

引用格式:杨毅,邹卫军,白云耀,等.基于改进 ViBe 的海面远距离运动目标检测[J].电光与控制,2019,26(11):41-44. YANG Y, ZOU W J, BAI Y Y, et al. Detection of long-distance moving target on the sea surface based on improved ViBe [J]. Electronics Optics & Control, 2019, 26(11):41-44.

基于改进 ViBe 的海面远距离运动目标检测

杨 毅, 邹卫军, 白云耀, 郭 进, 何俊杰
(南京理工大学,南京 210094)

摘 要:针对 ViBe 算法在进行海面远距离运动目标检测时存在噪声和干扰的问题,在 ViBe 算法的基础上提出 4 点优化。首先,在背景建模中扩大样本取值范围减少判别误差;接着,根据背景的动态变化程度自适应地设定不同的阈值与背景模型更新速率,增强了算法的自适应能力;然后,定义一个闪烁等级,当闪烁等级达到一定阈值时,判定为闪烁点,减少对海面闪烁点的误判;最后,对输入的视频序列进行金字塔变换,得到不同分辨率的图像,对于不同分辨率的图像,分别使用改进的 Vibe 算法检测出结果,并对这些结果进行融合,再一次减少了海面闪烁点的影响。实验结果表明,所提算法能够减少海面噪声,以较好的实时性稳定地检测和提取海面远距离运动目标。

关键词: ViBe 算法; 自适应; 闪烁等级; 高斯金字塔

中图分类号: TP391.4 文献标志码: A doi:10.3969/j.issn.1671-637X.2019.11.009

Detection of Long-Distance Moving Target on the Sea Surface Based on Improved ViBe

YANG Yi, ZOU Wei-jun, BAI Yun-yao, GUO Jin, HE Jun-jie
(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: In view of the noise and interference of the ViBe algorithm in the detection of long-distance moving targets on the sea surface, we propose four improvements based on the ViBe algorithm. First, the range of sample values in background modeling is expanded to reduce wrong judgments. Then, different thresholds and background model update rates are adaptively set according to the degree of dynamic change of the background, and the adaptive ability of the algorithm is enhanced. Next, a blinking level is defined. When the blinking level reaches a certain threshold, it is determined to be a blinking point, which reduces the misjudgment of the blinking point on the sea surface. Finally, pyramid-transformation is made to the input video sequence to obtain images with different resolutions. The improved Vibe algorithm is used to detect the foreground at different resolutions, and the detection results are fused to reduce the influence of blinking points on the sea surface. The experimental results show that the proposed algorithm can reduce noise on the sea surface and detect and extract long-distance moving targets on the sea surface with good real-time stability.

Key words: ViBe algorithm; adaptive; blinking level; Gaussian pyramid

0 引言

在计算机视觉领域,对运动目标的检测向来都是研究的热点,ViBe^[1](Visual Background Extractor)就是一种运动目标检测方法,作为一种像素级的前景检测算法,从运行速度来看,它比传统方法(如光流法和高斯混合模型)的计算量要小,因此速度更快,实时性更高。同

时,ViBe 的检测结果与运动目标的速度并不相关,对于复杂背景的抗干扰能力强,所以比传统的背景差分法和帧差法的提取效果更好。

为了解决 ViBe 算法在海面背景下的干扰等问题,文献[2]提出了一种“与”和“或”类型三帧差法与 ViBe 算法相结合,先通过“与”运算减少海面闪烁点被误检测为前景的情况,再通过“或”运算尽可能地保留运动目标,减少空洞,最后对结果进行显著性检测,该方法对于近距离的大型目标效果理想,但是在应用到远距离小目标时,难以区分出噪声和目标;文献[3]在 ViBe 的基础上提出了闪烁等级的概念,并引用了 codebook 算法中的

