Moving Target Detection Algorithm Combining Three-Frame Difference and Hough

Mingming Liu[1], Dong Pei [1,2,*], Haoxiang Sun [1], Ju Liu [1], Donghui Zhu [1]

[1]College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou Gansu 730030, China;

[2]Engineering Research Center of Gansu of Gansu Province for Intelligence Information Technology and Application, Lanzhou Gansu 730030, China.

*peidong@nwnu.edu.cn

Abstract. Aiming at the three-frame difference method, the moving target detection will be misdetected due to the influence of noise. A moving target detection algorithm with improved three-frame difference combined with Hough is proposed. Firstly, the background difference method based on local adaptive threshold is used to reduce the influence of light and noise on moving target detection. Secondly, the differential result of three-frame difference method is introduced to improve the sensitivity of detection. Finally, the two differential results are combined and combined. The Hough transform detects the moving target. The experimental results show that the algorithm can effectively suppress noise and quickly and accurately identify moving targets, which meets the needs of real-time detection.

Keywords: Moving target detection; three-frame difference method; Hough; local adaptive threshold; background difference method.

结合三帧差分与Hough的运动目标检测算法

刘明明[1]， 裴东[1,2,*], 孙浩翔[1]， 刘举[1]， 祝东辉[1]

[1.] 西北师范大学 物理与电子工程学院，兰州 ，中国.

[2.] 甘肃省智能信息技术与应用工程研究中心，兰州, 中国.

摘 要：针对三帧差分法受噪声影响对运动目标检测会出现误检，提出了一种改进三帧差分结合Hough的运动目标检测算法。首先，采用局部自适应阈值的背景差分法，减少光线及噪声对运动目标检测的影响；其次，引入三帧差分法的差分结果，提高检测的灵敏性；最后，将两种差分结果融合并结合Hough变换检测出运动目标。实验结果表明，该算法能有效地抑制噪声，并快速、准确地识别出运动目标，满足实时检测的需要.

关键词：运动目标检测；三帧差分法；Hough；局部自适应阈值；背景差分法.

1. 引言

运动目标检测是指通过计算机视觉的方法消除视频中时间和空间上的冗余信息，并有效地提取出在空间位置发生变化的运动物体。该技术在视频监控、智能交通系统和工业视觉等领域得到了广泛应用[1-2].

目前运动目标检测常用的方法有背景差分法[3-4]、三帧差分法[5-6]和光流法[7-8]。背景差分法，常用的算法有混合高斯模型[9-10]和 Vibe[11-12]. 混合高斯算法的缺点是当场景发生显著变化时，会造成大量的前景误检，且混合高斯模型学习速率α更新困难；Vibe 算法对噪声响应敏感，且背景更新困难。三帧差分法受噪声的影响，具有较高的误检率。光流法的光流场计算复杂，抗噪能力差，难以做到实时性检测。

为解决噪声情况下运动目标检测问题，本文提出了一种结合三帧差分与 Hough 的运动目标检测算法。该算法采用局部自适应阈值二值化对运动区域进行阈值化处理，可以更多地保留局

Copyright © 2019, the Authors. Published by Atlantis Press.
This is an open access article under the CC BY-NC license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

部运动轮廓信息，并在一定程度上克服光线的影响，减少算法复杂程度；同时结合三帧差分法对光线的不敏感性，得到运动区域；最后通过结合 Hough 变换检测出运动目标。实验证明，相对于传统的三帧差分法，本文算法在一定程度上避免了噪声引起的误检，同时该算法具有良好的鲁棒性，满足实时检测的要求。

2. 背景差分法

背景差分法[13-14] 是静止场景运动分割的一种通用方法。背景差分法的原理是当前帧图像 $I(x,y)$ 与背景图像 $B(x,y)$ 进行差分来获得运动前景[15-16] $D(x,y)$。公式（1）是背景差分法提取感兴趣区域 ROI 的计算方法：

$$D(x,y)=I(x,y)-B(x,y)+N(x,y) \tag{1}$$

式（1）中，$N(x,y)$ 为噪声，将得到的感兴趣区域 ROI 采用阈值分割的方法进行除噪处理，即：

$$D(x,y)=\begin{cases}1 & I(x,y)-D(x,y)\geq T\\ 0 & D(x,y)<T\end{cases} \tag{2}$$

