

# 基于小波变换和形态学的目标图像增强算法

王 瑞<sup>1</sup>, 徐武松<sup>2</sup>, 张 波<sup>1</sup>

(1 装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072; 2 驻 559 厂军事代表室, 无锡 214035)

**摘要:** 基于图像视觉信息的目标检测与识别一直是研究的重点和难点, 针对复杂环境的图像呈现出对比度低, 强噪声干扰, 灰度集中的特点, 提出了一种基于小波变换理论和数学形态学的目标图像增强方法; 首先对图像进行了小波变换, 提取高频分量系数, 其次利用阈值算法对图像进行降噪处理, 最后对图像进行形态学交替滤波得到增强后的图像; 实验表明: 该检测算法对提高信噪比, 增强目标有很好的效果, 适合与目标检测与识别, 算法在性能上优于传统的单一算法。

**关键词:** 目标检测; 小波变换; 形态学滤波; 图像增强

**本文引用格式:** 王瑞, 徐武松, 张波. 基于小波变换和形态学的目标图像增强算法[J]. 四川兵工学报, 2014(8): 131-133.

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)08-0131-04

## Algorithm of Target Image Enhancement Based on Wavelet Transform and Grayscale Morphology

WANG Rui<sup>1</sup>, XU Wu-song<sup>2</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>

(1. Department of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

2. Military Agent's Room in 559 Factory, Wuxi 214035, China)

**Abstract:** For image with high-noise interference, low contrast and grayscale concentrated, a image enhancement method based on Wavelet and Grayscale Morphology is presented. Firstly, the wavelet transform is adopted to decompose the image and extracted the high frequency components. Secondly, calculation of part threshold value is used to de-nosing. Finally, grayscale morphology is applied to enhance and synthesis the image. The simulated experiment result personal computer indicates that the algorithm is effective to improving the signal-to-noise ratio, enhance the target. This method is adaptable to target detection.

**Key words:** target detection; wavelet transform; grayscale morphology; image enhancement

**Citation format:** WANG Rui, XU Wu-song, ZHANG Bo. Algorithm of Target Image Enhancement Based on Wavelet Transform and Grayscale Morphology[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(8): 131-133.

近年来, 基于图像视觉信息的目标检测与识别受到了越来越多的重视。在军事领域, 尽早的检测、识别目标, 为夺取战场胜利提供了有利保证。然而由于背景复杂、环境变化、噪声干扰, 给目标的检测带来了很大困难。图像增强作为目标检测的重要部分, 稳健的增强算法对于抑制噪声、增强目标有着重要的作用。图像增强的主要目的是抑制背景噪声杂波, 提高图像的信噪比。常用的方法主要有空间域、频率

域和变换域<sup>[1]</sup>3类。空间域主要是针对图像中像素点的运算, 包括灰度变换、直方图统计法、图像平滑、图像锐化等<sup>[2]</sup>。频率域主要是对图像在频率上进行分解处理, 包括高通滤波, 低通滤波和同态滤波等。变换域是对图像在小波域进行分析处理, 对图像进行二维小波分解, 提取近似和细节系数并对其进行处理, 最后经小波逆变换重构图像。这几种方法各有优劣, 对于背景环境相对复杂, 背景噪声干扰强的图像

来说,图像的增强效果有待进一步提高。为此,本文提出了一种基于小波变换和形态学结合的方法,利用单尺度小波变换对原始图像进行小波分解,提取包含目标区域的高频系数,对其进行局部阈值去噪,并利用形态学运算对去噪图像进行对比度增强,最后小波逆变换重构得到增强后的图像。

## 1 小波变换基本理论

小波分析是近十几年发展起来的一种新的时频分析方法,相比短时傅里叶变换的缺点,小波变换具有多分辨率的特点,能够在时域和频域表征局部信号。多分辨率分析就是要构造一组函数空间,所有在这个空间的函数都构成该空间的标准正交基<sup>[3]</sup>。通过对信号在这类函数空间上分解,即可得到相互正交的时频特性。由于空间数目的有限性,可以方便的分析信号的特性。信号通过正交小波变换可以分解到两个不同且相互正交的函数空间,一个是小波函数空间,另一个为多尺度空间。图像在空间中表现为二维信号,图中的任意一点 $(x,y)$ 都有一个灰度值为 $f(x,y)$ 的点与之相对应。基于图像的小波变换的基本思想是:通过对图像小波分解,产生了近似分量和细节分量系数,对系数进行分析处理,完成对图像的重构<sup>[4]</sup>。对于二维小波来说:图像可以分解为近似分量和细节分量,如下:

$$cA_s(i,j) = \langle f(i,j), \phi_{sk1}(i)\phi_{sk2}(j) \rangle$$

$$cD_s^h(i,j) = \langle f(i,j), \phi_{sk1}(i)\psi_{sk2}(j) \rangle$$

$$cD_s^v(i,j) = \langle f(i,j), \psi_{sk1}(i)\phi_{sk2}(j) \rangle$$

$$cD_s^d(i,j) = \langle f(i,j), \psi_{sk1}(i)\psi_{sk2}(j) \rangle$$

$\phi, \psi$  为相对应的尺度函数和小波函数。二维的小波分解可以用沿  $i$  和  $j$  分步进行,首先沿  $i$  方向把  $f(x,y)$  分解成平滑近似和细节这两个部分,然后沿  $j$  方向继续分解得到了四个分量。经  $\varphi(i), \varphi(j)$  分析得到的输出为第一级近似分量  $cA_s(i,j)$ ,其他三路输出均为细节分量,它们为  $cD_s^h(i,j), cD_s^v(i,j), cD_s^d(i,j)$ ,分别表示水平方向分量、垂直方向分量和对角方向分量。

## 2 灰度形态学图像增强

数学形态学在图像处理领域被广泛应用,它是几何学为基础的集合论方法来描述几何形状和结构的科学<sup>[5]</sup>。它由一组形态学代数运算符组成,基本运算包括:膨胀(dilation)、腐蚀(erosion)、开启(open)和闭合(close)。通过这些基本运算或者对其进行组合改进,可以完成对图像的纹理识别,特征提取,边界检测、图像滤波等等。灰度图像形态学是在二值形态学的基础上发展起来的,基于图像的几何结构特征,利用结构元素进行局部修正,进而达到提取目标边缘,突出目标。设  $f(x,y)$  为数字图像,  $g$  为结构元素,4种基本运算如下:

1) 腐蚀。灰度图像腐蚀的定义为

$$(f \ominus g)(x,y) = \max\{f(x+x',y+y') - g(x',y')\} \quad (1)$$

式(1)中,参数  $x+x', y+y'$  在图像  $f$  的定义域内。腐蚀运算计算领域范围内  $f-g$  的最小值,腐蚀可以消除图像中小于结构元素的孤立点,使目标减小,滤除边界上的噪声点。腐蚀效果的明显程度,关键在于结构元素的形状与大小。

2) 膨胀。灰度图像膨胀的定义为

$$(f \oplus g)(x,y) = \max\{f(x-x',y-y') + g(x',y')\} \quad (2)$$

式(2)中,参数  $x-x', y-y'$  在图像  $f$  的定义域内。膨胀运算就是计算领域范围内  $f+g$  的最大值,膨胀运算可以填补目标图像中的空洞,使相邻目标连通在一起。膨胀结果的明显程度,关键在于结构元素的形状与大小。

3) 开、闭运算。开运算的定义为

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

闭运算的定义为

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

开运算对物体先进行腐蚀运算再对物体进行膨胀运算,形态开运算能够平滑较大目标的边界,滤除小物体、毛刺,与此同时,物体的面积并不明显改变,选择恰当的结构元素,可以达到滤除噪声。闭运算对物体先进行膨胀运算再进行腐蚀运算,形态闭运算能够填补图像中的空洞,将相邻小目标联接在一起,同时,物体的面积不会明显的改变。

开运算可以去除比结构元素更小的明亮细节,闭运算可以去除比结构运算更小的暗色细节,所以它们经常组合在一起实现图像的平滑并去除噪声<sup>[5]</sup>。

## 3 增强算法

### 3.1 阈值降噪

通过二维小波分解的图像,每分解一次,都会得到原图大小  $1/4$  大小的图像。LL 分量为  $i,j$  两个维度都作用在低通滤波器的结果,主要包含了图像的轮廓信息,HL1 分量为横向作用在低通滤波器,纵向作用在高通滤波器,LH1 为横向作用在高通滤波器,纵向作用在低通滤波器,HH1 为两个维度作用在高通滤波器。HL1、LH1、HH1 均通过了高通滤波器,它们包含了图像的细节信息。由上可知,小波变换图像增强的思想是,图像通过小波分解成近似系数和细节系数,低频部分包含了图像的轮廓信息,高频部分里包含了图像的细节信息,通过增强图像的低频系数,衰减图像的高频系数,可以达到突出目标,层次感突出。