收稿日期:2018-12-05

修回日期:2019-06-03

作者简介:杨毅(1992—),男,四川南充人,硕士生,研究方向为目标检测与跟踪。

颜色畸变测量,对海面运动目标检测起到了良好的效果,但是该方法的复杂度较高,运行速度慢,实时性差;文献[4]将高斯金字塔应用到 ViBe 算法中,该方法先对输入的视频序列进行金字塔变换,得到顶层、中层、底层 3 种不同分辨率的图像,然后在不同分辨率下进行 Vibe 前景检测,最后对检测结果进行融合,该方法对一些大型水上目标效果理想,但是对于远距离小目标,还是会有一些噪声,漏检测也较多。

基于以上分析,本文在 ViBe 算法的基础上提出 4 点优化方法,即首先扩大样本取值范围减少判别误差,接着采用自适应的判定阈值与背景模型更新速率,然后建立闪烁等级减少闪烁点,最后通过高斯金字塔进行融合,减少海面噪声,实现海面远距离运动目标的检测。

1 ViBe 算法

ViBe 是一种像素级的背景建模算法,用于运动目标检测,整个算法包括 3 方面:模型初始化、像素点分类以及模型更新。

1.1 模型初始化

在 ViBe 模型中,它为每一个像素点存储了一个样本集,样本集的大小通常为 N ,然后从每个像素的 8 邻域中随机选取 N 个像素值放入它的 N 个模型样本中,背景模型 $M(x)$ 的定义为

$$M(x) = \{v_1, v_2, \dots, v_N\} \quad (1)$$

式中: v_i 表示背景模型中样本的像素值; N 为背景模型中样本的数量。

1.2 像素点分类

ViBe 初始化模型只需要一帧图像,从第二帧开始进行像素点分类,每个新的像素点,都与背景模型中的样本比较,以判别像素点类型。假设 $v(x)$ 是当前帧图像的像素点 x 的像素值,现在定义一个圆形的区域 $S_R(v(x))$,此区域内包括了与圆心 $v(x)$ 的欧氏距离小于半径 R 的所有像素点,如图 1 所示,其中, C_1, C_2 为二维颜色空间 (C_1, C_2) 的分量。接着统计出圆形区域内像素点的数量,若大于设定的最小阈值,则此像素点被判定为背景像素,否则被判定为前景像素。

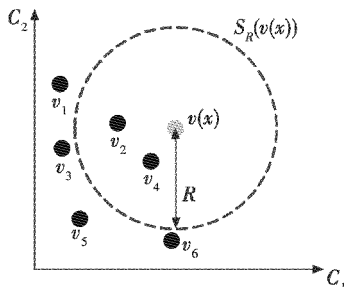


图 1 ViBe 背景模型

Fig. 1 ViBe background model

1.3 模型更新

对于背景模型的更新,ViBe 采用随机更新的策略和扩散的机制,当 x 被判定为背景像素时,它就以 $1/\varphi$ 的概率随机替换背景模型中的某个样本值,同时它也以相同的概率去更新其邻域像素点的样本值,即向其邻域扩散。其中, φ 为时间采样因子。

2 ViBe 改进算法

考虑到 ViBe 算法在海面背景的视频中仍存在噪声干扰等问题,为实现海面远距离运动目标检测,本文在 ViBe 算法的基础上提出 4 点优化方法。

2.1 样本选取范围

ViBe 算法在模型初始化时,是从 8 邻域中选取 20 个像素点,这样就会导致重复选取样本,而重复样本的选取又会导致误差,从而造成前景点像素与背景点像素的误判。针对这种情况,本文在模型初始化时使用 24 邻域来代替 8 邻域,降低了重复选取样本的概率,减少了重复样本带来的误差。

2.2 自适应阈值与更新速率

ViBe 算法在像素点分类时,对统计像素点的圆形区域采用了固定的半径 R ,而在模型更新时,又采用固定的更新速率,这样就不能适应动态背景,当算法应用到海面背景,遇到大量闪烁的波光时,就会产生大量的误检。为了适应海面复杂的变化,需将固定阈值与背景模型更新速率改为自适应阈值和背景模型更新速率,这样就可以根据背景变化的程度,动态地进行调整,避免动态背景的干扰。

