

一种参数优化的图像滤波方法研究*

贾洪哲¹, 闫德勤¹, 刘胜蓝², 王洪东¹, 刘思思¹

(1. 辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081;

2. 大连理工大学 创新实验学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 在频域滤波的理论基础上, 提出了一种基于参数的巴特沃斯高通和低通相结合的图像滤波方法, 并用 MATLAB 软件进行了实验, 结果表明, 对于去除噪声、提取目标信息及图像增强等, 该算法显示出了较好的效果。

关键词: 巴特沃斯滤波器; 时空域; 频率域; 图像滤波

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)07-0043-03

A parameter optimization of image filtering method research

Jia Hongzhe¹, Yan Deqin¹, Liu Shenglan², Wang Hongdong¹, Liu Sisi¹

(1. College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China;

2. School of Innovation Experiment, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Based on the frequency domain filtering theory, this paper puts forward an image filtering algorithm, which combines Butterworth high pass and low pass. The experiment is carried on MATLAB. Experiment result shows that it can denoise and extract target information very well.

Key words: Butterworth filter; time-space domain; frequency domain; image filtering

图像获取、存储、传输及处理过程中, 由于种种原因, 使得图像的数据和噪声的数据混合在一起。为此, 需要对图像进行滤波处理, 尽最大可能保留目标特征(如颜色、形状、纹理等), 运用边缘及轮廓提取、分割、图像增强等, 将图像转换成更适合人或者计算机处理的形式。傅里叶变换的一些性质在数字图像处理中是非常有用的, 利用这些性质, 一方面可以简化 DFT 的计算方法; 另一方面, 某些性质可直接应用于图像处理中去解决某些实际问题。

图像的能量主要集中在低频区, 其高频区的幅值很小或趋于零。对大多数无明显颗粒噪声的图像来说, 低频区集中了 85% 以上的能量。这一点成为图像变换压缩编码的理论根据。如变换后仅传送低频分量的幅值, 对高频分量不传送, 反变换前将它们再恢复为零值即可。原图像中如果存在有明显的颗粒噪声或图像的某些细节处具有明显的亮度跳跃, 变换后的高频幅值数值增

加, 分布增多。由此得出, 图像灰度变化缓慢的区域对应它变换后的低频分量部分, 图像灰度呈阶跃变化的区域对应变换后的高频分量部分。除颗粒噪声外, 图像细节的边缘、轮廓处都是灰度变化突变区域, 它们都具有变换后的高频分量特征。

1 函数的傅里叶变换

令 $f(x)$ 为实变量 x 的连续函数且在 $(-\infty, +\infty)$ 内绝对可积。 $f(x)$ 的傅里叶变换的定义为:

$$F(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-j2\pi ux} dx \quad (1)$$

其中, $j = \sqrt{-1}$, u 为函数 $f(x)$ 变换后的空间频率。

若已知 $F(u)$, 则可利用傅里叶反变换求得 $f(x)$:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(u) e^{j2\pi ux} du \quad (2)$$

式(1)和式(2)称为傅里叶变换对, 简称傅氏变换对, 记作:

$$f(x) \leftrightarrow F(u) \quad (3)$$

空间域与频率域滤波的基础都是卷积定理:

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 7 期

* 基金项目: 中国科学院自动化研究所复杂系统与智能科学重点实验室开放课题基金(20070101); 辽宁省教育厅高等学校科学研究基金(2008344)

$$f(u, v) * h(u, v) \Leftrightarrow F(u, v) H(u, v) \quad (4)$$

其中, $H(u, v)$ 为系统函数。在频率域对图像进行滤波, 就是先选择一个滤波器传递函数的方式来修改 $F(u, v)$, 然后再计算 $H(u, v) F(u, v)$ 的傅里叶逆变换, 就可以得到与空间域中相应滤波后同样的图像。

2 高通滤波和低通滤波

低通滤波法是一种频域处理方法。通过分析图像变换后信号的频率特性可知, 图像对象的边缘和其他灰度跳跃区对应着频域中的高频分量, 而其他灰度变化缓慢的区域对应着频域中的低频分量。因此, 对于一幅带有颗粒噪音的图像, 经图像变换后, 它对应高频分量。这时如果用滤波方法对频域中一定范围的高频分量滤掉而保留其低频分量同样能达到平滑的目的。

由卷积定理可知:

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) \quad (5)$$

其中, $F(u, v)$ 是含有噪音的图像变换, $G(u, v)$ 是平滑处理后的图像变换, $H(u, v)$ 是传递函数。

现在的目的是选择一个适当的函数 $H(u, v)$, 利用式(1)运算后, 使 $F(u, v)$ 的高频分量衰减, 从而得到 $G(u, v)$, 再经反变换就可以得到所希望的平滑图像 $g(x, y)$ 。因为“滤去”了高频分量, 低频信息无损地“通过”, 所以通常称这种方法为低通滤波法。显然, 传递函数 $H(u, v)$ 应该具有低通滤波特性, 或叫低通滤波器。

高通滤波和低通滤波的原理相同, 只不过是保留高频成分, 而滤除低频成分。

巴特沃斯低通滤波器的传递函数 $H(u, v)$ 表示为:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (6)$$

其中, D_0 为截止频率。巴特沃斯低通滤波器传函数 $H(u, v)$ 如图 1 所示。由于 $H(u, v)$ 在通过频率和滤去频率之间没有明显的非连续性, 更无阶跃和突变, 因而平滑图像不存在振铃现象, 结果图像比理想低通滤波器更好。

图 1 巴特沃斯低通滤波器

巴特沃斯高通滤波器的传递函数 $H(u, v)$ 表示为:

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D_0}{D(u, v)} \right]^{2n}} \quad (7)$$

其中, D_0 为截止频率。由于巴特沃斯高通滤波器传函数 $H(u, v)$ 通过频率和滤去频率之间没有明显的非连续性, 更无阶跃和突变, 因而平滑图像不存在有振铃现象, 结果图像比理想高通滤波器更好。

3 高通滤波器和低通滤波器的结合

从能量分布来看, 图像的主要能量集中在低频区域, 而图像的边界区域通常含有较多的高频成分。对图像进行低通处理, 滤除其高频的成分, 有效地保留了图

像的能量信息, 去除了噪声。相反, 对图像进行高通处理, 很好地保留了图像的细节部分, 但是, 图像的大部分能量信息被去除。为了更有效地保留其低频成分能量信息并且保留高频细节信息, 本文采用了参数优化的方法。

(1) 第一种优化采用高通低通相结合的办法, 其公式如下:

$$H(u, v) = \alpha H_a(u, v) + (1 - \alpha) H_b(u, v) \quad (0 < \alpha < 1) \quad (8)$$

其中, $H_a(u, v)$ 为低通滤波器的系统函数, $H_b(u, v)$ 为高通滤波器的系统函数。 α 把低通滤波器和高通滤波器结合起来, 同时优化两个函数。当 $\alpha=0$ 时, 系统函数 $H(u, v)$ 为完全的高通滤波函数, 滤波器为完全的高通滤波器; 当 $\alpha=1$ 时, 系统函数 $H(u, v)$ 为完全的低通滤波函数, 滤波器为完全的低通滤波器。

(2) 第二种优化方法, 其公式如下:

$$H(u, v) = \lambda_1 H_a(u, v) + \lambda_2 H_b(u, v) \quad (9)$$

其中, λ_1, λ_2 分别为优化参数。 λ_1 为多少对 λ_2 并没有直接的关系, 只是与总的系统函数 $H(u, v)$ 有关系。

4 实验结果及分析

本文实验采用 MATLAB R2009a 软件对 lena 图像 (分辨率为 512×512) 和头部图像等进行巴特沃斯高通滤波和低通滤波相结合的滤波处理。处理的结果表明两种处理效果第二种效果更好。

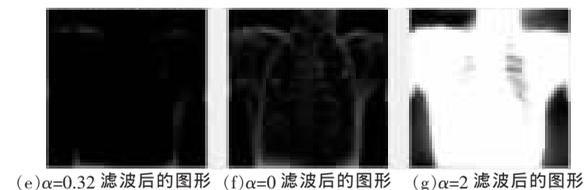
(1) 对第一种参数优化, 针对 lena 图像和医学图像 α 选取了 6 个值, 实验结果如图 2 所示。第一种采用 α 参数优化方法, 产生了不错的处理效果。 α 代表了低通滤波器在总体的滤波器中的百分比。但是此方法有一个缺陷, 就是必须同时处理 $H_a(u, v)$ 和 $H_b(u, v)$ 。