式（2）中，T 为全局阈值，若 T 大于某一阈值，则判定当前图像中的像素区域为1（前景区域），反之为0（背景区域）。采用全局阈值化在一定程度上可以减掉部分背景噪声，减少计算量。但受光线的影响，T 取过大时会出现丢失过多的信息，取过小时会出现大量的噪声，因此本文提出一种局部自适应阈值化 Th [17] 解决此问题。

2.1. 局部自适应阈值化背景差分法

Step1：读取视频序列，对前帧图像 $I(x,y)$ 和背景图像 $B(x,y)$ 进行差分得到差分图像 $D(x,y)$；
Step2：采用 AdaptiveThreshold 函数对差分图像 $D(x,y)$ 进行局部自适应阈值化（Th）处理，减少光线的影响；

$$Th(x_i,y_j)=\frac{\sum_{i=0}^{n-1}P_i(x_i,y_j)w_i}{\sum_{i=0}^{n-1}w_i}-c \tag{3}$$

式（3）中 $Th(x_i,y_j)$ 为点 (x_i,y_j) 处的阈值，$\sum_{i=0}^{n-1}P_i(x_i,y_j)w_i$ 是以邻域块大小为 11×11 的像素值，w_i 为点 $P_i(x_i,y_j)$ 的权值系数，c 为变量参数，其值取9；
Step3：背景更新率 β 取0.003，且对阈值化的图形进行数学形态学处理，去除图像中的孤立噪声点和填补目标中的空洞。首先进行核大小为 3×3 腐蚀（erode）操作，然后进行核大小为 15×15 膨胀（dilate）操作得到运动目标 $ROI1$。
具体流程图如下：

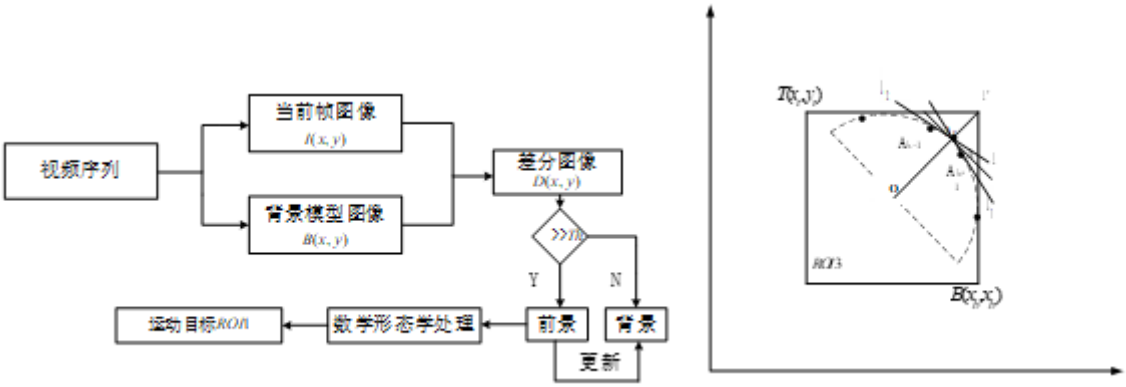


图1 改进背景差分法流程

3. Hough变换

标准霍夫圆变换[18]的原理是通过空间域变换，将图像空间转化成参数空间，然后将参数空间中所有的点元素投射到累加器中进行累加求值，最后根据计算的累加值来确定圆心位置和半径。