本文选取当前像素值 $v(x)$ 与背景模型样本像素值 v_i 差值的绝对值的平均值 $d(x)$ 来判断背景的复杂度。当背景为静态的天空时, $d(x)$ 趋于稳定较小, R 应该更小,背景更新速率更慢,时间采样因子 φ 更大;当背景为动态的海面时, $d(x)$ 较大, R 应该更大,背景更新速率更快,时间采样因子 φ 更小,其表达式为

$$d(x) = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N |v(x) - v_i| \right) \quad (2)$$

$$R = \begin{cases} R_1 & d(x) \geq d \\ R_2 & d(x) < d \end{cases} \quad (3)$$

$$\varphi = \begin{cases} \varphi_1 & d(x) \geq d \\ \varphi_2 & d(x) < d \end{cases} \quad (4)$$

式中: $v(x)$ 为当前像素值; v_i 为背景模型样本像素值; $d(x)$ 为当前像素值 $v(x)$ 与背景模型样本像素值 v_i 差值的绝对值的平均值; d 为判断背景是否为动态背景的阈值, $d(x)$ 大于 d 则为动态背景,否则为静态背景; R_1, φ_1 和 R_2, φ_2 分别为根据经验选取的动态和静态背景的背景更新半径,即前景检测阈值和时间采样因子。

2.3 闪烁等级

引用文献[3]所提出的闪烁等级的概念减少对海面闪烁点的误判。闪烁等级定义如下:如果一个像素属于背景的内边缘即该背景像素的8邻域存在前景像素,并且当前该像素的8邻域状态不同于上一帧同位置像素的8邻域状态,那么闪烁等级增加15,否则等级减1。如果一个像素的闪烁等级大于等于30,则该像素被认为正在闪烁,并统一被定义为背景像素,表示为

$$b_{bl} = \begin{cases} b_{bl} + 15 & S_t \neq S_{t-1} \\ b_{bl} - 1 & S_t = S_{t-1} \end{cases} \quad b_{bl} \in [0, 150] \quad (5)$$

$$v(x) = \begin{cases} 0 & b_{bl} \geq 30 \\ 255 & b_{bl} < 30 \end{cases} \quad (6)$$

式中: b_{bl} 表示当前帧像素点闪烁等级; S_t 表示当前帧像素点8邻域状态, S_{t-1} 表示前一帧同位置像素的8邻域状态; $v(x)$ 表示当前帧像素点的值,255表示前景,0表示背景。

2.4 高斯金字塔

同一幅图片,在高分辨率下,灰度值波动较大,海面的波光更容易被检测为前景,而在低分辨率下,同一位置灰度值波动较小,海面的波光更容易被检测为背景。高斯金字塔能以多分辨率来解释图像,它是采用对原始图像进行多尺度像素采样的方式生成多个不同分辨率的图像,并以金字塔形式排列,层级越高,图像越小,分辨率越低。该模型的构造包含两个步骤:首先利用低通滤波器平滑图像,然后对平滑图像进行抽样,从而得到不同分辨率的图像,可表示为

$$G_{k+1}(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) G_k(2i + m, 2j + n) \quad (7)$$

式中: $G_{k+1}(i, j)$ 为第 $k + 1$ 层高斯金字塔图像; $w(m, n) = w(m) \times w(n)$ 是长度为5的高斯卷积核, $w(m, n)$

$$w(m, n) = \frac{1}{256} \begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{pmatrix}。$$

本文对输入图片序列进行一次金字塔变换,得到2种不同分辨率的图像,假设原始图像分辨率为 $M \times N$,则底层和顶层的图像分辨率分别为 $M \times N, \frac{M}{2} \times \frac{N}{2}$ 。

