

新的形态学图像降噪方法

黄宝贵¹, 马春梅¹, 卢振泰²

(1. 曲阜师范大学 计算机科学学院, 山东 日照 276826; 2. 南方医科大学 生物医学工程学院, 广州 510515)

(hjbaogui@163.com)

摘要:提出一种新的基于轮廓结构(CB)元素形态学的多尺度图像降噪方法。考虑到图像在不同尺度下的特性,用基于轮廓结构元素形态学的多尺度算法滤除图像噪声,然后将不同尺度下的降噪图像加权融合在一起,从而得到最终的降噪图像。通过大量实验证明该方法能够有效去除多种不同类型的图像噪声,并在抑制噪声的同时很好地保护了图像的细节和边缘信息。

关键词:数学形态学;多尺度;图像降噪;滤波

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

New image denoising approach based on morphology

HUANG Bao-gui¹, MA Chun-mei¹, LU Zhen-tai²

(1. School of Computer Science, Qufu Normal University, Rizhao Shandong 276826, China;

2. School of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou Guangdong 510515, China)

Abstract: A new image denoising method based on Contour Bougie (CB) elements morphology was proposed. Considering the image characteristics on different scales, the morphological multi-scale algorithm based on contour structure elements was employed to remove the noise in image, and then the weighted fusion of the denoised image on different scales was done. A large number of experiments show that the proposed method can not only suppress many kinds of image noise but also protect the image detail effectively.

Key words: mathematic morphology; multi-scale; image denoising; filter

0 引言

图像噪声严重影响图像处理的结果,因此,恢复噪声污染图像是数字图像处理的一个重要研究内容。图像滤波性能的好坏通常会直接影响到后续处理与分析的有效性与可靠性。因此设计性能优越的图像滤波算法一直是图像处理的一个重要任务之一。

线性(卷积)滤波^[1]在去除噪声污染的同时会造成图像边缘的模糊,使图像特征的定位精度及特征的可抽取性降低,无法保留陡变边缘。中值滤波^[2]是一种经典的非线性滤波方法,它将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值,对消除椒盐噪声非常有效。自适应中值滤波^[3-4]在去除噪声和保持细节方面效果良好,能处理具有更大概率的冲激噪声,但随着脉冲噪声概率的增大,其处理效果也随之下降。形态学滤波作为一种非线性滤波方法在目标提取、抑制噪声等图像处理领域有着广泛的应用。形态滤波器是基于信号的几何特征,利用预先定义的结构元对信号进行匹配,以达到提取信号、抑制噪声的目的。其中,结构元素的选择成为决定滤波效果好坏的重要因素。多尺度、自适应结构元素的形态学滤波算法相继提出^[5-7]。它们在去除噪声与保持图像细节方面都具有一定的优势,但用多尺度的结构元素进行形态学运算时,运算量大,系统效率较低。而且,这些形态学运算都以形状作为其处理的基本原则,图像的处理效果与结构元素的形状有很大关系。所以,这些方法对结构元素形状过于敏感的弱点大大限制了它们的应用。

基于轮廓结构(Contour Bougie, CB)元素的形态学^[8]的提出使得形态学运算对结构元素的形状依赖性大大降低,弱

化结构元素形状对处理的影响。文献[9]提出的基于轮廓结构元素形态学滤波方法,虽然对结构元素的形状依赖性大大降低,能保持图像细节,但去噪能力弱,尤其当噪声较多时去噪效果较差。文献[10]结合中值滤波和基于图谱的阈值分割方法,提出了一种基于轮廓结构元素和阈值分割的数学形态学去噪算法。对图像进行阈值分割得到目标图像和背景图像,采用不同的轮廓结构元素滤波器算子对得到的2幅图像进行滤波并合成。该算法在保持图像细节与噪声去除方面效果良好,但算法复杂,计算量较大。

考虑到图像在不同尺度下的特性,本文提出了一种基于CB形态学变换的多尺度图像滤波算法。分别用不同尺度结构元素对噪声图像进行基于CB形态学的开闭运算,并对运算后的图像进行加权融合。实验结果表明本文算法对含有大量噪声的图像有较强的滤波能力,而且很好地保持了图像的细节和边缘信息。

1 基于轮廓结构元素的形态学

经典的形态学变换如腐蚀、膨胀、开、闭等均以形状作为其处理的基本原则,因此结构元素的形状的选择往往决定了变换的结果。CB形态学利用结构元素的轮廓重新组织形态学运算,削弱了经典形态学在运算中以形状为处理要素时对图像产生的模糊效应,更好地保护了图像细节,对图像的边缘检测非常有利。