由于圆的参数空间为三维，需要在三维空间中不断进行参数累加计算，计算量大。为了降低算法复杂度，本文采用霍夫梯度（CV_HOUGH_GRADIENT）对圆进行检测。

具体步骤如下式如下：

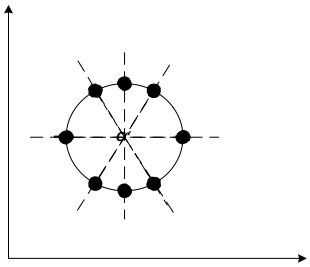


图2 霍夫梯度找圆法[19]

Step1:读取阈值化后的区域$ROI3$，图2（上）中虚线为圆的边界点集，$T(x_t,y_t)$和$B(x_b,x_b)$为实线区域框的坐标点；

Step2：根据式（4）中，如果结果为1符合圆形特征，否则转到 step1；

$$\begin{cases} 1\ Max(|x_t-x_b|,|y_t-y_b|)<2Min(|x_t-x_b|,|y_t-y_b|) \\ 0\ Max(|x_t-x_b|,|y_t-y_b|)\geq 2Min(|x_t-x_b|,|y_t-y_b|) \end{cases} \tag{4}$$

Step3：等间距选取 n 个$(A_0\sim A_n)$点作为参与投票的圆周点，并根据前后相邻相邻点A_{k-1}和点A_{k+1}计算相邻点割线方程L_1和L_2[19],计算公式如式（5）由L_1和L_2的斜率近似计算切线L的斜率和方程，因为直径与切线垂直，由式（6）可计算直径方程L'；

$$\begin{cases} m_{l1}=(y_{k\text{-}1}-y_k)/(x_{k\text{-}1}-x_k) \\ m_{l2}=(y_{k+1}-y_k)/(x_{k+1}-x_k) \\ m_l=(m_{l_1}+m_{l_2})/2 \\ m_l\times m_{l'}=-1 \end{cases} \tag{5}$$

$$y=m_{l'}\times x+b \tag{6}$$

Step4:根据直径方程L和半径R的长度范围($R_{\min} \sim R_{\max}$)，本次实验$R_{\max}$取18，$R_{\min}$取0，在L'两边各投票($\Delta = R_{\max} - R_{\min} = 18$)个点，取最高得票数的点为圆心坐标。

4. 本文算法

传统的三帧差法[20]的原理是用第K帧图片减去第$K-1$帧图片，得到二值图像$D_1(x,y)$，再用第$K+1$帧图片减去第K帧图片，得到二值图像$D_2(x,y)$，最后用$D_1(x,y)$和$D_2(x,y)$进行“与”运算，便得到三帧差图像$D_3(x,y)$。公式表示为：

$$D_1(x,y)=\begin{cases}1, \left|f_k(x,y)-f_{k-1}(x,y)\right| \geq T \\ 0, \left|f_k(x,y)-f_{k-1}(x,y)\right| < T\end{cases} \tag{7}$$

$$D_2(x,y)=\begin{cases}1, \left|f_{k+1}(x,y)-f_k(x,y)\right| \geq T \\ 0, \left|f_{k+1}(x,y)-f_k(x,y)\right| < T\end{cases} \tag{8}$$

$$D_3(x,y)=\begin{cases}1, D_1(x,y) \cap D_2(x,y)=1 \\ 0, D_1(x.y) \cap D_2(x,y)=0\end{cases} \tag{9}$$

三帧差分法采用连续两帧帧差结果得到运动区域ROI具有一定梯度化效果，比梯度化能够保留更多的细节信息，且对光线突变不敏感，更新速度快，计算量小，但受噪声的影响，会出现漏检、伪目标等情况。所以，本文充分利用三帧间差分法对光线不敏感性结合背景差分法对噪声不敏感性的优点，对运动目标进行检测。具体步骤如下：

