

融合帧差和 Vibe 的运动目标检测算法^{*}

魏洪涛^a, 李 瑾^{a†}, 吴细秀^b

(武汉理工大学 a. 信息工程学院; b. 自动化学院, 武汉 430070)

摘要: Vibe 算法是一种快速高效的背景建模算法, 但该算法在运动目标检测过程中会产生鬼影。针对 Vibe 算法中鬼影消除缓慢的问题, 结合多个场景的交通视频提出一种通过连续两帧前景背景像素时域变化来判断鬼影像素点并消除的方法, 该方法加快了鬼影的消除速度。同时, 对于视频拍摄场景中的背景噪声, 采用了对前景图进行开闭操作去除小像素点以及对目标区域的空洞进行填充处理。实验表明, 改进的 Vibe 算法能够加快鬼影的消除, 并且与帧差法以及混合高斯建模算法相比, 前景检测效果更精确。

关键词: 运动目标检测; Vibe 算法; 帧差法; 鬼影消除

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2017)05-1565-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2017.05.064

Moving object detection algorithm using Vibe combined with frame-difference

Wei Hongtao^a, Li Jin^{a†}, Wu Xixiu^b

(a. School of Information Engineering, b. School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Vibe algorithm is an effective and quick background modeling algorithm. During the moving target detection, the Vibe will produce the ghost and eliminate slowly. In order to solve the problems caused by the execution of Vibe algorithm, this paper proposed an improved algorithm for the traffic video. The ghost pixel was judged by the change of two consecutive frames in time domain, which could speed up the ghost to eliminate. In addition, to solve the noise in the complex background, it applied a morphology post-processing with opening operation and closing operation to remove the noise, then filling the holes in the target zone to highlight the prospect target. Experiments show that the improved algorithm can absorb the ghost quickly and detect the foreground better compared with frame-difference and GMM.

Key words: moving object detection; Vibe algorithm; frame-difference algorithm; ghost elimination

0 引言

智能安防系统以及智能交通系统成为目前的热点研究方向, 由于运动目标检测技术是智能视频监控中的核心技术, 所以能够快速准确提取出运动目标得到广大研究者的重视。常用的运动目标检测算法主要有三类: 光流法^[1]、帧间差法^[2]和背景差分法^[3]。

光流法是通过每个像素点的运动状态矢量来得到运动的像素点, 它并不要求拍摄的摄像机是静止不动的, 在移动的摄像机情况下也可以利用目标运动的特点来进行实时监测, 然而其计算量大, 并且对硬件要求挺高, 很难满足实时效果; 帧间差分法是通过计算连续两帧之间的差值与特定阈值进行比较来检测出运动目标, 小于阈值的作为背景值, 由于两帧之间的时间比较短暂对于光照强度变化的情况下能够有效地检测目标。但是对于快速运动目标而言, 很难得到运动目标的完整区域并且容易产生空洞; 背景差分法是使用当前帧图像与建立好的背景模块作差检测出运动目标, 所以对背景建模以及背景更新要求很高, 以便适应自然场景中随机因素的变化。

由于背景差分法简单复杂度低并且容易实现, 在实际中得

到了广泛的应用, 它的首要技术是如何有效地构造出一个动态场景的背景^[4,5]。如文献[6]提出的高斯混合模型(Gaussian mixture model)是根据每个像素在时间域上的分布信息按照高斯建模来构造背景模型; 文献[7]的码本(codebook)建模思想能有效建立背景模型; 文献[8]的 GMG 算法以及 Barnich 等人^[9]提出的 Vibe 算法, 这些都是目前常用的基于背景的运动目标检测算法。其中 Vibe 算法在背景模型构造上有重要突破, 其他算法是通过多帧信息来获取背景模型, 而 Vibe 改为只通过视频第一帧建立像素背景模型, 从第二帧就开始用于检测出目标。该算法是利用空间像素一致性原理为基础来构建背景像素模型, 然而依旧存在些许缺陷。文献[10~12]改进背景模型初始化对鬼影起到了相应的抑制作用; 文献[13,14]通过自适应阈值改进来提高检测效果; 文献[15]按照形态学后处理对背景干扰进行了消除处理。对于道路上大车、小车、自行车、人进行分类识别这个项目而言, 首先就是要进行前景检测, 但是对于其中几种情景下采用 Vibe 前景检测方法会有缺陷。交通场景如在红绿灯处, 停止的车辆突然启动, 车辆检测会延时较长一段时间, 需要改进; 另外在马路边上的监控视频下会有类似树叶等高频干扰点, 影响前景目标提取。本文针对