通过高斯金字塔分解得到不同尺度的图像后,在相应层进行 ViBe 前景检测,就会得到2帧不同分辨率的差分图像,分别记为 $F_0(x, y), F_1(x, y)$,并对其进行融合。首先对 $F_1(x, y)$ 进行膨胀操作,然后将 $F_1(x, y)$ 缩放为分辨率 $M \times N$ 的图像 $M_1(x, y)$,最后将 $M_1(x, y)$ 与 $F_0(x, y)$ 进行融合,即

$$M_0(x, y) = \begin{cases} 255 & M_1(x, y) = 255 \cap F_0(x, y) = 255 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $M_0(x, y)$ 为最终的检测结果,这样就进一步减少了海面闪烁点的影响。

3 实验结果与分析

为了验证本文算法的效果,采用海上远距离日标视频进行测试,并将本文算法分别与文献[3]和文献[4]算法作对比。在 Visual Studio 2015 + OpenCV2.4.13的环境下进行实验,结果如图2~图4所示。

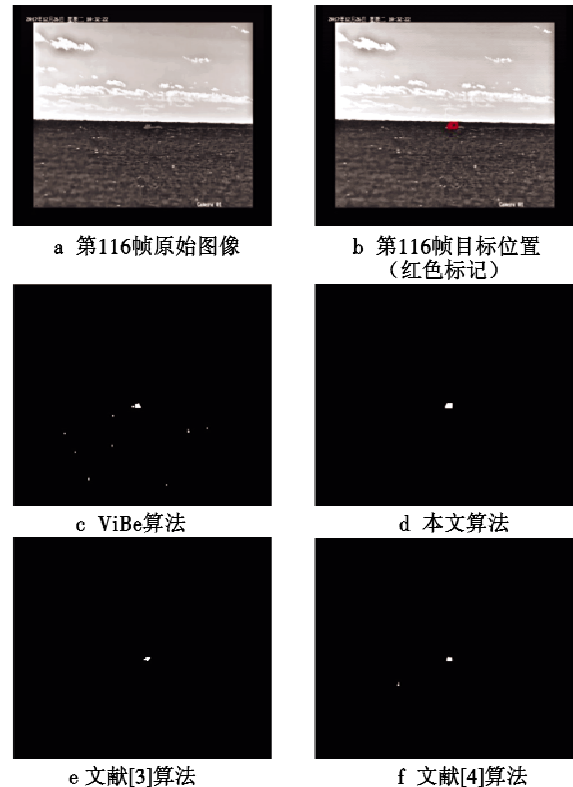
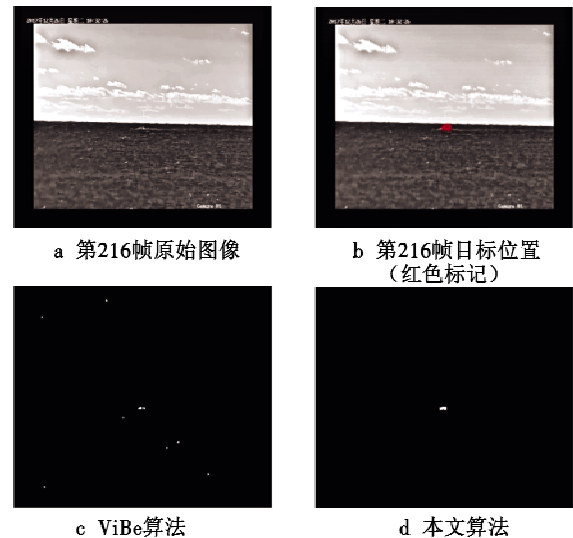