Step1:对f_{k-1}、f_k、f_{k+1}三帧图像做Sobel[21-22] 图像增强处理，图像$I(x,y)$的梯度幅值为：

$$G(x,y)=\left|d_x(x,y)\right|+\left|d_y(x,y)\right| \tag{10}$$

式（10）中$G(x,y)$是以内核3×3，缩放因子δ为0.4的梯度幅值。

Step2:第f_k帧图像减去第f_{k-1}帧图像，得到二值图像$D_1(x,y)$，再用第f_{k+1}帧图像减去第f_k帧图像，得到二值图像$D_2(x,y)$，分别对$D_1(x,y)$，$D_2(x,y)$做局部自适应化阈值处理，在式（3）中，$\sum_{i=0}^{n-1} P_i(x_i,y_j)w_i$是以邻域块大小为$27\times27$的像素值，$c$取50，并进行形态学处理，先进行核大小为$5\times5$腐蚀（erode）操作，然后进行核大小为$15\times15$膨胀（dilate）；

Step3:$D_1(x,y)$，$D_2(x,y)$进行“与”运算，得感兴趣区域$ROI2$；

Step4:局部自适应阈值化背景差分法提取的$ROI1$和三帧差分法提取的$ROI2$进行“或”操作，得到$ROI3$；

Step5:对$ROI3$进行中值滤波（medianBlur）处理，再进行Hough变换操作得到运动目标。

具体的算法流程设计如图3所示:

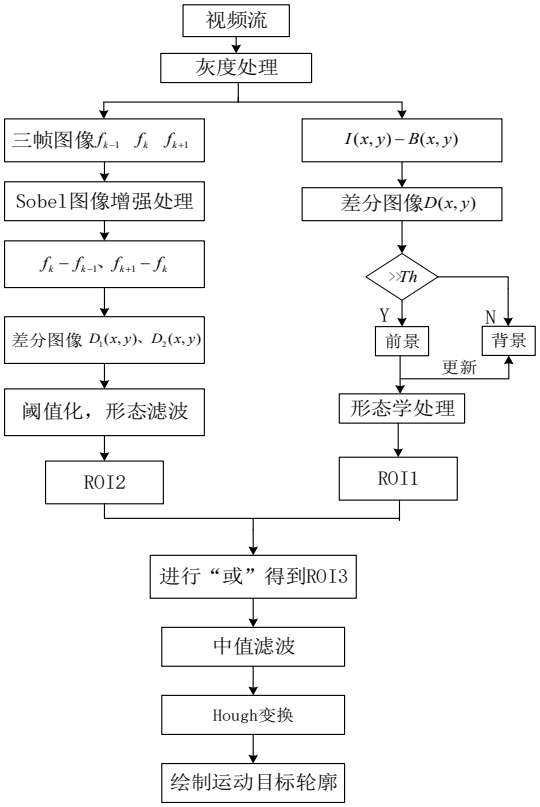


图3 本文算法检测流程

5. 实验结果与分析

本文实验所使用的实验环境 CPU：Intel i7-6700；内存：8G；操作系统 Windows 10；显卡：GTX960M，4G；软件环境 Microsoft Visual Studio 2017，opencv3.41.

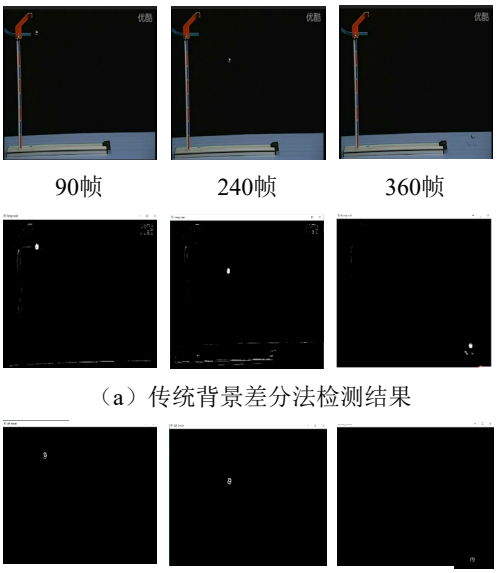
为验证本文算法的有效性，本文中选取了高中物理实验视频（02-研究平抛运动的规律），并对其部分视频序列进行检测。为验证算法的可靠性，选用检测率 R 对本文算法、传统的背景差分法以及传统的三帧差法进行比较。

