

基于非抽样 Contourlet 变换的红外图像增强算法*

吕东, 李敏, 何玉杰, 黄克宇

(第二炮兵工程学院 404 教研室, 陕西 西安 710025)

摘要: 提出了一种基于非抽样 Contourlet 变换的红外图像增强算法, 利用非线性函数对红外图像 Contourlet 变换系数进行修正, 以增强图像有益贡献的同时抑制噪声分量。实验表明, 与传统的图像增强算法相比, 该算法可以有效地增强红外图像的细节和纹理。

关键词: 红外图像增强; 非抽样 Contourlet 变换; 非线性函数

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)20-0046-03

Infrared image enhancement based on nonsubsampling Contourlet transform

LV Dong, LI Min, HE Yu Jie, HUANG Ke Yu

(The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: An algorithm for image enhancement based on nonsubsampling contourlet transform is proposed. The coefficient is revised by the nonlinear function, and enhance beneficial contribution while restraining noise. The experimental results show that the new algorithm makes a better result in the infrared image's details and texture compared with the traditional algorithms.

Key words: infrared image; nonsubsampling Contourlet transform; nonlinear function

随着红外技术的迅速发展, 它已广泛应用于军事国防、遥感探测、无损检测等众多领域。由于红外图像的成像机理以及红外成像系统自身的原因, 红外成像系统的成像效果不够理想, 大多红外图像都有对比度低、图像模糊、灰度范围窄的缺点。实际应用中, 为了提高红外图像的质量, 需要对红外图像进行必要的增强处理。一般图像增强处理的方法是基于空间域和变换域的, 前者主要包括直接灰度变换、空间滤波和直方图处理等; 后者是将图像由时域变换到频域, 再通过修正变换域内的系数达到增强图像的目的, 它优于基于空间域的增强方法, 代表性算法有小波变换的算法和基于 Contourlet 变换的算法等^[1]。

2002 年, DO 和 VETTERLI 提出的 Contourlet 变换是多尺度几何分析方法中十分重要的一类。Contourlet 能够实现一种“真正”二维的图像表示, 能够提取在图像中非常重要的内在几何结构特征。类似于小波可以从滤波器角度考虑, Contourlet 则利用不可分的滤波器建立了一个离散的多分辨率多方向率分析, 实现灵活的多分辨率、局部的、具有方向性的图像表示。研究 Contourlet 变换的方向选择能力和非线性近似能力, 体现 Contourlet 变换

超越小波的优异表现。但是由于小波变换与 Contourlet 变换都缺乏平移不变性, 图像增强结果会产生伪 Gibbs 失真, CUNHA A L 等提出的非抽样 Contourlet 变换具有平移不变性, 可以在一定程度上抑制这种失真。本文对其进行了改进, 与基于小波变换、Contourlet 变换的图像增强算法相比, 该算取得了良好的增强效果^[2]。

1 非抽样 Contourlet 变换

Contourlet 变换也称金字塔形方向滤波器组 PDFB (Pyramidal Direction Filter Bank), 其分解变换的实现可以分为两个步骤: 拉普拉斯金字塔 LP (Laplacian Pyramid) 分解和方向滤波器组 DFB (Directional Filter Bank) 滤波。其变换思想是使用类似于线段的基函数去逼近原始图像, 从而实现图像信号的稀疏分离。因此, 要实现 Contourlet 变换, 首先需要对图像进行一个多尺度变换以检测不同尺度下的奇异点, 然后再通过一个具有局部性的方向变换将同一尺度下相邻的奇异点连接成线段结构^[3]。Contourlet 变换的实现过程可以归纳为如下步骤:

- (1) 使图像通过类似于小波的多尺度变换以检测边缘上的奇异点;
- (2) 将步骤(1)所得到的图像通过局部化的方向变换完成轮廓线段的检测。

* 基金项目: 中国博士后科学基金课题(20090450206)

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

非抽样 Contourlet 变换 NSCT (Nonsubsampled Contourlet Transform) 由非抽样塔状滤波器 NSP(Nonsubsampled Pyramid)将图像分解为低频部分和高频部分,然后由非抽样方向性滤波器组 NSDFB (Nonsubsampled Directional Filter Banks)将高频部分分解为若干个方向。