对于给定的灰度图像 f ,结构元素 B ,定义 f 关于 B 的轮廓 ∂B 的CB腐蚀和CB膨胀分别为:

$$\hat{E}_B(f) = f \ominus \partial B \quad (1)$$

收稿日期:2010-08-10;修回日期:2010-09-22。 基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(30730036)。

作者简介:黄宝贵(1977-),男,山东临沂人,讲师,硕士,主要研究方向:数字图像处理、模式识别; 马春梅(1978-),女,山东威海人,讲师,硕士,主要研究方向:数字图像处理; 卢振泰(1981-),男,山东济宁人,博士,主要研究方向:图像配准与融合、图像分割。

$$\hat{D}_B(f) = f \oplus \partial B \quad (2)$$

进一步可以定义 f 关于 B 的轮廓 ∂B 的CB开变换和闭变换分别为:

$$CBO_B(f) = (f \ominus \partial B) \oplus B \quad (3)$$

$$CBC_B(f) = (f \oplus \partial B) \ominus B \quad (4)$$

定义算子 $O_B(f)$ 和 $C_B(f)$ 如下:

$$O_B(f) = \max\{f, CBO_B(f)\} \quad (5)$$

$$C_B(f) = \min\{f, CBC_B(f)\} \quad (6)$$

式(5)、(6)说明,上述两个算子将只会填充(削低)某些 f 表面上的“坑”(“堆”)而对 f 的其他部分丝毫不加改变,它们是以“坑”或“堆”结构的支持域的延展度而不是尺寸为处理原则,即它只会滤除 f 上延展度相对于 B 更小的“坑”或“堆”,不会去除有用的信息。但这种处理受周围像素灰度分布的影响较大,所以在实际处理中常常使用多尺度运算以使得即使在周围像素灰度分布较复杂的情况下变换仍能有效地工作。

给定多尺度结构元素序列 $S = \{B_0, B_1, \dots\}$,其中 $B_0 = \{0\}$,则基于 S 的 n -尺度CB开变换 $O_S^n(f)$ 和闭变换 $C_S^n(f)$ 为:

$$O_S^n(f) = \max_{1 \leq i \leq n} O_{B_i}(f) \quad (7)$$

$$C_S^n(f) = \min_{1 \leq i \leq n} C_{B_i}(f) \quad (8)$$

2 基于轮廓结构元素的多尺度图像降噪

$O_S^n(f)$ 和 $C_S^n(f)$ 仍是分别以“坑”和“堆”为基本单元的变换,前者填充某些小延展度的“坑”,后者削低某些小延展度的“堆”,同时它们对原图像其他内容不加任何改变,从而保护了图像的细节。 $O_S^n(f)$ 只能滤除负的噪声信号,而 $C_S^n(f)$ 只能滤除正的噪声信号。然而在实际图像中往往这两类噪声同时存在,因此常常将这两个变换级联起来以同时滤除正和负的噪声。变换形式如下:

$$P_n = C_S^n O_S^n = O_S^n C_S^n \quad (9)$$

基于小尺度的结构元素变换能保留图像细节,但降低了滤除噪声的能力;大尺度的结构元素有好的滤波性能,同时会滤除掉低强度的图像细节。

3 多尺度加权融合的形态学降噪

设输入图像为 I_0 。根据 I 受污染程度不同选择不同尺度的结构元素,处理污染严重的图像选择大尺度的结构元素,反之则选择小尺度的结构元素。

1) 首先用较小尺度的结构元素 B_1 对 I 进行基于轮廓结构元素的形态学开闭运算,输出结果为 I_1 。小尺度的结构元素变换保留了大量图像细节,但滤除噪声的能力较弱。 I_1 中符合或小于 B_1 几何形状的噪声已经滤掉,即,能够装入 B_1 的噪声已经过滤掉了,剩余的是较大延展度的噪声团块。假设 B_1 可填入图像的次数为 m_1 。

2) 用较大尺度的结构元素 B_2 对 I_1 继续进行基于轮廓结构元素的形态学开闭运算,输出结果为 I_2 。大尺度的结构元素变换滤除噪声的同时也会过滤掉一些图像细节。假设 B_2 可填入图像的次数为 m_2 。

3) 重复上述运算过程 n 次,第 n 次运算输出图像为 I_n 。假设 B_n 可填入图像的次数为 m_n 。

4) 对每次形态学运算的输出结果加权融合,得到最终处理的结果 I' ,即:

$$I' = \alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 + \dots + \alpha_n I_n$$