收稿日期: 2016-03-28; **修回日期:** 2016-05-13 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(51107093)

作者简介: 魏洪涛(1974-), 男, 湖北武汉人, 硕士, 副教授, 博士, 主要研究方向为模式识别与智能系统; 李瑾(1991-), 女(通信作者), 湖北武汉人, 硕士研究生, 主要研究方向为模式识别与智能系统(506991659@qq.com); 吴细秀(1976-), 女, 湖北武汉人, 硕士, 副教授, 博士, 主要研究方向为智能控制。

交通场景几个实际应用问题进行了如下改进:(a)结合连续前后两帧与背景模型做与运算来确定误判背景点,将帧差思想融合于 Vibe 快速更新背景模型,加快鬼影消除;(b)后期通过前景小目标丢弃以及空洞填补算法来完善 Vibe 算法的前景检测,使得结果更加准确。通过实验结果显示,改进算法在多组交通视频检测结果中能够达到加快鬼影的消除以及确保前景检测的准确性。

1 Vibe 算法分析

1.1 Vibe 运动目标检测算法

Vibe (visual background extractor) 算法的创新之处是利用了相近像素点拥有相似的时空分布特征来得到的,只需要一帧图像就能够建立背景模型,这样加快了背景建模速度,同时该算法采用的是随机选择更新对应的背景模型的像素,可以保证像素模型的采样值的寿命周期呈平滑指数衰减形式。算法的具体操作如下:

a) 背景模型初始化

为每一个像素建立一个背景像素样本值空间,即在第一帧图像中对于 x 处的像素点随机选取 N 个八邻近像素值,构成一个 N 维的样本集合。

b) 运动目标检测

从第二帧开始,将当前帧的每个像素点与背景模型对应样本库中的 N 个像素逐一作差,并将结果与阈值 R 作比较,差值小于阈值表示多一个匹配点,将统计匹配结果数与对应的匹配数目阈值 $\#min$ 作比较,如果小于 $\#min$ 则判断为前景,否则为背景。

c) 背景模型更新

Vibe 中的更新策略采用随机替换像素原则,同时运用空间传播机制使得像素模型与邻域模型互相更新。对被判断为背景的像素点,以一定的概率对像素点以及邻域点进行更新。

d) 异常处理模块

对在前景像素中出现了背景信息的误现象,传统 Vibe 算法使用了对连续判断为前景的像素进行统计计数的方法,当计数超过某个阈值后,直接将该像素判定为背景像素,并且将计数置零。

1.2 算法的不足之处

Vibe 算法是一种应用在动态背景的快速的的目标检测法,从上述介绍的原理可知,从背景模型的定义、初始化到背景更新整个算法比较简单,具有一定的鲁棒性和实时性。但是存在的一些缺陷应该引起注意以在实际应用中得到改进:当第一帧中含有运动目标时,会在当前位置留下影子,称为 ghost 鬼影现象^[16];对于背景图中的高频运动背景(闪烁的树叶,波动的水面等)会造成大量的误检;对于缓慢移动的物体会出现空洞。

2 Vibe 改进算法

Vibe 算法是一种较为前沿的背景差分算法,对于该算法在不同环境下的改进已被越来越多的研究者重视。本次实验首先通过分析 Vibe 算法出现的鬼影现象,提出了一种融合帧差的方法来解决鬼影消除缓慢问题。然后通过后期改进方法来提高目标检测的准确性。

2.1 背景更新前处理

背景模型初始化时,Vibe 算法会对第一帧像素做背景像

素建模,接下来的多帧里,随着运动目标逐渐移动,这样采样到的真正背景无法与背景模型匹配,导致了背景点被错误地检测为前景点,即产生鬼影。鬼影的出现会维持一段视频帧,所以快速消除鬼影有利于后续的目标跟踪与识别等相关处理。