为了滤除背景噪声,增强目标可以选取合适的阈值对图像进行处理,将适当的低频小波系数置零;对于图像的高频部分,可通过阈值分割滤除,最后通过小波图像的逆变换对图像进行重构,这样的做的好处是滤除噪声的同时保留了图像的信息。阈值函数的选取及参数估计决定了图像去噪效果的好坏,通常情况下,对阈值的处理分为全局阈值处理和局部阈值处理<sup>[6]</sup>。当图像背景单一,变化不大的时候可以选用全局阈值来降噪,当图像背景较为复杂,这时,全局阈值处理就会失效。针对实验选用的图像来分析,图像背景环境相对复杂,包含了天空、陆地、树木、人、建筑物等,本文采用局部变化的阈值函数进行处理:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, f(x,y) \geq T(x,y) \\ 0, f(x,y) \leq T(x,y) \end{cases}$$

$$T(x,y) = f_0(x,y) + T_0$$

$T$ 为选取的阈值, $f_0$ 为选取半径为5的圆盘形结构元素进行形态开运算得到的结果, $T_0$ 为对形态开运算得到的结果进行阈值函数处理的结果。

### 3.2 灰度形态学与小波变换结合算法

灰度形态学中的开、闭运算可以用于过滤噪声,形态开、闭可能出现偏移的问题,采用迭代开、闭运算解决此问题<sup>[7]</sup>。本文采用形态学滤波方法对小波分解后的低频部分进行处理,同时计算局部阈值,对图像进行阈值处理。将图像的低频部分进行增强,对图像的高频部分进行衰减,最后通过小波逆变换,对图像实现重构,达到增强目标的效果(图1)。

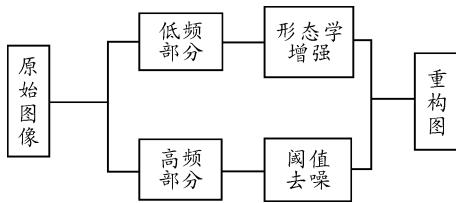


图1 算法框图

### 3.3 算法步骤

对灰度图像利用 db5 小波进行 2 层小波分解。分别计算各近似分量图像和细节分量图像的均值和标准差。提取高频系数,利用局部阈值算法进行阈值去噪并与全局阈值算法进行比较。提取低频系数,利用形态学交替滤波的方法进行增强。小波逆变换,图像重构。

## 4 实验结果与分析

本实验选择实车采集的地面背景的坦克目标图像,图像像素大小约为  $320 \times 256$ 。其中坦克目标图像中包含地面、树木、行人、建筑物等背景,目标像素大小约为  $80 \times 40$ 。

图2(a)为原始图像;图2(b)为对原始图像进行二层小波得到的近似分量图像;图2(c)为对图像进行直方图均衡化的图像;图2(d)为对图像进行的去噪图像;图2(e)为本文采用的方法。由图2(c)可以看出,对图像进行直方图均衡化后的图像增强目标的同时,对图像背景也同时增强(如树木、建筑物);由图2(d)可以看出对图像进行局部阈值去噪,图像的对比如较原图有一定的增强。图2(e)可以看出,经过小波变换和灰度形态学滤波相结合的算法,不仅使图像的对比如得到了增强,而且较好的抑制了背景和噪声,目标的轮廓(如履带轮)变得明显。

实验采用 Matlab 2010 进行仿真,内存为 1 G,分别计算各图像的均值和标准差,以及 3 种方法的 PSNR 和时间  $t$ 。如表1、表2所示。从表1可以看出,经过小波变换和形态学滤波相结合的方法图像的动态范围和对比如得到了增强。从