(a) 原始图像



(b) $\alpha=0.2$ 滤波后的图形 (c) $\alpha=0.5$ 滤波后的图形 (d) $\alpha=0.87$ 滤波后的图形



(e) $\alpha=0.32$ 滤波后的图形 (f) $\alpha=0$ 滤波后的图形 (g) $\alpha=2$ 滤波后的图形



(h) $\alpha=0$ 滤波后的图形 (i) $\alpha=0.5$ 滤波后的图形 (j) $\alpha=0.9$ 滤波后的图形

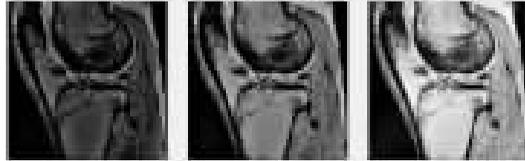
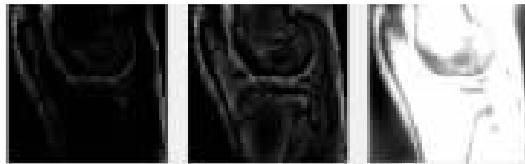
(k) $\alpha=0.3$ 滤波后的图形 (l) $\alpha=0.8$ 滤波后的图形 (m) $\alpha=0.95$ 滤波后的图形(n) $\alpha=0.2$ 滤波后的图形 (o) $\alpha=0.5$ 滤波后的图形 (p) $\alpha=0.87$ 滤波后的图形(q) $\alpha=0.32$ 滤波后的图形 (r) $\alpha=0$ 滤波后的图形 (s) $\alpha=2$ 滤波后的图形

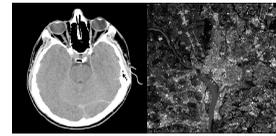
图2 不同参数处理后的图像显示

(2) 针对第二种参数优化,对 λ_1 、 λ_2 分别选取了 4 个值,应用在了遥感图像和人体头部图像中,实验结果如图 3 所示。该方法不需要同时处理 $H_a(u, v)$ 和 $H_b(u, v)$, λ_1 、 λ_2 可以任意选取,在图像滤波中处理起来更灵活一些。而且,第一种参数优化方法是第二种参数优化方法的特例。

两种参数优化的方法使高通低通滤波器结合到了一起,对图像的处理显示了巴特沃斯高通滤波器和巴特沃斯低通滤波器的各自有点,既增强了图像,又兼顾了图像去噪的效果。

参考文献

- [1] 冈萨雷斯. 数字图像处理 (matlab 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 贺兴华, 周媛媛, 王继阳, 等. MATLAB7.x [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [3] 王大红, 胡茂林. 巴特沃斯非线性混合滤波器图像滤波



(a) 原始图像

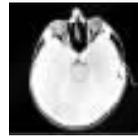
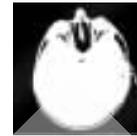
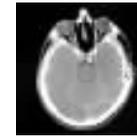
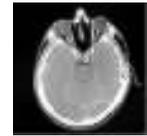
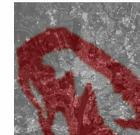
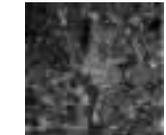
(b) $\lambda_1=0.3, \lambda_2=2$ (c) $\lambda_1=3, \lambda_2=0.3$ (d) $\lambda_1=1, \lambda_2=1$ (e) $\lambda_1=1, \lambda_2=5$ (f) $\lambda_1=0.3, \lambda_2=2$ (g) $\lambda_1=0.8, \lambda_2=0.5$ (h) $\lambda_1=1, \lambda_2=2$ (i) $\lambda_1=3, \lambda_2=5$

图3 不同参数的图像显示

方法设计[J]. 计算机工程与应用, 2010(21): 195-198.

- [4] 康牧, 王宝树. 一种基于图像增强的图像滤波方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2009(7): 822-825.
- [5] 周平, 郑文刚, 孙忠富. 基于局部信息的图像滤波及边缘锐化算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(S1): 222, 226.
- [6] 李岳阳, 王仕同. 基于矢量尺度的图像滤波[J]. 计算机科学, 2010(9): 272-275.
- [7] 何希平. 基于邻域 Mean-shift 的彩色图像滤波算法[J]. 计算机应用, 2011(2): 386-389.
- [8] HENHART R, MAYDT J. An extended set of Haar-like feature for rapid object detection[C]. IEEE ICIP 2002, 2002, 1: 900-903.

(收稿日期: 2013-01-17)

作者简介:

贾洪哲, 男, 1989 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 模式识别、机器学习、图像处理。

闫德勤, 男, 1962 年生, 博士, 教授, 主要研究方向: 模式识别和数据挖掘等。