$$R=(1-\frac{N_1}{N_S})\times 100\% \tag{11}$$

式（11）中：N_s 人工统计总数，N_1 为漏检的个数，R 为检测率。实验仿真结果如下所示。

（1）局部自适应阈值下的检测结果

实验中测试素材选自视频序列前400帧，运用传统背景差分法和改进背景差法的局部自适应阈值化结果如图4所示。



（a）传统背景差分法检测结果

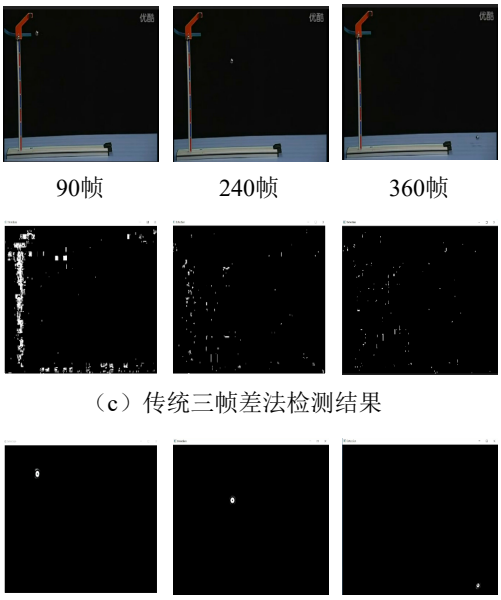
（b）改进背景差分法检测结果

图4 传统背景差法和改进背景差法的结果比较

图（a）是使用传统背景差分法 T 为50提取的 ROI，图（b）是使用改进背景差分法提取的 ROI。通过实验结果比较表明：传统的背景差分法采用全局阈值误检目标多，无法准确地识别运动目标；而采用局部自适应阈值二值法提取的 ROI 能有效地消除背景噪声，且在一定的程度上保留更多的局部边缘轮廓信息，可以有效地消除误检目标，从而减少误检。

（2）误检目标消除结果

采用传统三帧差法和本文算法对误检目标消除进行实验对比，结果如图5所示。



（c）传统三帧差法检测结果

（d）本文算法检测结果

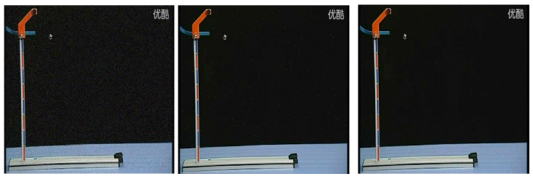
图5 传统三帧差法和本文算法的结果比较

图（c）为传统的三帧差法 T 为50的检测结果；图（d）为本文算法检测结果。

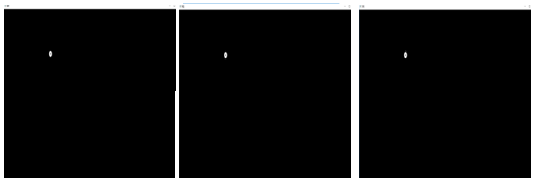
通过实验结果可知，由于运动目标受噪声影响，传统三帧差分法会将部分背景识别为运动目标，将检测出大量的误检目标，并且无法准确识别运动目标，进而造成目标漏检；本文算法采用三帧差分法作为参考帧，结合背景差分法，有效地避免了噪声的影响，所以在一定程度上能够减少误检目标的数量，从而提高了运动目标的检测率。

