

# 基于 Vibe 和三帧差法的目标检测算法

白一帆,李海芳\*,宸梦楠

(太原理工大学 计算机科学与技术学院,山西 晋中 030600)

**摘要:**运动目标检测是智能视频监控中的关键问题.Vibe 是一种典型的运动目标检测算法,但是这种方法存在对鬼影消除速度缓慢以及对全局光线变化的抗干扰性差等缺点.本文提出一种改进算法,改进 Vibe 的背景模型更新机制,引入三帧差法作为参考帧,提升了消除鬼影的速度和背景模型的稳定性.提出一种全局光线抗干扰策略,降低了全局光线对目标检测的干扰,并通过实验验证了本文算法的有效性和可行性.

**关键词:**Vibe 算法;目标检测;三帧差法;鬼影去除;光照突变

**中图分类号:**TP391      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-9102(2018)02-0054-06

## Moving Object Detection based on Vibe and Three-frame Difference Algorithm

Bai Yifan, Li Haifang, Yi Mengnan

(Institute of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030600, China)

**Abstract:** Motion target detection is a key issue in intelligent video surveillance. Vibe is a typical algorithm of moving target detection, this method has the disadvantages of slow elimination of ‘ghosts’ and poor anti-interference of global light changes. A new algorithm was proposed, which improved the background model update mechanism of Vibe, and the results of the three-frame difference method was used as a reference frame to improve the speed of ghosting elimination and the stability of the background model. A global light anti-jamming strategy was proposed to reduce the global light’s interference to the target detection, and the effectiveness and feasibility of the proposed algorithm were verified by experiments.

**Keywords:** visual background extractor algorithm; object detection; three-frame difference method; ghost; light mutation

随着科技的不断进步,视频监控已广泛应用于银行、电力、交通、安监等领域.运动目标检测是智能视频监控中的重要组成部分,其检测效果直接影响后续处理的准确性.传统的目标检测方法有<sup>[1-2]</sup>:帧间差分法、光流法和背景差法.帧间差分法实现简单,运算量小且速度快,但是只能提取目标的“轮廓”;光流法计算量大、易受噪声干扰,而且受限于硬件条件,不适合用于实时检测;背景差法的检测效果很大程度上依赖于背景模型的更新策略<sup>[3]</sup>,能够从背景中提取出比较完整的前景目标,但很容易受到光照变化和外界条件的影响.

在背景差法中,常见的有混合高斯模型<sup>[4]</sup>和 Vibe(Visual Background Extractor)算法 2 种.Vibe<sup>[5]</sup>算法最早由 Barnich 等人(2011 年)提出,该算法的计算量小、内存占用低且检测效果好.Vibe 算法在背景建模过程中仅使用 1 帧图片,背景模型更新采用概率更新.当背景建模过程所使用的图片中有运动目标时,

收稿日期:2017-11-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61472270);国网山西省电力公司科技项目(520530150015;5205301500W)

\*通信作者,E-mail: lihaifang@tyut.edu.cn

Vibe 算法往往会因背景模型的更新速度过慢而在较长时间内产生鬼影<sup>[6]</sup>.

在消除鬼影问题上,一般有 2 类方法:一种方法是根据像素的运动属性来对鬼影进行判定消除<sup>[7-8]</sup>;另一种是利用背景的自适应更新将鬼影更新掉<sup>[9-11]</sup>.第 1 类方法往往会大大增加算法的计算复杂度,不利于实时检测;第 2 类方法可以有效地消除鬼影,但容易将实际的前景一起更新掉.

本文结合上述 2 类方法,基于传统 Vibe 算法在检测过程中使用三帧差法检测的检测结果作为参考帧,并在背景模型中设置动态更新因子控制更新速率,同时引入全局光线变化的判断更新机制.实验证明,相对于传统 Vibe 算法,本文算法加速了鬼影消除速度,提升了背景模型稳定性,从一定程度上避免了因全局光线变化而引起的误检.同时,算法具有良好的鲁棒性和实时性,满足实时检测的要求.