为了解决这个问题,本文采用了连续两帧分别与背景模型做 Vibe 检测后的差分思想,即用当前帧与像素背景模型作对比得到像素点属性判断结果,以及前一帧与像素背景模型作对比得到的判断结果再作分析来确定鬼影像素点,如式(1)所示, I 为当前像素, B 为背景模型,这样通过将前后两帧与背景模型比较结果值 FD 与阈值 δ 作比较,小则说明不存在鬼影点,否则,将判定为鬼影像素设置为背景点并且进行背景更新操作。

$$\begin{aligned} D_k &= I(x, y, k) - B(x, y, k) \\ D_{k+1} &= I(x, y, k+1) - B(x, y, k+1) \\ FD_{t,t+1} &= D_k \text{ or } D_{k+1} \\ B_{t+1}(x, y) &= \begin{cases} FD_{t,t+1} < \delta \\ FD_{t,t+1} > \delta \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

2.2 算法流程图

将前一帧图像提前与当前背景模型做处理,这样跳帧处理后,得到的两帧的状态值,完成背景模型是否需要更新的判断。这种方法是利用当前背景模型为基准来判断连续两帧图像的前景与背景。流程图如图 1 所示。

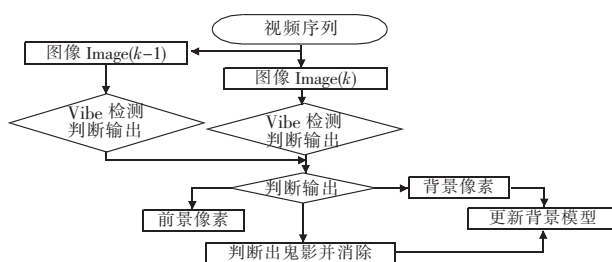


图 1 快速消除鬼点流程

其中: $I(k-1)$ 表示视频中的第 $k-1$ 帧, $I(k)$ 表示第 k 帧。将连续的两帧与背景模型进行对应像素集的比较,结果可以得到背景像素点值 0,或者前景点值 255。将两帧的对应结果中的像素值再作进一步的比较,如果前一帧 $k-1$ 对应的像素值为 255,并且当前帧像素值也为 255 时,则判断该点为误判点,是鬼影。需要立即做消除鬼影处理,即将该点像素置 0,并且进行背景更新操作。因此得到判断第 k 帧对应的某个像素点的属性的表达式为式(2),而判断前景背景点则可以通过式(3)中像素属性来确定。

$$\text{status}_k(x, y) = \begin{cases} \text{ghost} & \text{Vibe}_{k-1}(x, y) = 255 \text{ \& \& } \text{Vibe}_k(x, y) = 255 \\ \text{foreground} & \text{Vibe}_{k-1}(x, y) = 0 \text{ \& \& } \text{Vibe}_k(x, y) = 255 \\ \text{background} & \text{others} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{mask}_k = \begin{cases} 0_{(\text{FG})} & \text{status}_k = \text{ghost or background} \\ 255_{(\text{BG})} & \text{status}_k = \text{foreground} \end{cases} \quad (3)$$

上述方法则是通过连续两帧的 Vibe 差分法来将误判定的运动目标像素检测出来,在最终效果上,改进 Vibe 算法前景检测与传统 Vibe 算法基本一致,但在消除鬼影速度上基本加快了一倍。

2.3 形态学后处理

上述方法快速地消除了鬼影对前景检测的影响,在实际环境中,检测过程中容易受到各类噪声干扰而影响前景目标的检

测,如当场景中含有高频运动背景如树叶、水面等,最后使得前景检测出的二值图像在目标上出现伪背景的黑点以及背景处存在较多的白点现象。对于这种背景噪声干扰,本文通过形态学^[17]中的开运算去除小噪点和平滑运动物体的轮廓,再通过寻找连通区域进行填补空洞的处理方法来消除背景干扰点,见算法 1,其中参数 10 和 80 是实验值。

算法 1 消除背景干扰算法

```
连通区填充;  
vector<vector<Point>> contours1, contours2;  
将找到的连通区域放在容器 contours1 中;  
for(int i=0; i<contours1.num; i++) {  
    if 第 i 个连通区面积小于 10  
        丢弃该连通区;  
    else  
        将其装入到新连通区容器 contours2 中;  
    for(int j=0; j<contours1.num; j++) {  
        if 第 j 个连通区域面积在 10 ~ 80  
            填补漏洞;}
```