（3）添加噪声的检测结果

为验证本文算法在噪声情况下对去除误检目标能力，本实验在视频中分别添加了高斯噪声、椒盐噪声和泊松噪声进行测试比较。实验结果如图6所示。



（e）高斯噪　（f）椒盐噪　（g）泊松噪



（h）运动目标检测结果

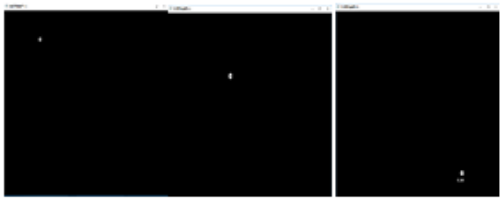
图6 去噪检测结果

图（e）为均值为0，方差为0.005的高斯噪声模型；图（f）为噪声密度为0.001的椒盐噪声模型;图（g）为添加泊松噪声模型；（h）为运动目标检测结果。

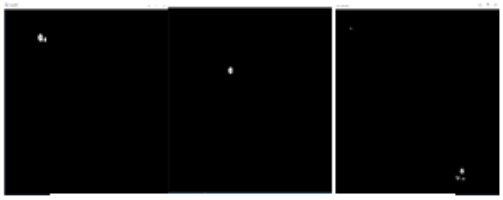
从实验结果可以看出，采用三帧差分算法和 hough 算法对运动目标具有良好的检测效果，该算法选取适当的中值滤波参数能有效地去除噪声的干扰，从而消除误检目标的出现，准确的识别了运动目标。经采用形态处理方法，可完整地检测出图像中的运动目标。

（4）算法性能分析

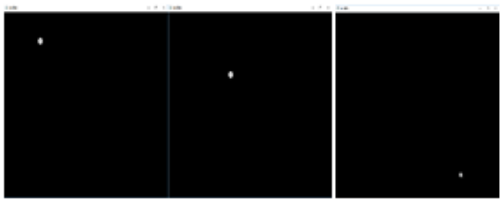
为验证本文算法检测性能，分别选取了混合高斯背景差分法、Camshift 结合混合高斯法和本文算法进行对比。比较结果如图7所示。



（i）混合高斯背景差分法



（j）Camshift 结合混合高斯法



（k）本文算法

图7 对比检测结果

图（i）为混合高斯背景差分法检测结果；图（j）Camshif 结合混合高斯法检测结果；图（k）为本文算法检测结果。

从对比检测结果可以看出，混合高斯背景差分法在90帧和240帧具有良好的检测结果，但在360帧出现误检目标；Camshif 结合混合高斯法在90帧和360帧均出现误检目标；本文算法可以有效地检测运动目标，消除误检目标，具有良好的实时检测性。

（5）实验测试数据分析

本次实验选取视频中连续79～139帧，采用传统三帧差分法、传统背景差分法和改进三帧差分法进行测试对比，结果如表1所示。

表1 检测率对比测试结果

方法	选取帧	N_s	N_1	R
传统三帧差分法	79～139	60	60	0%
传统背景差分法	79～139	60	26	56.67%
改进三帧差分法	79～139	60	1	98.33%

表1检测率对比测试结果

表1数据表明，传统三帧差法检测率为0，表明该算法对目标无法进行识别；传统背景差分法在一定程度漏检率得到了控制，但是其检测率低，表明该算法对运动目标不能有效地对目标进行识别；而本文算法检测率提高到了98.33%，表明本文算法在噪声，光照等影响下能够有效地识别运动目标，具有较强的鲁棒性.

6. 结束语

本文提出了一种结合三帧差分与 Hough 的运动目标检测算法。该算法有效地减少了光线变化及噪声对运动目标检测的影响，误检目标情况在一定情况下得到了控制，且通过 Hough 变换能准确识别出运动目标，使三帧差分法达到了实时检测性要求，并取得良好的检测效果。

References

[1]. Wang Chenglong, Lin Haobin, Ma Qiuli, Fang Haoqun, Chen Guozhuang, Zhong Zhiwei.Laboratory Monitoring and Early Warning System Based on OpenCV[J].Electronic Measurement Technology,2018,41(12):119-123.

[2]. Zhu Liang,Lin Wei,Wu Wenjiang.Orientation of Industrial Robots Based on Machine Vision[J].Mini-micro Systems,2016,37(08):1873-1877.