## 1 Vibe 算法

Vibe 算法是一种基于像素的运动目标检测算法,其基本思想:图像中的每个像素点设置样本集存储当前帧的像素值和领域的像素值.在检测过程中,将检测帧像素与对应样本集中的所有样本值进行比较,如果检测帧某点的像素值与样本集中的样本值相近的比较多(大于阈值),则该点为前景点.

### 1.1 检测原理

设  $p(x)$  为像素  $x$  点处的像素值;  $S_R(p(x))$  为以  $x$  为中心,  $R$  为半径的区域.首先为每个像素建立大小为  $N$  的样本集,数学表达式如下:

$$M(x) = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}. \quad (1)$$

欧式空间像素分类图如图 1 所示.若  $S_R(p(x)) \cap \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  大于给定阈值  $T$ , 则认为  $x$  点为背景点.如图 1 所示,以  $x$  点为中心,  $R$  为半径的虚线区域内的像素即为小于阈值的像素.

### 1.2 模型初始化

一般的背景差法需要使用一段视频序列进行背景模型初始化,Vibe 算法只需要 1 帧图片.在初始化过程中,Vibe 算法对每个像素点随机选取它领域的像素值来构建样本集.

### 1.3 模型更新

Vibe 算法采用的是模型更新策略通常有 2 种:保守更新策略和前景点计数法.保守更新策略中前景点不会用来更新背景模型;前景点计数法则对连续  $K$  次被检测为前景点的像素的模型样本进行更新.具体更新方法:当某一像素被检测为背景点,有  $1/\varphi$  的概率随机更新该点样本集中的一个样本值.同时,也有  $1/\varphi$  的概率随机更新某个领域像素的背景样本,其中  $\varphi$  为时间采样因子.

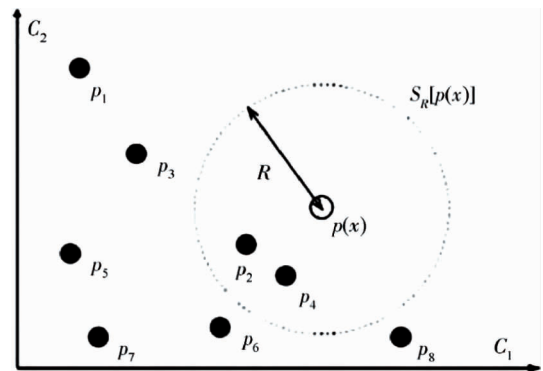


图 1 欧式空间像素分类

## 2 本文算法

Vibe 算法初始化背景模型只需要 1 帧图片,同时采用随机更新策略对背景模型进行更新.虽然 Vibe 算法的这种背景模型初始化及更新策略可以比较准确的检测运动目标,但也存在以下问题:检测中,当背景中的物体突然移动,前景中会在目标原位置留下一个“伪前景”区域,这个区域即为鬼影;当全局光照突然改变时,由于背景模型更新不及时,在一定时间内会大量误检;当目标长时间运动幅度较小,Vibe 算法会将此运动目标的一部分更新为背景模型,导致背景模型污染.

针对上述问题,本文对 Vibe 算法进行了改进.Vibe 算法与本文算法的检测流程如图 2 所示,本文算法在前景检测前进行了全局光线变化的判断,同时在背景模型更新时,使用三帧差法的结果作为背景模型更新的依据.

