

# 一种应用锥形结构元素的形态学滤波器<sup>①</sup>

A morphology filter based on wimble structureing element

莫建文 张顺岚 (桂林电子工业学院 541004)

**摘要:**数学形态学滤波作为一种非线性滤波方法,在抑制噪声、模式识别等图像处理领域得到了广泛的应用。本文采用锥形结构元素构造数学形态学滤波器,使得在滤去噪声同时,能保持原有图像的较丰富的细节,并通过调整结构元素参数,使滤波效果达到最佳。

**关键词:**数学形态学 滤波器 锥形结构元素

## 1 引言

数学形态学的理论包含内容十分广阔,应用到图像处理的很多领域中。作为一种非线性的滤波方法,在图像处理领域得到了广泛的应用。由于图像在形成、传输、接收和处理过程中,受到环境、系统性能和人为因素等多方面影响,不可避免的存在噪声干扰,它使图像变质,影响图像质量。要想使有复杂背景噪声的图像得到应用,则必须先进行图像滤波以去除噪声。

传统的滤波器及通常的扁平结构元素形态学滤波器在过滤噪声时存在一定缺陷,它们在过滤噪声同时,把图像的许多边缘细节也滤掉了。为了改善滤波效果,许多文献采用多结构元素并行处理的方法。本文从另一角度出发,采用锥形结构元素的形态学滤波器,使得在滤去噪声的同时,能最大限度保留原始影像信息。

## 2 灰度图像的形态学变换

灰度数学形态学是二值数学形态学对灰度图像的自然扩展,在灰度形态学中,二值化形态学中所用到的交、并运算将分别用最大、最小极值运算代替。灰度图像的腐蚀和膨胀过程可直接从图像和结构元素的灰度级函数计算出来。

灰度图像的形态学变换中的基本定义如下:

设待处理图像为  $f$ , 结构元素为  $g$ 。

定义 1: 灰度形态学膨胀运算。

$$(f \oplus g)(x) = \max\{f(x+y) + g(y), (x+y) \in D_f, y \in D_g\}$$

$$D_f, y \in D_g\}$$

灰度形态膨胀即以结构元素  $g$  为模板, 搜索图像在结构元素大小范围内的灰度值与结构元素值之和的极大值。

定义 2: 灰度形态学腐蚀运算。

$$(f \ominus g)(x) = \max\{f(x-y) - g(y), (x-y) \in D_f, y \in D_g\}$$

灰度形态腐蚀即以结构元素  $g$  为模板, 搜索图像在结构元素大小范围内的灰度值与结构元素值之和的极小值。

定义 3: 灰度形态学开运算。用相同的结构元素对图像先腐蚀再膨胀

$$f \circ g = (f \ominus g) \oplus g$$

定义 4: 灰度形态学闭运算。用相同的结构元素对图像先膨胀再腐蚀

$$f \bullet g = (f \oplus g) \ominus g$$

形态学的开、闭运算分别可以压缩灰度图像中的正、负噪声。适当的组合开、闭运算并结合不同的结构元素,可以得到更好的滤波效果。

定义 5: 开闭运算的组合构造滤波器。为达到滤波效果,开闭运算的组合构造滤波器可用下式:

$$\psi(f) = (f \circ g_1 \bullet g_1) \bullet g_2 \circ g_2$$

以上的定义有平移不变性、单调性、对偶性及幂等性等性质。

① 基金项目: 广西科学基金(桂科青 0339039), 桂林电子工业学院学科软环境建设基金

### 3 保持图像细节的结构元素构造

通常形态学滤波器都采用扁平结构元素(图 1(a)),它对信号(图 1(b))的滤波效果效果如图 1(c),把信号的两个尖峰都滤掉了。对于图 1(d)的锥形结构元素,同样对图 1(b)的信号进行滤波,结果如图 1(e)所示。可见,锥形结构元素在滤掉噪声同时,有一定保持信号细节的能力。

