢失。这与LOG边缘检测算子中高斯平滑的效果很类似。

多方位形态学差分算子可以很好地保留图像各个方向的细节信息,但由于使用的是多方位结构元素,宽

度一般较小,正负脉冲点或区域的宽度将大于结构元素,使得脉冲噪声不能被较好地滤除。所以多方位结构运算虽然可以使图像边缘保留完整,却增加了对噪声的敏感性。同时结构元素的尺度大小也影响了检测边缘的粗细。小尺度的结构元素得到的梯度图像的边缘更细,但同样由于尺度较小,对噪声也更敏感一些。限于篇幅,文中没有给出不同尺度大小结构元素边缘检测的梯度图像,为了得到精细的边缘,实验中采用的是如下的 3×3 多方位结构元素:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & & \\ & 1 & \\ & & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} & 1 & \\ & & 1 \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

基于以上分析,把多方位结构元素引入到抗噪型形态学差分算子中可以在一定程度上实现两种算法的取长补短,即抗噪型算子可以克服多方位结构元素算子对噪声的敏感性,而多方位结构元素算子可以减少抗噪型算子对细节信息的丢失。通过多次实验观察,两种算子结合后对噪声图像处理所得的梯度图像中,会残留细小的噪声点,一般大小为 1×2 或 2×1 。这仍是由于多方位结构元素尺度小所产生的。对其分别采用 $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, [1, 1]$ 两种结构元素进行腐蚀,可以去除绝大多数残留噪声点,而由于其尺度很小,不会对细节信息产生大的影响,从而得到“干净”且细节丰富的梯度图像(见图1(d))。

以上分析可以归纳为如下边缘检测算法:

(1) 输入图像 $f(x, y)$, 分别用多方位结构元素 $h_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 进行抗噪型形态学差分运算:

$$g_i(x, y) = (f \cdot h_i) \oplus h_i - (f \cdot h_i) \ominus h_i \quad (8)$$

(2) 对各个方向梯度图像进行合成:

$$g(x, y) = \left(\sum_{i=1}^n g_i \right) / n \quad (9)$$

(3) 对 $g(x, y)$ 分别用结构元素 $b_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, b_2 =$

$[1, 1]$ 腐蚀,得到最终的梯度图像:

$$G(x, y) = (g \ominus b_1) \ominus b_2 \quad (10)$$

2.2 仿真实验

仿真实验采用的测试图像为添加了5%脉冲噪声的lena图(见图1(a)),其大小为 256×256 ,灰度级为8bits。

图1(b~d)是用各种形态学差分算子对噪声图像(见图1(a))滤波的梯度图像。从图中可以看到,传统形态学差分算法对噪声是敏感的,多方位结构元素还增加了这种敏感性(见图1(c))。抗噪型算子虽然滤除脉冲噪声较好,但还会残留少量噪声点;且由于结构

元素形状的原因,会留下噪声区域的边缘,梯度图像边缘具有明显的方块效应,边缘较粗糙、定位不够准确、细节信息丢失较多(见图 1(b))。而改进算法的效果是明显的,相比之下,很好地抑制了噪声,同时也更多地保留了边缘信息,边缘精细(如眼睛、羽毛等细节处),定位较准确(见图 1(d))。