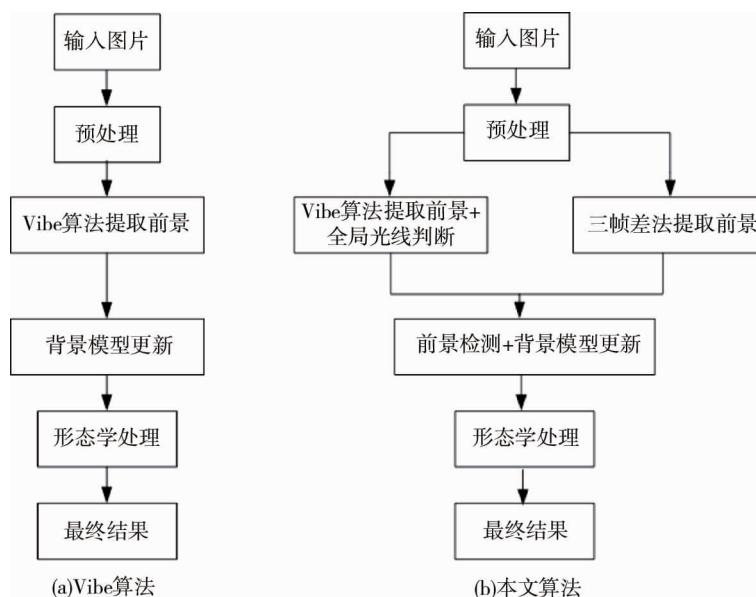


图2 Vibe 算法与本文算法的检测流程

## 2.1 全局光线变化判断

当全局光线突然变化时, Vibe 算法会将大量光线变化的像素点全部检测为前景, 导致误检. 因此, 需要在检测前进行光线全局变化判定, 避免此类误检. 本文对光线全局变化的判断步骤如下:

1) 当前景像素面积超过总面积的 75% 时, 启动判断, 并暂停检测前景更新;

2) 连续统计此后 5 帧图像的三帧差法结果的前景点的个数  $N_1, N_2, \dots, N_5$ ;

3) 当  $T' > T$  时, 判定为全局光线变化, 等 20 帧且三帧差法未检测到前景的情况下对 Vibe 算法背景模型初始化; 当  $T' \leq T$  时, 判定为正常前景, 继续检测. 其中  $T'$  定义如下:

$$N_{\max} = \max(N_1, N_2, \dots, N_5); \quad (2)$$

$$N_{\min} = \min(N_1, N_2, \dots, N_5); \quad (3)$$

$$T' = (N_{\max} - N_{\min}) / S. \quad (4)$$

式中:  $S$  为总像素个数.

## 2.2 改进的背景模型更新策略

传统的 Vibe 算法采用的是保守的更新策略和前景点计数方法进行背景模型更新, 但是这 2 种方法的缺点也非常明显: 保守的更新策略不使用前景点来更新背景, 这样一旦有错误的区域被检测为前景, 这个区域就会一直被当作前景对待; 前景点计数方法将连续  $K$  次被检测为前景的点进行更新, 如果有一个物体在同一区域一直不停运动的时候, 这种策略也会将运动目标当作背景更新, 导致背景模型被污染. 此外, 传统的 Vibe 算法的随机更新策略易导致背景更新缓慢, 产生鬼影.

为了解决上述问题, 背景更新模型中, 应该加入参考帧并为每个像素点设置更新因子  $\lambda(x, y)$  (初始值为 0 且  $\lambda \in [0, 100]$ ) 使背景模型更新更加适合于实际场景. 改进的 Vibe 算法检测和更新具体过程如下:

1) 用 Vibe 算法检测得到前景图  $I$ , 同时用三帧差法检测得到参考帧  $I'$ ;

2) 获取前景图  $I$  中的前景区域, 并将运动目标逐一用矩形框区域框取, 得到区域  $O_1, O_2, \dots, O_N$ ;

3) 对于每个目标区域  $O_i$  与图  $I'$  中的对应区域  $Z_i$  对比, 统计重合前景点个数  $N_i$ ;

4) 当  $N_i/S_i < T$  时, 判定目标区域  $O_i$  的前景为疑似鬼影区域, 区域内所有前景点的更新因子  $\lambda + 1$ ; 当  $N_i/S_i \geq T$  时, 判定目标区域  $O_i$  的前景确实为前景, 作  $R_i = O_i \cup Z_i$ , 并将  $R_i$  作为该区域前景结果 ( $S_i$  是目标区域  $O_i$  的像素点的总值,  $T$  为预先设置好的阈值且很小, 本文设定为 0.02);

5) 对于判定为背景区域的像素点, 背景模型按照传统方法进行更新; 对于判定为前景区域的像素点

$(x, y)$ , 有  $1/(|2^{10-0.1\lambda(x,y)}|)$  的概率更新像素点的样本集.