表2可以看出,本文算法较传统的算法,峰值信噪比提高了 6 dB。

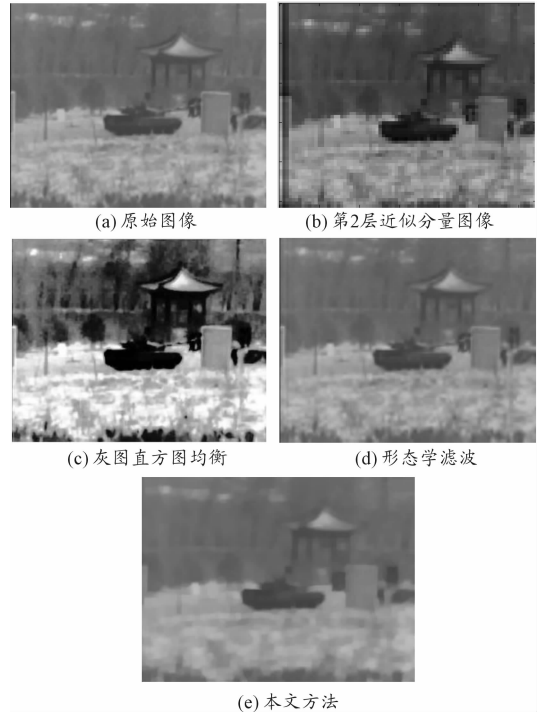


图2 实验处理结果

表1 图像的统计特性比较

	图2(a)	图2(c)	图2(d)	图2(e)
均值	124.6	129.3	121.4	130.4
方差	30.14	74.93	30.28	37.8

表2 峰值信噪比和处理时间对比

方法	PSNR	$t/ms$
小波变换	10.54	12
灰度形态学	8.52	30
本文算法	16.7	17

## 5 结论

本文采用小波变换和形态学滤波相结合的方法,对复杂背景中的目标增强算法进行了理论研究,利用单尺度小波变换对原始图像进行小波分解,提取包含目标区域的高频系数,对其进行局部阈值去噪,并利用形态学运算对低频系数进行对比如增强,最后小波逆变换重构得到增强后的图像。实验结果表明,该方法能提高信噪比,对于背景噪声做到一定程度的抑制,是一种有效的图像增强算法。

6) 定位模型、定位布局、目标高度均一致时,目标越靠近两站垂直平分线方向上时 GDOP 越小。

## 4 结束语

测向交叉定位方法以其思路简单,实现容易而获得了广泛的应用,因此深入研究其精度的影响因素是十分重要的。本文推导了双站测向交叉定位的5种解析算法,并利用误差理论推导了其距离误差的表达式。最后设置不同的仿真条件进行了计算机仿真。分析仿真结果得出了定位精度的影响因素。

(上接第110页)

## 参考文献:

- [1] 杜尚丰,曹晓钟,徐津,等. CAN 总线测控技术及其应用[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [2] 宋小平. 军用车辆综合电子系统总线网络[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [3] 王晨宝. 基于 CAN 总线的设备状态监测系统的研究[D]. 北京:华北电力大学,2002.
- [4] 沈兰荪. 高速数据采集系统的原理与应用[M]. 北京:

(上接第133页)

## 参考文献:

- [1] 汪大宝. 复杂背景下的红外弱小目标检测与跟踪技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2010.
- [2] Silverman J. Signal processing algorithms for display and enhancement of IR images [C]//SPIE, 1993, 2020: 440-450.
- [3] 高成. Matlab 小波分析与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 周云川,何永强. 基于小波变换和灰度形态学的红外图像增强方法[J]. 激光与红外,2011,41(6):683-686.
- [5] 冈萨雷斯. 数字图像处理(MATLAB版)[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [6] 潘泉,张磊,孟晋丽. 小波滤波方法及应用[M]. 北京:清

## 参考文献:

- [1] 孙仲康,周一宇,何黎星. 单多基地有源无源定位技术[M]. 北京:国防工业出版社,1996.
- [2] 胡来招. 无源定位[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [3] 赵国庆. 雷达对抗原理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.

(责任编辑 杨继森)

人民邮电出版社,1995.

- [5] 史国庆,高晓光,吴勇,等. 1553B 总线检测仪系统软件设计[J]. 火力与指挥控制,2009,34(6):141-144.
- [6] 杜改丽,封治华,王勇. 1553B 总线协议分析及应用[J]. 仪器仪表用户,2007,14(2):6-7.
- [7] 李光沐,颜景龙,郝宏旭. MIC 总线技术及其应用[J]. 测控技术,2001,20(12):25-27.
- [8] 周福宽,马彪. MIC 总线操作模式及其应用[J]. 测控技术,2005,24(12):45-47.

(责任编辑 周江川)

华大学出版社,2005.

- [7] 张德丰. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [8] 陈志斌,张超. 红外装甲目标检测中背景抑制技术研究[J]. 应用光学,2013,34(3):527-531.
- [9] P. Soille. 形态学图像分析原理与应用[M]. 王小鹏,译. 北京:清华大学出版社,2008.
- [10] 谭晓宇,陈谋. 采用小波变换和数学形态学的小目标检测[J]. 电光与控制,2008,15(9):25-28.
- [11] 万辉. 一种基于最小二乘支持向量机的图像增强算法[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2011(6):53-57.
- [12] 战杰. 复杂背景下红外弱小目标图像增强算法[J]. 四川兵工学报,2011(8):147-148.

(责任编辑 周江川)