3 实验结果及分析

本算法代码实验环境是在 Windows 7 操作系统下使用 VS2010 + OpenCV2.4.9 编写运行。其中 Vibe 算法的相关参数选择:样本集中邻近像素点个数 $N=20$,匹配点的个数阈值 $R=20$, $\#min=2$,更新采样概率 = 16。为验证改进 Vibe 算法的鬼影抑制以及准确前景提取效果,本文采用了三种不同场景视频做测试,对前两种场景给出了鬼影消除过程并作了简单分析,后一种场景给出改进 Vibe 运动目标检测效果并与目前传统目标检测算法效果图作对比分析。

场景 1 对白天采光比较好的十字路口交通视频进行测试,视频是从车辆停止到绿灯亮车辆启动开始。如图 2 所示,其中第一列的两帧图像分别为测试视频的第 10 帧、第 18 帧的原图像;第二列显示了传统 Vibe 算法对应时刻的检测效果图,可以看出第 10 帧以及第 18 帧中的前景图像中都出现了明显的鬼影;第三列是本文改进 Vibe 算法的前景目标检测对应时刻的效果图,在第 18 帧前景图中,显然鬼影区域基本消失了。

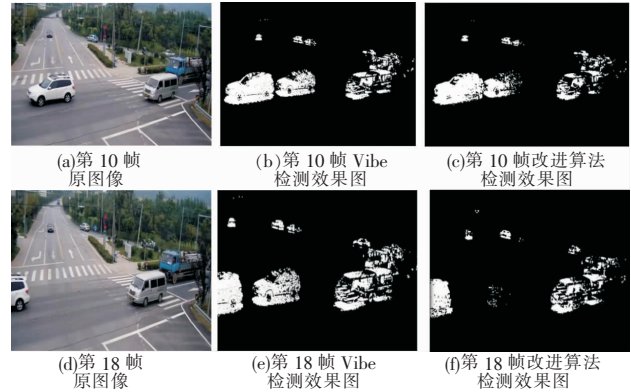


图 2 晴天十字路口视频车辆检测结果对比图

场景 2 对傍晚时分分辨率比较低的隧道附近交通视频进行测试,场景视频是道路交通视频,并且第 1 帧中都含有运动目标。如图 3 所示,其中第一列的两帧分别表示视频的第 8 帧、第 20 帧的原图像,第二列和第三列图像分别代表传统 Vibe 算法和本文改进算法的目标检测结果。同样可以得出改进算法能够快速消除鬼影,并且车辆也比较完整。因此可以证明改进算法与传统 Vibe 算法相比能够在更少的时间内抑制鬼影,并不受光照影响。

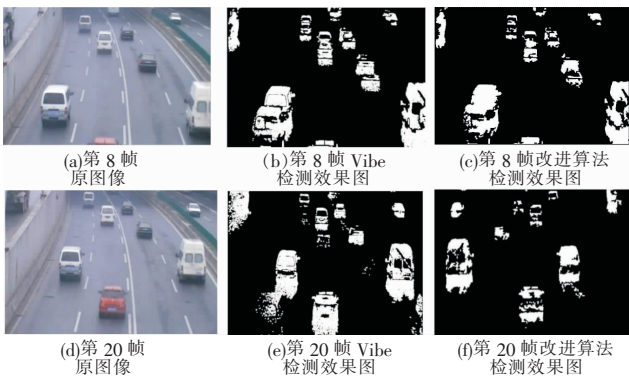


图 3 阴天隧道入口处视频车辆检测结果对比图

场景 3 人行道的视频测试,拍摄过程中出现高频干扰物。图 4 是将传统 Vibe 算法以及改进算法和其他前景检测算法的实验效果对比。其中图(a)是有摇晃树叶的场景的原始图;图(b)是基于高斯混合背景建模函数进行的背景差分得到的运动前景效果图,结果中虽然有大量的噪声,但目标还是比较清楚,只是在实验过程中对高斯背景建模参数的设定比较麻烦,使用起来并不方便;图(c)是帧间差分法检测出的前景图效果,从结果图中明显看出噪声比较大而且出现明显空洞,在复杂背景下的抗干扰能力比较弱;图(d)是传统 Vibe 算法的前景效果图,从图 4 中可以比较明显地得到前景运动目标,但是对于树叶的除噪效果并不完善;图(e)为本文改进 Vibe 算法效果图,在检测结果中消除了误检点,准确地得到前景图。

