

基于小波变换的多目标检测方法研究

Multi- targets detection method based on wavelet transform

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;

2.中国科学院研究生院;3.吉林大学)

刘岩俊^{1,2} 闫海霞³ 何 昕¹ 魏仲慧¹ 王 军¹

LIU YANJUN YAN HAIXIA HE XIN WEI ZHONGHUI WANG JUN

摘要:针对图像序列中多个运动弱小目标的检测问题,提出了一种用于基于小波变换与帧间差分相结合的检测方法。算法首先对原始图像进行小波变换,利用小波变换增强了目标与背景之间的差别,然后使用帧间差分方法对小波变换后的水平分量和垂直分量进行运算,计算出多个运动的弱小目标。与传统的帧差分方法相比,该方法利用小波变换增强了目标与背景之间的差别,帧间差分运算的区域小,速度快。实验结果表明,使用该方法可以对信噪比为2.9的目标正确提取,减小了虚警率,抗噪声干扰能力强。

关键词:小波变换;目标检测;低信噪比;多目标;图像序列

中图分类号:V556

文献标识码:A

Abstract: A algorithm based on wavelet transform and frame difference method is proposed for multi moving small target in series images. This method will wavelet transform on image in order to suppress background and enhance targets, then compute on horizon and vertical by frame difference method in order to compute the target. Compared with the traditional frame difference method, this method enhances the targets, the size of frame difference method is more smaller and the speed is faster. Experiment result show that this method can detect the low SNR multi small moving targets in image sequence, reduce false alarm and resist noise disturbance.

Key words: Wavelet transform; Target detecting; Low SNR; Multi-target; image sequence

引言

低信噪比下多个运动弱小目标的检测是数字图像处理领域的关键问题,由于小目标在距离远呈现点状,无明显形状信息,因此在成像平面上信息量极少,通常只占几个像素点,目标信号的幅值相对于背景杂波和噪声很弱,具有很低的信噪比。基于图像序列的多个运动弱小目标的检测方法主要使用帧间差分运算方法。但是当目标信噪比低时,直接使用帧间差分运算方法检测概率很低,虚警率高,不能有效地检测出低信噪比下的多个运动弱小目标。

本文提出了一种用于基于小波变换与帧间差分相结合的检测方法。算法对图像进行小波变换,即利用了小波变换增强了目标与背景之间的差别,然后使用帧间差分方法对小波变换后的水平分量和垂直分量进行运算,计算出多个运动的弱小目标。与传统的帧差分方法相比,该方法利用小波变换增强了目标与背景之间的差别,帧间差分运算的区域小,速度快。实验结果表明,使用该方法可以对信噪比为2.9的目标正确提取,减小了虚警率,抗噪声干扰能力强。

1 多目标检测算法

1.1 CDF 双正交小波变换

小波变换克服了传统傅里叶变换的缺陷,同时处于频域和时域中,所以可以在不同的尺度和分辨率下分析数据,它的能力比简单的正弦和余弦要强得多。

双正交小波保持了正交小波的优点,不但紧支撑性容易实现,而且小波基容易满足对称性条件。具有2阶消失矩和逼近

阶。公式1定义了双正交小波。

$$\hat{\phi}(\omega) = \prod_{j=1}^n H(2^{-j}\omega) \quad \hat{\psi}(\omega) = \prod_{j=1}^n \tilde{H}(2^{-j}\omega) \quad \tilde{H}(\omega)\overline{H(\omega)} + \tilde{H}(\omega+\pi)\overline{H(\omega+\pi)} = 1 \quad (1)$$

双正交小波变换的分解公式如公式2所示。双正交小波适合于水平方向、垂直方向、以及对角线方向的阶跃信息,有利于弱小目标的检测。论文中采用CDF97双正交小波进行小波分解。

$$C_{j,m} = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} H(k-2m)C_{j+1,k} \quad D_{j,m} = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} G(k-2m)C_{j+1,k} \quad (2)$$

1.2 双正交小波变换进行图像分解

首先对运动图像序列图像进行一层的二维离散小波分解。得到原图像的低频分量、水平方向的高频分量、垂直方向的高频分量,以及对角线方向的高频分量。由于双正交小波在目标边缘信号检测的特点,经过双正交小波分解后的目标的信噪比得到增强。

1.3 改进的帧间差分方法

由于运动的弱小目标在水平方向和垂直方向变化最大,所以对水平方向高频分量和垂直方向高频分量进行帧间差分运算。这样参与帧间差分计算的区域是原始图像的一半。

传统的差分图像法一般可以分为两类,一类是用序列中的每一帧与一个固定的静止的参考图像做差分,另一类是用序列图像中相邻两帧做差分,由于目标运动速度快,而且目标尺寸小,所以采用第二种方法。其计算公式如公式3所示。

$$d(x,y) = f_i(x,y) - f_{i-1}(x,y) \quad (3)$$

$f_i(x,y)$ 为图像序列。 $d(x,y)$ 为帧间差分运算结果。

1.4 多目标检测

帧间差分运算结束后,采用自适应门限阈值分割法对图像进行二值化处理。大于阈值的点认为是目标,小于阈值的点认为是背景,对二值化图像进行多目标检测,检测方法分为两个

阶段,首先,在 512×512 区域内进行按行搜索,灰度为 255 的点标记为目标,然后对目标点按四连通方法进行连通性分析,当标记的目标相连时,把目标合并,并修改目标窗口大小。循环此方法,直到所有的目标都不相连时,标记出多个窗口目标在水平与垂直高频分量中的窗口大小 $S_{x_1}[x_1, x_2, y_1, y_2]$ 、 $S_{y_1}[x_1, x_2, y_1, y_2]$ 。