[3]. Shen Jianlei, Xia Dingchun. Research on Moving Object Detection Based on Improved Background Difference Method[J].Telecom Power Technology,2016,33(02):37-38+40.

[4]. P. Ramya,R. Rajeswari. A Modified Frame Difference Method Using Correlation Coefficient for Background Subtraction[J]. Procedia Computer Science,2016,93.

[5]. Cui Jie,Hu Changqing,Xu Haidong.Multi-beam forward-looking sonar moving target detection based on frame difference method[J].Chinese Journal of Scientific Instrument,2018,39(02):169-176.

[6]. Liu Weiyang,Chen Yusong,Zhang Dan,Lan Zhigao,Feng Jie.Application of Improved Three-Frame Difference Algorithm in Moving Object Detection[J].Computer Measurement & Control,2017,25(02):177-180.

[7]. Chen Ge, Dong Mingming. Moving target tracking algorithm based on feature point detection and optical flow method[J].Electronic Measurement Technology, 2017, 40(12): 214-219.

[8]. XIAO Jun, ZHU Shi-peng, HUANG Hang, XIE Ya-nan. A Moving Target Detection and Tracking Algorithm Based on Optical Flow Method[J]. Journal of North-eastern University (Natural Science), 2016,37(06):770-774.

[9]. Zeng Dandan, Bai Xianyong, Qiang Zhenping, Li Qiang, Ji Kaifan.A Coronal Mass Ejection Detection Method Based on Mixed Gaussian Model[J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 61 (11): 1255-1264.

[10]. SUN Hong,GUO Kai.Adaptive Hybrid Gaussian Background Modeling for Fusion Region Training[J].Mini-micro Systems,2015,36(05):1104-1108.

[11]. Zhang Wenya,Xu Huazhong,Luo Jie.Moving Target Detection Based on ViBe in Complex Background[J].Computer Science,2017,44(09):304-307.

[12]. Hu Zhaohua, Zhang Weixin, Wang Wei, Shao Xiaowen, Pei Feifei. Moving target detection algorithm based on improved ViBe[J].Application of Electronic Technique, 2017, 43(04): 129-132+137.

[13]. Zhang Yigang,Cao Yang,Xuan Xuezhi.Study on the detection of differential moving target in static background[J].Journal of Electronic Measurement and Instrument,2010,24(05):494-499.

[14]. Zhu Minghan,Luo Dayong.Moving object detection and tracking based on inter-frame difference background model[J].Computer Measurement & Control,2006(08):1004-1006+1009.

[15]. Yu Chengzhong, Zhu Jun, Yuan Xiaohui. Moving target detection based on background difference method[J].Journal of Southeast University,2005, 35(Supplement 2): 59-6l.

[16]. Xiaopeng Ji. Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems [J]. visual communication&image representatior 2005. 10 (29):647-658.

[17]. Chen Yu, Pang Quan. Local adaptive cell image segmentation method[J]. Journal of Hangzhou Dianzi University,2005 25 (2): 57-60.

[18]. Nair P S, Saunders A T. Hough Transform based Ellipse Detection Algorithm[J]. Pattern Recognition Letter,1996,17(7):777-784.

[19]. Research and application of human-computer interaction technology for personal experience [D]. Yang Wenchao. Southwest University of Science and Technology 2017.

[20]. Zhang Qigui,Zhang Guangwei.A Moving Target Detection Algorithm in Video Sequences[J].Journal of Kunming University of Science and Technology(Journal of Science and Engineering),2010,35(04):67-70.

[21]. Wu Lili,Yu Chunyan.A license plate tilt correction method based on Sobel operator and Radon transform[J].journal of Computer Applications,2013,33(S1);220-222.

[22]. Shen Dehai, Hou Jian, E Xu. Improved Sobel Operator Edge Detection Algorithm [J]. Computer Technology and Development,2013,23(11);22-25.