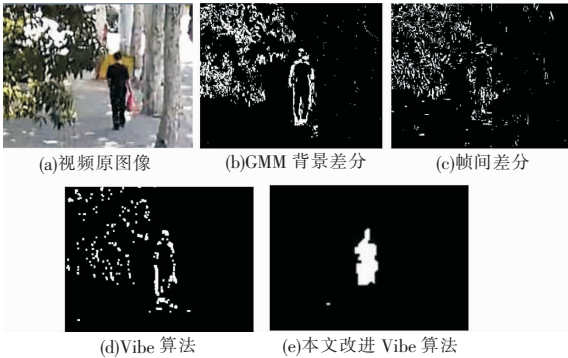


图 4 几种前景检测算法的实验对比效果

对于不同场景视频,由于运动目标的速度不同,CPU 测试时间会存在差异,为了验证本文改进算法时间上的实时性,不同算法对三种场景道路交通视频分别做了时间节点测试,在车辆出现鬼影到消失以及对于干扰点的消除所用的平均 CPU 时间如表 2 所示。时间的单位为秒,结果表明能够满足一般视频检测的实际要求。

表 2 CPU 时间对比

场景	不同的方法	
	Vibe	本文算法
场景 1	4.9	5.4
场景 2	3.9	4.7
场景 3	5.5	6.3

4 结束语

本文首先对最近几年比较流行的背景差分法 Vibe 算法以及目前的改进方法进行了介绍,然后在此基础上提出了一种融合帧差法的改进 Vibe 算法,最后对多场景下道路交通视频进行效果测试,实践结果表明本文改进算法能够快速消除鬼影现象同时又能获得更完整的目标,并具有一定 (下转第 页)

析。给定初始条件为连杆角加速度 $a=0$ 和 $a=10 \text{ rad/s}^2$ 两种情况,输出两种情况下滑块的位移(s)、速度(v)和加速度(a)的结果,并将数据保存到 Excel 表中,如表4为 $a=0$ 时10 s内得出的滑块的运动情况的数据。由 Excel 数据生成曲线图,如图7(a)和(b)分别为连杆角加速度 $a=0$ 和 $a=10 \text{ rad/s}^2$ 时滑块的位移(s)、速度(v)和加速度(a)的曲线图。

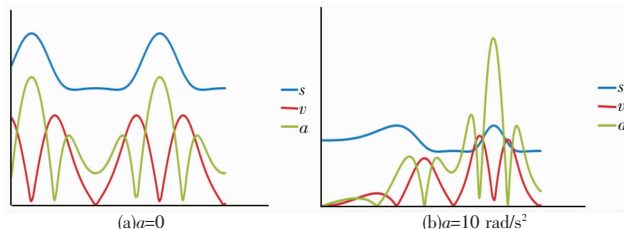


图7 滑块运动曲线图

通过分析曲线图,可以得到角位移、角速度、角加速度等运动参数的变化情况,无论是设计新的机构,还是为了了解现有机构的运动性能,都是十分必要的,而且还能研究机构运动性能和动力性能提供必要的依据。

5 结束语

本文通过把手绘草图识别技术和机构运动相结合,将机构看成由图元构成的图形运用在机械概念草图设计中,建立起图形到机构工程语义的映射,形成机构草图识别的评价方案体系。并以滑块机构为实例进行了基本的运动分析实验,得出了不同初始条件下滑块的位移、速度和加速度的曲线图,并可以通过对曲线的分析来判断机构是否能够满足工作要求,实现了在概念设计阶段对草图机构设计方案的评价。验证了这种面向概念设计的机构草图识别及分析方法具有可行性和有效性,而且在概念设计阶段对于产品的设计具有重要意义。

(上接第 页)的实时性。但是只是针对性解决了交通道路场景视频运动目标检测问题,并未涉及到其他应用领域。所以本文介绍的改进算法的应用扩展性在接下来的研究学习中具有一定的价值。

参考文献:

- [1] 张佳威,支瑞峰. 光流算法比较分析研究[J]. 现代电子技术, 2013,36(13):39-42.
- [2] 李亚南,周勇,田瑞娟. 基于混合高斯模型和三帧差法的背景建模[J]. 兵工自动化,2015,34(4):33-35.
- [3] Bouwmans T, Porikli F, Hoferlin B, et al. Background modeling and foreground detection for video surveillance[M]. Waretown: Chapman and Hall/CRC, 2014.
- [4] 高美凤,刘娣. 分块帧差和背景差相融合的运动目标检测[J]. 计算机应用研究, 2013,30(1):299-302.
- [5] 张毅刚,曹阳,项学智. 静态背景差分运动目标检测研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2010,24(5):294-499.
- [6] Stauffer C, Grimson W E L. Learning patterns of activity using real-time tracking[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000,22(8):747-757.
- [7] Guo Jingming, Liu Yunfu, Hsia C-H, et al. Hierarchical method for foreground detection using codebook model[J]. IEEE Trans on Circuits and systems for Video Technology, 2011,21(6):804-815.
- [8] Godbehere A B, Matsukawa A, Goldberg K. Visual tracking of human visitors under variable-lighting conditions for a responsive audio art in-

参考文献:

- [1] 陈洪武,黄克正,王燕涛,等. 计算机辅助概念设计的产品模型技术研究[J]. 煤矿机械, 2004(1):58-60.
- [2] 张海龙. 基于手绘草图的三维模型检索系统[D]. 南京:南京航空航天大学, 2012.
- [3] 韩红波. 基于手绘草图的三维建模方法研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2008.
- [4] Forbus K D, Usher J. Sketching for knowledge capture: a progress report[C]//Proc of Intelligent User Interfaces. 2002:71-77.
- [5] 马嵩华,田凌. 捕捉设计意图的二维草图识别技术[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2012,24(10):1337-1345.
- [6] 庞果. 基于树结构的机构建模与运动学分析[D]. 江西:景德镇陶瓷学院, 2009.
- [7] 杜建军. 平面连杆机构运动误差分析系统的开发[D]. 沈阳:东北大学, 2012.
- [8] 吴玲达,邓雅,张友根,等. 在线草图识别研究综述[J]. 计算机应用研究, 2015,32(6):1601-1607.
- [9] Kazmi I K, You Lihua, Zhang Jianjun. A Survey of 2D and 3D shape descriptors[C]//Proc of Computer Graphics, Imaging and Visualization. 2013:1-10.
- [10] 张宏林. VisualC++ 数字图象模式识别技术及工程实践[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.
- [11] Wolin A, Eoff B, Hammond T. ShortStraw: a simple and effective corner finder for polylines[C]//Proc of Bulletin of the School of Oriental & African Studies. 2008:33-40.
- [12] 谭清华. 基于手绘草图的图像检索研究[D]. 大连:大连理工大学, 2013.
- [13] 王慧. 基于模板匹配的手写体字符识别算法研究[D]. 北京:北京交通大学, 2012.
- [14] 常新立. 在线草图识别研究综述[D]. 武汉:武汉理工大学, 2009.
- [15] 谢进,万朝燕,杜立杰. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社, 2010.
- [16] stallation[C]//Proc of American Control Conference. 2012:4305-4312.
- [9] Barnich O, Van Droogenbroeck M. Vibe: a universal background subtraction algorithm for video sequence[J]. IEEE Trans on Image Processing, 2011,20(6):1709-1724.
- [10] Qin Yinshi, Sun Shuifa, Ma Xianbing, et al. A background extractor and shadow removal algorithm based on clustering for Vibe[C]//Proc of International Conference on Machine Learning and Cybernetics. 2014:13-16.
- [11] Sanin A, Sanderson C, Lovell B C. Improved shadow removal for robust person tracking in surveillance scenarios[C]//Proc of the 20th IEEE International Conference on Pattern Recognition. 2010:141-144.
- [12] Van Droogenbroeck M, Paquot O. Background subtraction: experiment and improvement for Vibe[C]//Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. [S. l.]: IEEE Press, 2012:32-37.
- [13] 王辉,宋建新. 一种基于阈值的自适应 Vibe 目标检测算法[J]. 计算机科学, 2015,42(6):154-157.
- [14] 吴剑舞,翁玲瑜,董怀. 一种基于改进 Vibe 的运动目标检测方法[J]. 计算机与现代化, 2015,239(7):50-54.
- [15] 孙永发,覃音诗,马先兵,等. 室外视频前景检测中的形态学改进 Vibe 算法[J]. 计算机工程与应用, 2013,49(10):159-162.
- [16] 邱祯艳,王修晖. 一种结合 Grabcut 的 Vibe 目标检测算法[J]. 中国计量学院学报, 2012,23(3):251-256.
- [17] Gonzalez R C, Woods R E. Digital image processing [M]. 3rd ed. Beijing: [s. n.], 2011.