把在水平方向与垂直方向高频分量目标信息进行数据融合,这里采用的方法是无论在哪个高频分量上获得其窗口大小都在原始图像中搜索。在原始图像上按 $S_{x_1}[2x_1, 2x_2, 2y_1, 2y_2]$ 大小对目标进行质心计算。

运动目标质心的计算公式如公式 4 所示。

$$X(m) = \sum x_i G(i, j) / \sum G(i, j) \quad Y(m) = \sum y_i G(i, j) / \sum G(i, j) \quad (4)$$

其中 x, y 为像素坐标, $G(i, j)$ 表示像素灰度值。

2 实验结果

实验中选择的实际图像大小 512×512 , 图像中包括多个运动目标(目标为高速运动的弹丸), 目标大小为 2~3 个像素, 目标的信噪比为 3~10。目标运行速度很快, 在 10 像素/帧以上。这是由目标的特点所决定的。原始图像如图 a 所示, 这是图像序列中的第 47 帧小波变换后图像如图 b 所示, 小波变换后进行帧间差分运算图像如图 c 所示。差分运算根据阈值进行二值化图像如图 d 所示。原始图像中的多目标如图 e 所示。直接进行差分运算的图像如图 f 所示。由于目标分辨率低, 在原始图像中基本上观察不出来。

在图 f 中可以看到, 经过小波变换与帧间差分运算以及多目标检测后, 12 个目标被检测出来, 其中信噪比(SNR)最低时只有 2.9。而直接进行帧间差分运算时, 只能把 SNR 大于 6 的目标提取出来。丢失了信噪比低的弱小目标点, 可见使用小波变换方法与帧间差分方法相结合可以有效地提高弱小目标的信噪比, 从而检测出多个低信噪比的弱小目标。



(a)原始图像 (b)小波变换后图像 (c)变换后差分图像
(a)Original image (b)Wavelet transform image (c)Framed difference image



(d)差分图像中的多目标 (e)原图像中的多目标 (f)直接差分运算图像
(d)multi targets in difference image (e)multi targets in original image
(f)difference image directly

图 1 实验结果图像

Fig 1 Test result images

多目标点在原始图像中的坐标位置如表 1 所示。

Position	x	y	X	y	x	y	x	y
46	316.03	130.53	286.67	187.00	263.06	302.33	308.10	381.29
	308.14	161.31	318.49	236.81	317.80	309.67	253.34	422.95
	319.93	171.27	270.32	239.17	255.60	367.41	290.10	460.98
47	326.12	36.19	297.00	88.20	274.35	186.95	321.70	252.19
	318.10	65.90	330.30	127.11	330.32	191.58	263.10	350.15
	330.74	69.28	280.74	151.61	268.25	241.67	304.15	321.89

表 1 相邻两帧图像中多目标坐标值

Table 1 Multi targets coordinates value in two images

3 结论

本文提出了一种用于基于小波变换与帧间差分相结合的检测方法。即考虑了小波变换对多个弱小目标边缘检测性能, 又保留了运动目标的帧间特性。实验数据表明, 经过小波变换后, 弱小目标的信噪比增强; 使用帧间差分方法, 可以更准确地从检测出多个运动弱小目标。本算法同时考虑了弱小目标的时域与频域的特性, 同时利用其在双方面的优点, 能有效地检测出低信噪比为 2.9 的多个运动弱小目标。

本文作者创新点: 本算法同时考虑了弱小目标的时域与频域的特性, 利用双正交小波增强弱小目标的对比度, 结合帧间差分运算, 有效地检测出多个运动弱小目标。

参考文献:

- [1]李利荣,张桂林. 基于小波变换的小目标检测[J]. 兵工自动化 2004,33(6):67-69.
- [2]党莹,翟林培. 基于小波多分辨率分析的低信杂比下点目标跟踪方法[J]. 光电工程, 2000, 27(5):47-51.
- [3]王飞,李在铭. 序列图像中运动目标标示的多分类器自适应融合识别[J]. 信号处理 2004,8(4):410-412.
- [4]郑世友,费树岷,龙飞. 基于小波提升框架的图像序列中运动目标检测算法[J]. 中国图像图形学报 2005,10(5):596-602
- [5]魏海,沈兰荪. 反对称双正交小波应用于多尺度边缘提取的研究[J]. 电子学报, 2002, 30(3): 313-316.
- [6]彭嘉雄,周文琳. 红外背景抑制与小目标分割检测[J]. 电子学报, 1999,27(12):47-51
- [7]李春梅,王汝霖等. 基于邻域平均梯度的小波图像融合[J]. 微计算机信息, 2006.12-3:306-307
- [8]张黎,王立克等. 小波阈值图像去噪研究与应用[J]. 微计算机信息, 2006.10-3:293-294

作者简介:刘岩俊(1978-),男(汉族),吉林长春人,博士研究生,主要研究方向是数字图像处理;闫海霞:吉林大学电子学院讲师;何昕:博士生导师,研究方向是数字图像处理。

Biography:Liu Yan-jun (1978-),JiLin Province, postgraduate, Research area: digital image process;Yan Hai-xia: JiLin University Electronic Department;He Xin: tutor of postgraduate, Research area: digital image process.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)刘岩俊 何昕 魏仲慧 王军

(100039 北京 中国科学院研究生院)刘岩俊

(130021 长春 吉林大学电子学院)闫海霞

通讯地址:(130033 长春 长春市东南湖大路 16 路 长春光机所光电测控部)刘岩俊

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)