### 3 实验结果和分析

本文选用 Pets2006 和 wallflower(2017.2 版)及 Change Detection 这 3 个公共目标检测数据集中的数段视频序列进行测试,并且选用识别率 RR 和误检率 FR<sup>[12]</sup>对本文算法、Vibe 算法以及混合高斯模型算法进行比较.

$$RR = \frac{TP}{TP+FN}; \quad (5)$$

$$FR = \frac{FP}{TP+FP}. \quad (6)$$

式中:TP 是正确检测为前景的像素数;FN 是漏检的前景点像素数;FP 是误检为前景的像素数.当真实背景和检测结果中都没有任何目标时认为  $RR = 100\%$ ,  $FR = 0$ .

现将部分结果展示如下,其余数据集也可得到类似效果.

#### 3.1 鬼影消除

测试素材选自 Pets2006 数据集中 S6 集合中的第 3 场景的前 300 帧.检测前景图如图 3 所示.

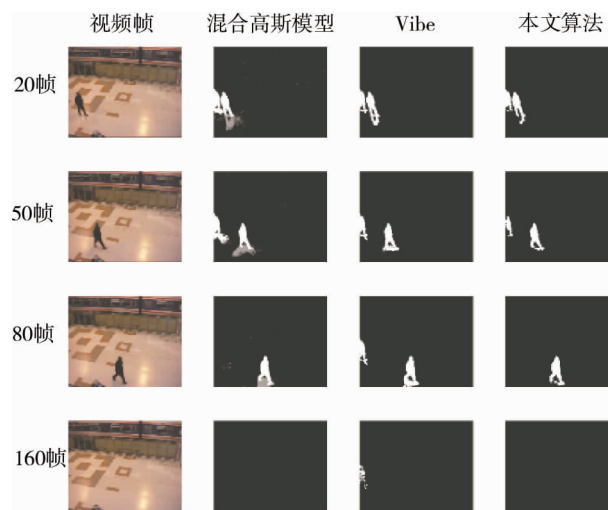


图3 3种算法的鬼影消除效果

图4是上述视频序列检测的鬼影点数量随帧数变化的情况,横坐标表示帧数,纵坐标表示鬼影点个数.从图4中可以看出,相对 Vibe 算法和混合高斯模型,本文算法对鬼影的消除速度上有了明显的提升,可以在短时间内完成对鬼影的消除,从而减少误检.

上述视频序列识别率 RR 以及误检率 FR 随帧数的变化情况如图5所示.从图5可以看出:在识别率 RR 上,3种算法的指标是相当的;但是在误检率 FR 上,由于 Vibe 算法鬼影长时间得不到消除,导致在 60 帧以后,Vibe 算法的误检率明显比本文算法要高;而混合高斯模型由于对光噪敏感,导致有大量鬼影之外的误检,从而在前 80 帧误检率也明显高于本文算法.