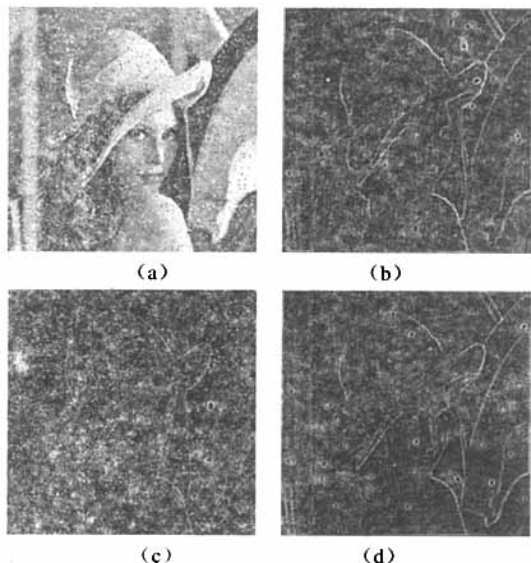


图 1 噪声图像及其各种形态学边缘检测图像

图中,(a)为加 5% 脉冲噪声的 lena;(b)为结构元

素为 $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 、抗噪型形态学差分算子(式 6)的检测

(a)图的结果;(c)为 3×3 四个方向的多方位结构元素、传统形态学差分算子($f - f \ominus b$)的检测(a)图的结果;(d)为文中改进算法检测(a)图的梯度图像。

(上接第 67 页)

5 结 语

通用的搜索引擎不能满足不同背景、不同目的和不同时期的查询请求,文中提出了利用领域分类模型上的概率分布来表达用户的兴趣模型,与文档聚类技术相结合,主动推荐用户感兴趣的文档。与矢量空间模型相比,概率模型更好地表达了用户的兴趣和变化。

参考文献:

- [1] Zeng C, Xing C X, Zhou L Z. A survey of personalization technology [J]. Journal of Software, 2002, 13(10): 1952 - 1961.
- [2] Shi Lei, Han Yingjie, Ding Xiaoguang et al. An SPN based Integrated Model for Web Prefetching and Caching [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2006, 21(4): 482 -

3 结 论

通过分析和实验,可以看到,抗噪型差分算子可以较好地提取边缘的同时抑制噪声,但同时较多地丢失了明、暗的边缘信息;多方位结构元素通过构造多个方向的结构元素,增强了提取边缘的准确性和完整性,但对噪声更为敏感。改进算法将两种算法的优势相结合,同时使用小尺度结构元素对残留的噪声点去除,很好地解决了抑制脉冲噪声和精细提取边缘的矛盾,具有一定的实用性。

参考文献:

- [1] 孙即祥. 图像分析[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [2] Schulze M A, Wu Qing X. Noise reduction in synthetic aperture radar imagery using a morphology - based nonlinear filter [C]//Proceedings of DICTA95, Digata Image Computing: Techniques and Applications. Brisbane, Australia: [s. n.], 1995: 661 - 666.
- [3] Wang Qin, Li Ziqin, Li Qi, et al. A nedge detection algorithm for imaging ladar [J]. Chinese optics letters, 2003, 1(5): 272 - 274.
- [4] 龚 炜, 石青云, 程明德. 数字空间中的数学形态学——理论以及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 李向吉, 丁润海. 脉冲噪声污染图像中的数学形态学边缘检测器[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(11): 903 - 906.
- [6] 梁 勇, 李天牧. 多方位形态学结构元素在图像边缘检测中的应用[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 1999, 21(5): 392 - 394.
- [7] 付永庆, 王咏胜. 一种基于数学形态学的灰度图像边缘检测算法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2005, 26(5): 685 - 687.
- [8] Gonzalez R C, Wodds R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦等译. 北京: 电子工业出版社, 2003.

489.

- [3] Zamir O, Etzioni O. Web Document Clustering: A Feasibility Demonstration [C]//In: Proc. of SIGIR'98. New York: ACM Press, 1998: 46 - 54.
- [4] Witten I H, Paynter G W, Frank E, et al. KEA: practical automatic keyphrase extraction [C]//In: Proc. of the 4th ACM Conf. on Digital Library. New York: ACM Press, 1999: 254 - 255.
- [5] Joachims T. A probabilistic analysis of the rocchio algorithm with TFIDF for text categorization [C]//In Proc. of the 14th Int. Conference on Machine Learning. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1997: 143 - 151.
- [6] Zamir O, Etzioni O. Grouper: A dynamic clustering interface to web search results [J]. Computer Networks: The Int. Journal of Computer and Telecommunications Networking, 1999, 31(11 - 16): 1361 - 1374.