其中:

$$\alpha_i = \frac{m_i}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

4 实验结果分析

本文对Lena图像用Matlab 6.5进行计算机仿真,分别添加密度为0.05、0.3的椒盐噪声,然后用本文方法进行滤波,并与中值滤波和基于轮廓结构元素和阈值分割(Contour Bougie and Threshold Segmentation, CBTS)的形态学去噪^[10]方法进行对比,结果如图1所示。图1(b)和图1(f)分别加密度为0.05和0.3的椒盐噪声,噪声污染轻的(图1(b))图像,用小尺度一次形态学运算即可达到理想的降噪目的;噪声污染重的(图1(f))图像,则需用大尺度形态学运算降噪。



图1 Lena图像实验结果

实验结果表明,对于污染较轻的图像, n 取1或2;对于污染较重的图像, n 取3或4;结构元素的尺度可以是 3×3 到 7×7 。形状则根据要处理的图像噪声情况来决定。

与中值滤波(图1(d)、图1(h))及CBTS滤波(图1(e)、图1(i))相比,本文算法(图1(c)、图1(g))在有效去除噪声的同时能够保持大量图像细节,说明了本文算法的有效性。

图2是对一幅头部CT医学图像加噪并用本文算法进行处理的结果。

为了客观评价本文算法的滤波效果,用峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)来作为评价标准。其中PSNR计算如下:

$$PSNR = 10 \lg \frac{MN}{MSE} \quad (11)$$

其中: $MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f'(i, j) - f(i, j))^2$, $f'(i, j)$ 是滤波后的图像, $f(i, j)$ 是不含噪声的原始图像, M 和 N 分别是图像的长宽。表1给出了Lena在加入不同噪声并处理后的PSNR比较结果。

由定义可知,PSNR越大,说明两幅图像越接近,滤波效果越好。表1说明,当噪声污染较小时,本文算法与中值滤波及CBTS滤波差别不大;当噪声污染较大时,本文算法的处理效果比较好。

5 结语

本文基于CB形态学提出了一种多尺度的图像降噪算法。利用CB形态学对图像进行滤波,对小延展度的噪声用小尺度

结构元素、大延展度的噪声用大尺度结构元素进行滤波,在有效抑制噪声的同时保护了图像的细节。实验结果表明该算法既能保持图像原有细节又能抑制图像的噪声。本文算法中的尺度及结构元素的选取根据所处理的图像的不同,通常根据经验而进行人为的设置,这在一定程度上受主观因素的影响。如果能根据图像本身的特性自适应地选择尺度及结构元素,图像的处理效果应该更好。这是下一步工作所要解决的问题。

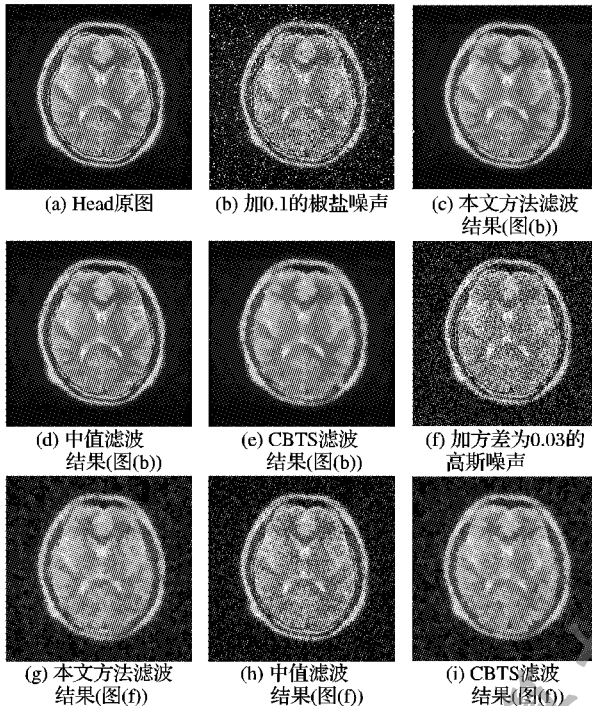


图2 Head 图像实验结果

(上接第 732 页)

感,漏检较少。但方法 1 没有考虑车牌颜色信息,导致部分背景区域(如背景文字)被误判为车牌,误检较多。方法 2 首先在 RGB 颜色空间检测彩色边缘,然后在 HSI 空间使用神经网络检测特定彩色边缘对。但当像素的强度值接近于 1 或接近于 255 时,对应的 H 分量不能正确反映色调信息。本文还发现,使用方法 2 处理夜间图像或低对比度图像时,漏检较多。