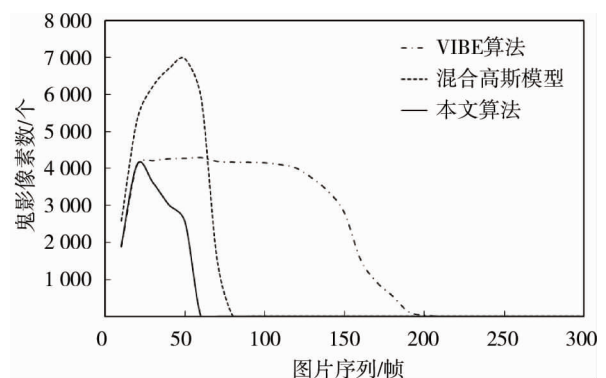


图4 鬼影消除速度

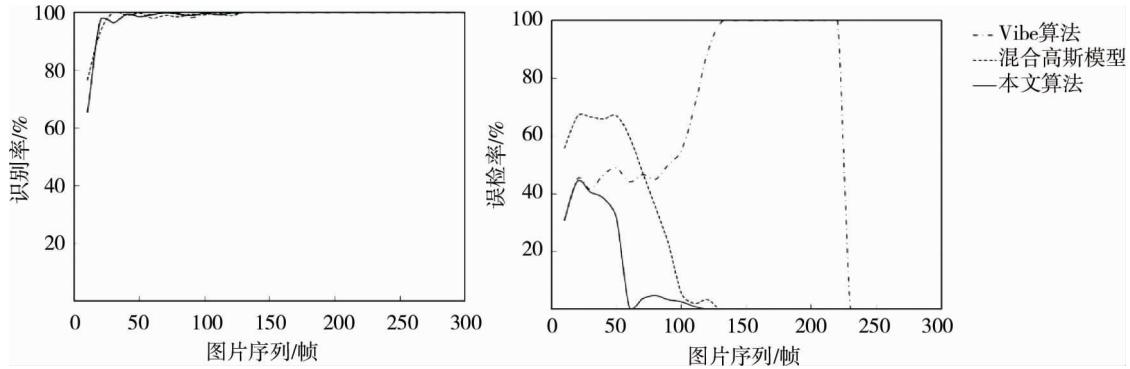


图 5 识别率 RR 和误检率 FR

### 3.2 背景模型稳定性

对 3 种算法的背景模型稳定性测试如图 6 所示,测试素材选自 Change Detection 数据集中的 office 图像序列.由于运动目标动作幅度较小,Vibe 算法和混合高斯模型算法逐渐将运动的人物更新成为了背景,而本文算法在一定程度上避免了这种现象的出现.



图 6 3 种算法的背景模型稳定性

3 种算法的识别率与误检率随时间变化的状况如图 7 所示.Vibe 算法和混合高斯模型算法将人物逐渐更新为背景,导致识别率的明显降低;本文算法由于使用三帧差法作为参考帧,使得每个像素的更新因子没有过快增长,从一定程度上避免了背景模型的“污染”,所以识别的准确率没有出现太大的波动.

由于混合高斯模型算法对“光噪”敏感,导致其误检率 FR 始终高于 Vibe 算法和本文算法;在图片序列最后,由于本来的前景目标被更新到背景中去,导致人物离开时,Vibe 算法和混合高斯模型检测的结果中出现鬼影,从而导致误检率的升高.

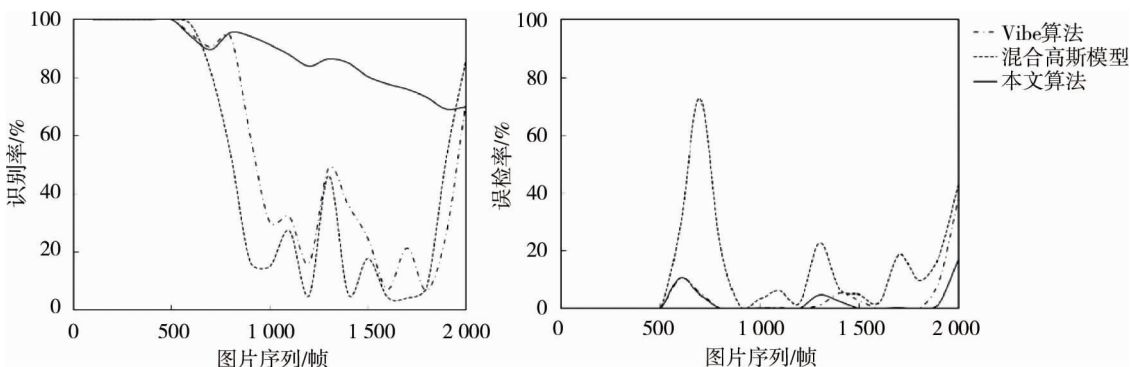


图 7 识别率 RR 和误检率 FR



### 3.3 光照突变的检测

对光照变化的测试,测试素材选自 wallflower 数据集中的 LightSwitch 图像序列.3 种算法的检测结果如图 8 所示,检测中,由于 812 帧突然关灯造成光线突变,传统 Vibe 算法造成“误检”,本文方法由于判断出光线突变且参考帧一直检测有前景,所以推后 20 帧对 Vibe 算法重新建模从而避免了“误检”.