图2 视频第 116 帧检测结果

Fig. 2 Detection result of the 116th frame



c ViBe算法

d 本文算法

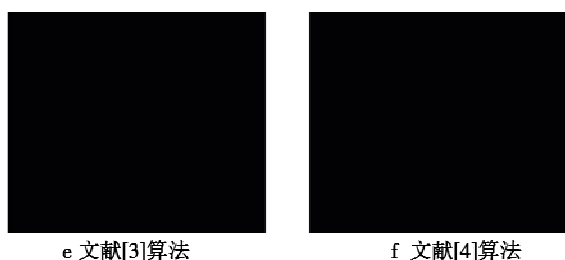


图 3 视频第 216 帧检测结果

Fig. 3 Detection result of the 216th frame

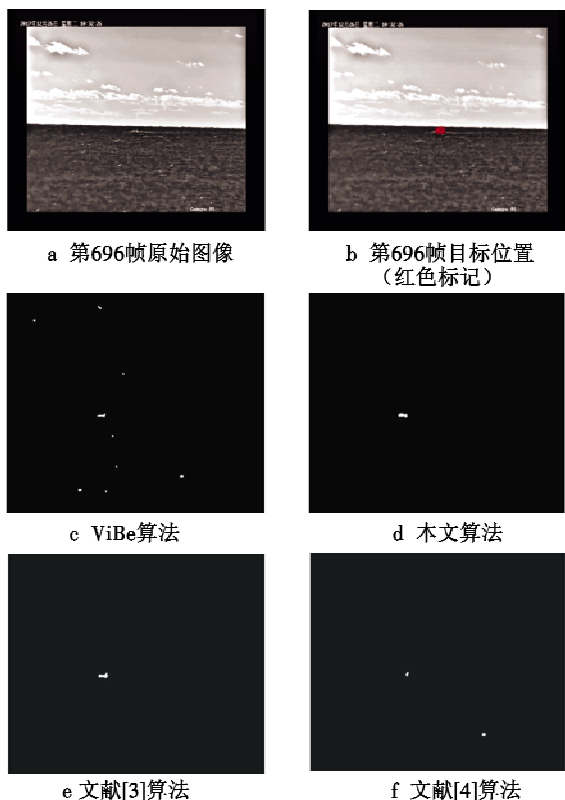


图 4 视频第 696 帧检测结果

Fig. 4 Detection result of the 696th frame

从图 2~图 4 可以看出, ViBe 算法对于海面目标的检测噪点非常多;而文献[3]算法对于海面远距离小运动目标的检测效果较好;文献[4]算法仍然有一些噪点,检测效果相对较差;而本文算法相对于文献[3]和文献[4]算法检测效果更稳定,漏检测更少,相对于文献[4]算法噪点更少,检测效果在三者中最优。

4 种算法运行时间比较见表 1。从表 1 可以看出,文献[3]算法检测效果虽然比文献[4]算法要好,但是检测时间却远大于文献[4]算法,几乎都在 120 ms 以上,无法达到实时检测的效果;而本文算法的检测时间虽然不是三者中最短,但是也能达到实时检测的效果。

表 1 4 种算法运行时间比较表

Table 1 Comparison of running time of the four algorithms

算法	第 116 帧	第 216 帧	第 696 帧
ViBe 算法	7.71435	6.42529	24.1414
本文算法	30.4704	29.5884	30.3197
文献[3]算法	125.743	121.667	123.764
文献[4]算法	11.6246	18.1832	9.81672

从检测效果和实时性综合考虑,本文算法的整体性能要优于其他两种算法。

4 结论

本文在 ViBe 算法的基础上提出 4 点优化,先扩大样本取值范围减少判别误差,接着采用自适应阈值与背景模型更新速率,然后建立闪烁等级减少闪烁点的影响,最后通过高斯金字塔进行融合进一步减少闪烁点的影响。实验结果表明,本文算法能够减少海面噪声,以较好的实时性稳定地检测和提取海面远距离运动目标。

参考文献

- [1] BARNICH O, VAN D M. ViBe: a universal background subtraction algorithm for video sequences [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(6): 1709-1724.
- [2] 杨依忠, 张强, 汪鹏飞. 基于改进 ViBe 算法与三帧差法的运动检测算法 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2018, 41(8): 1052-1058.
- [3] VAN D M, PAQUOT O. Background subtraction: experiments and improvements for ViBe [C]//IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, IEEE, 2012: 32-37.
- [4] 茅正冲, 沈雪松. 融合多尺度变换的改进 Vibe 算法 [J]. 激光与光电子学进展, 2018, 55(11): 321-328.