NSP 是一种平移不变性的双通道滤波器结构,它使 NSCT 具有多尺度性质,并且下一层次的滤波器可以通过对上一层的滤波器抽样得到。其频域分解图如图 1 所示。

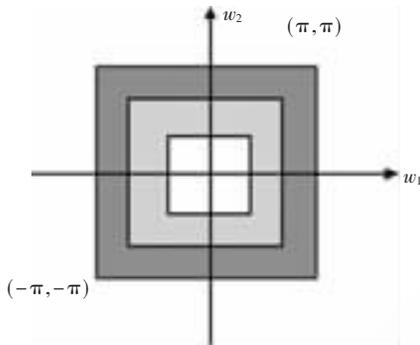


图 1 NSP 频域分解图

NSDFB 由两通道的非采样滤波器组迭代构成,该滤波器组也没有进行采样,具有平移不变性。NSDFB 可以将第一级变换所得到的部分分解为 2 的任意次幂个方向,每个方向上的高频部分与 NSP 得到的低频部分以及原始图像都有相同的大小。NSDFB 分解是将信号在一组基函数上展开,它对应的基函数之间是冗余的^[4]。频域分解图如图 2 所示。

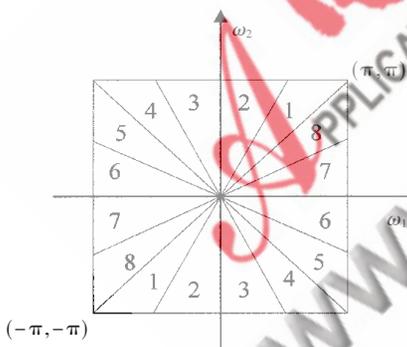


图 2 NSDFB 频域分解图

NSP 与 NDFB 可以保证信号完全重建的条件是滤波器必须满足等式:

$$H_0(z)G_0(z)+H_1(z)G_1(z)=1 \quad (1)$$

其中, $H_0(z)$ 、 $H_1(z)$ 表示分解滤波器, $G_0(z)$ 、 $G_1(z)$ 表示重建滤波器。非抽样 Contourlet 变换在表达图像时具有 Contourlet 变换所具有的优点,还具有平移不变性^[4]。

2 基于的非抽样的 Contourlet 变换图像增强算法

图像变换后,对变换系数分三种:强边缘、弱边缘和噪声。强边缘每个方向的系数值都较大;弱边缘在某一方向的系数大,但在其他方向上的系数小;噪声是指那些在

所有方向上的系数都较小^[5]。LAINE A F 提出的增强函数:

$$f(x)=a[\text{sigm}(c(1-b))-\text{sigm}(-c(x+b))] \quad (2)$$

其中,

$$a=\frac{1}{\text{sigm}(c(1-b))-\text{sigm}(-c(1+b))}, 0 < b < 1 \quad (3)$$

控制增强范围, $\text{sigm}(x)$ 函数定义为:

$$\text{sigm}(x)=\frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4)$$

下面利用非线性映射函数修正 Contourlet 变换系数。

$$y(x)=\begin{cases} x & \text{强边缘} \\ \max\left(\left(\frac{c\sigma}{|x|}\right)^p, 1\right)x & \text{弱边缘} \\ 0 & \text{噪声} \end{cases} \quad (5)$$

x 为输入原始图像的变换系数, $0 < p < 1$ 再次放大。此函数可以放大弱边缘的系数,保持强边缘的系数^[6]。

基于 Contourlet 变换的图像增强算法的流程如图 3 所示,具体步骤如下:

- (1)对图像进行非抽样 Contourlet 变换,得到不同尺度不同方向的变换系数;
- (2)按照上述原则对 Contourlet 变换系数进行处理;
- (3)由修正后的变换系数重建增强图像。