### 3.4 性能分析

本文实验所使用的实验环境为 CPU: Intel i7-4790;内存:16G;操作系统:Windows 10(64 位);显卡:GTX 970M,6G;硬盘:256G SSD;软件环境:VS 2015,opencv 3.4.

本文实验所采用的图片像素大小分别为  $720 \times 576$  和  $640 \times 360$  这 2 种大小,3 种算法检测的具体性能如表 1 所示.

可以看出,本文算法的性能介于经典 Vibe 算法和混合高斯模型算法之间,处理速度可以满足实时检测的需求.

## 4 结论

1) 在 Vibe 算法基础上,本文在检测过程中为背景模型中每个像素设置背景更新因子,同时引入三帧差法检测结果作为参考帧控制背景更新速率,有效抑制了鬼影现象,同时也可以较好地适应缓慢变化的运动目标.

2) 在检测前加入了全局光线变化判定,有效避免了全局光线突变的干扰.

3) 与混合高斯模型和传统 Vibe 算法对比实验表明,本文算法在鬼影抑制、适应缓慢移动目标及减少光照变化影响方面均有一定提升.

### 参考文献:

- [1] 郭玲.智能视频监控中运动目标检测的算法研究[D].广州:华南理工大学,2013.
- [2] 张肃,王文生,徐春云.低对比度环境下运动目标光学相关检测技术[J].仪器仪表学报,2013,34(2):319-325.
- [3] Elgammal A, Harwood D, Davis L. Non-parametric model for background subtraction[C]//European conference on computer vision, Springer, Berlin, Heidelberg, 2000: 751-767.
- [4] Lee D S. Effective Gaussian mixture learning for video background subtraction[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence,2005,27(5):827-32.
- [5] Barnich O, Van Droogenbroeck M. ViBe: a universal background subtraction algorithm for video sequences[J].IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(6): 1709-1724.
- [6] Shoushtarian B, Bez H E. A practical adaptive approach for dynamic background subtraction using an invariant colour model and object tracking[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(1):5-26.
- [7] 李晓娟,李佳田,何育枫.目标相似性度量的鬼影抑制方法[J].计算机应用研究,2014,31(3):926-928.
- [8] Li Y, Chen W, Jiang R. The integration adjacent frame difference of improved ViBe for foreground object detection[C]//International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Wuhan, China, 2011:1-4.
- [9] 魏洪涛,李瑾,吴细秀.融合帧差和 ViBe 的运动目标检测算法[J].计算机应用研究,2017,34(5):1565-1567.
- [10] 闫硕,陈科山.基于双背景模型的鬼影抑制方法研究[J].计算机应用与软件,2016,33(5):162-165.
- [11] 陈亮,陈晓竹,胡正东.用于鬼影抑制的区域检测算法[J].中国计量学院学报,2015,26(1):115-122.
- [12] Goyette N, Jodoin P M, Porikli F, et al. Changedetection.net: A new change detection benchmark dataset[C]// Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Providence, USA, 2012:1-8.

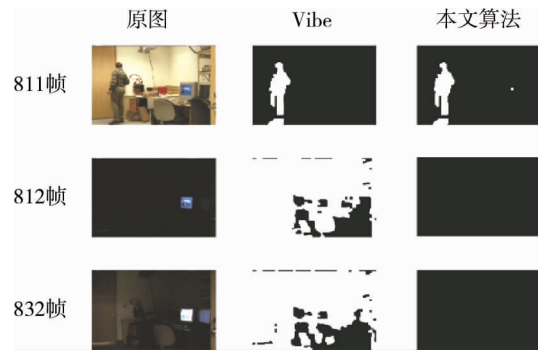


图 8 光照突变检测结果

表 1 3 种算法的性能

图片大小	混合高斯模型	Vibe 算法	本文算法
720×576	45.4	72.3	62.1
640×360	70.9	108.1	92.8