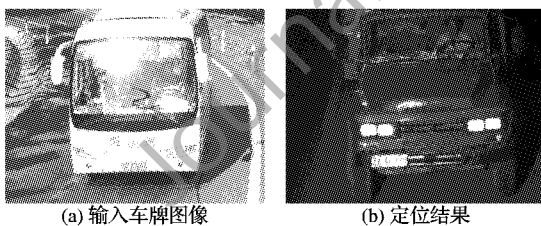


图 11 车牌漏检(黄色车牌)

5 结语

本文提出了一种基于四元数特定颜色对边缘检测的车牌定位方法。该方法综合利用了车牌的颜色、边缘和形状特征。使用一种改进的基于四元数的特定颜色对边缘检测技术,并结合形态学膨胀运算,提取潜在车牌区域;然后利用形状特征约束去除干扰区域。实验结果表明,该方法对背景复杂、车牌图像质量差等情况的白天和夜间车牌图像均能有效处理,具有良好的鲁棒性。与同类方法相比,所提算法对车牌颜色变化情况更不敏感。

参考文献:

[1] ANAGNOSTOPOULOS C N E, ANAGNOSTOPOULOS I E, LOU-

表 1 PSNR 比较结果

噪声类型	参数	值	PSNR			
			含噪图像	中值滤波	CBTS 滤波	本文算法
椒盐噪声	密度	0.01	31.6	43.3	43.5	43.5
椒盐噪声	密度	0.05	24.7	41.1	41.8	42.2
椒盐噪声	密度	0.30	16.9	29.8	32.1	34.3
高斯噪声	方差	0.03	21.5	28.7	30.3	32.3

参考文献:

- [1] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] TUKEY J W. Nonlinear (Nonsuperposable) methods for smoothing data [C]// Proceedings of the Electronics and Aerospace Systems Conference. Washington, DC: [s. n.], 1974: 673-681.
- [3] 张恒, 雷志辉, 丁晓华. 一种改进的中值滤波算法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 408-411.
- [4] 王晓凯, 李锋. 改进的自适应中值滤波[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(3): 175-176.
- [5] 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.
- [6] 王小鹏, 郑玉甫. 一种图像噪声的形态学多尺度去除方法[J]. 计算机工程, 2006, 32(4): 208-210.
- [7] 肖启芝, 许凯, 关泽群, 等. 一种形态学滤波结构元的选择方法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(21): 49-51.
- [8] 龚伟, 石青云, 程民德. 数字空间中的数学形态学——理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [9] MUMFORD D, SHAH J. Optimal approximation by piece-wise smooth functions and associated variational problems [J]. Communications on Pure and Applied Mathematics, 1989, 42(5): 577-685.
- [10] 胡学刚, 吴勇. 基于轮廓结构元素和阈值分割的形态学去噪[J]. 计算机工程, 2009, 35(23): 212-213.

MOS V, et al. A license plate-recognition algorithm for intelligent transportation system applications [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2006, 7(3): 377-392.

- [2] GAO D S, ZHOU J. Car license plates detection from complex scene [C]// Proceedings of Internal Conference on Image Processing. Beijing, China: [s. n.], 2000: 1409-1414.
- [3] BAI H L, LIU C P. A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology [C]// Proceedings of International Conference on Pattern Recognition. Cambridge, UK: [s. n.], 2004: 821-834.
- [4] 张玲, 刘勇, 何伟. 自适应遗传算法在车牌定位中的应用[J]. 计算机应用, 2008, 28(1): 184-186.
- [5] 陈斌, 游志胜. 车牌号码颜色提取搜索方法[J]. 计算机应用, 2001, 21(4): 74-75.
- [6] 郭捷, 施鹏飞. 基于颜色和纹理分析的车牌定位方法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(5): 472-476.
- [7] 李文举, 梁德群, 张旗, 等. 基于边缘颜色对的车牌定位新方法[J]. 计算机学报, 2004, 27(2): 204-208.
- [8] 刘万军, 姜庆玲, 张闯. 基于 CNN 彩色图像边缘检测的车牌定位方法[J]. 自动化学报, 2009, 35(12): 1503-1512.
- [9] EVANS C, ELL T, SANGWINE S. Colour-sensitive edge detection using hypercomplex filters [C]// Proceedings of European Signal Processing Conference. Tampere, Finland: [s. n.], 2000: 107-110.
- [10] WANG J, LIU L. Specific color-pair edge detection using quaternion convolution [C]// Proceedings of International Congress on Image and Signal Processing. Yantai: China: [s. n.], 2010: 1138-1141.
- [11] SANGWINE S, LE BIHAN N. Quaternion toolbox for Matlab [EB/OL]. [2010-08-20]. <https://sourceforge.net/projects/qtfm/>.