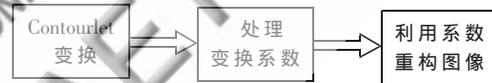


图 3 流程图

3 实验结果与分析

本文采用客观评价标准信噪比 SNR 来衡量不同去噪方法去噪后图像的客观质量, SNR 的定义如下:

$$SNR=10\lg\left(\frac{\sigma_f^2}{MSE}\right) \quad (6)$$

$$MSE=\frac{1}{MN}\sum_{i=1}^M\sum_{j=1}^N(\hat{f}_{i,j}-f_{i,j})^2 \quad (7)$$

式中, $f_{i,j}$ 为原始图像各像素灰度值, $\hat{f}_{i,j}$ 为重建后各像素灰度值; σ_f^2 为原始图像灰度值的方差; M 和 N 分别为图像长度和宽度。

实验结果如图 4 所示。原图是分辨率为 640×480 像素的红外热像仪拍摄的红外照片,建筑物为主要探测目标,建筑物后有少量植被。图 4(b)为加噪图像,图 4(c)为利用拉普拉斯变换处理的图像,图 4(d)为利用 Contourlet 变换处理的图像,图 4(e)为利用本文算法处理的图像。SNR 值如表 1 所示。

由表 1 可知,本文算法的 SNR 明显提高,图像视觉也更好,符合真实情况。Contourlet 变换方法能够抓住图

表 1 不同方法的峰值信噪比

	加噪图像	拉普拉斯变换	Contourlet 变换	本文算法
SNR/dB	8.77	6.11	14.22	15.11

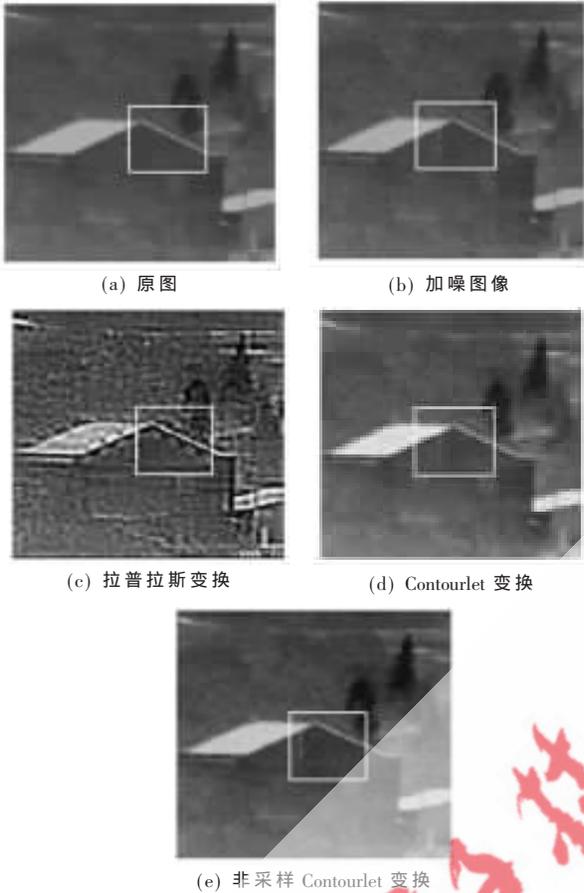


图 4 实验结果图

像几何本质特征,在表现各项异性的奇异性时性能更加优越,因此处理纹理信息丰富的图像效果更好。

参考文献

[1] ESLAMI R, RADHA H. Wavelet based contourlet coding using an SPIHT-like algorithm[C]. Singapore: IEEE International Conference on Image Processing, 2004.

[2] ESLAMI R, RADHA H. The contourlet transform for image de-noising using cycle spinning[C]. Pacific Grove, USA: Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2003:1982-1986.

[3] DO M N, VETTERLI M. The contourlet transform: an efficient directional multiresolution image representation[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2005, 14(12):2091-2106.

[4] SERRA J. Image analysis and mathematical morphology - Volume1: theoretical advances [M]. London: Academic, 1988.

[5] NEZHADARYA E, SHAMSOLLAHI M B. Image contrast enhancement by cotourlet transform[C]. 48th International Symposium EMMAR, Zadar, Croatia, 2006.

[6] 梁栋,沈敏.一种基于 Contourlet 递归 Cycle Spinning 的图像去噪方法[J].电子学报,2005,33(11):2044-2046.

(收稿日期:2010-07-07)

作者简介:

吕东,男,1986年生,硕士研究生在读,主要研究方向:图像与智能信息处理。