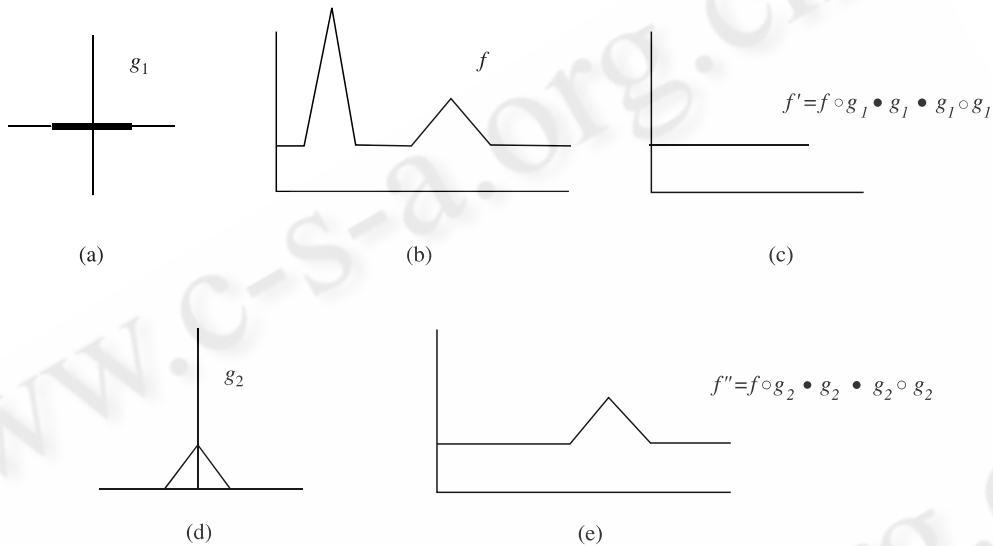


图 1 扁平结构元素和锥形结构元素滤波效果比较

对二维的灰度图像,构造如图 2 的水平锥形结构元素 B1 和竖直锥形结构元素 B2 (其中  $m \geq 0, n \geq 0$ )。当 B1、B2 中  $m, n$  取 0 时,对应的膨胀和腐蚀运算退化为:

$$(f \oplus g)(x) = \max\{f(x+y), (x+y) \in D_f, y \in D_g\}$$

$$(f \ominus g)(x) = \max\{f(x-y), (x-y) \in D_f, y \in D_g\}$$

即锥形结构退化为扁平结构元素。

### 4 实验结果及分析

对于评价滤波器的滤波效果,采用平均绝对误差(MAE)和均方误差(MSE)表示如下:

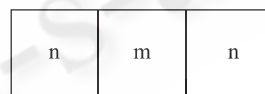
$$MAE = \frac{1}{SUM_{x \in D_f}} |f(x) - f'(x)|$$

$$MSE = \frac{1}{SUM_{x \in D_f}} [f(x) - f'(x)]^2$$

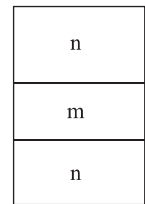
其中  $f(x)$  表示未加信号的原图像,  $f'(x)$  表示对加入噪声后的图像进行滤波后的图像。

根据以上理论,采用图 2 结构元素构造滤波器  $\psi(f) = (f \circ B_1 \cdot B_1) \cdot B_2 \circ B_2$

(固定  $n=0$ ),对 Lena 图像进行滤波分析,图像尺寸为 512X512。图 3(a)为未加噪声的原图像,(b)为



B1



B2

图 2 保持细节的结构元素

加入脉冲噪声的图像,(c)为  $m=0$  时滤波效果,(d)为  $m=7$  时滤波效果。表 1 给出了  $m$  取不同值时,MAE 和 MSE 值。

从图 3 和表 1 可看出,当  $m < 7$  时,噪声被滤除了,但细节顺失也较大;当  $m=7$  时,MSE 达到最小值,此时,既有好的噪声滤除能力,又能保持高的清晰度;



原图



加噪声图



m=0



m=7

图 3 滤波效果图

表 1 不同锥形结构元素滤波 MAE 和 MSE 值

m 取值	MAE	MSE
0	3.985298	48.397362
1	3.900475	46.281128
2	3.810612	44.361729
3	3.728004	42.718636
4	3.666435	41.438431
5	3.635010	40.598999
6	3.628704	40.157787
7	3.644493	40.116409
8	3.676655	40.435863
9	3.715874	41.000793
10	3.759266	41.776157
11	3.806190	42.772156
12	3.853283	43.962666
13	3.901958	45.338932
14	3.952045	48.770164

当  $m > 7$  时,也能获得较好的清晰度,但噪声不能完全滤掉。MAE 变化趋势与 MSE 基本相同。

## 5 结论与展望

形态学滤波是一种新兴的非线性滤波方式,目前还没有设计滤波器结构元素的系统方法。本文基于锥形结构元素构造形态学滤波器,分析了不同锥形参数下滤波效果,实验表明,这种滤波器有较强的噪声滤除同时保持清晰度的能力。在以后的工作,可结合自适应方法或遗传算法确定结构元素的形状与参数,使滤波器有更强的适应力,达到更好的效果。

## 参考文献

- 1 崔屹, 图象处理与分析——数学形态学方法及应用 [M], 北京 科学出版社, 2000。
- 2 刘志敏, 杨杰, 基于数学形态学的图像形态滤波, 红外与激光工程 [J], 1999, 8。
- 3 雷选华等, 一种保持细节的形态学滤波器, 海军工程大学学报 [J], 2001, 2。
- 4 杨述斌, 彭复员, 数学形态学在图象处理中应用与发展, 武汉化工学院学报 [J], 2004, 3。