

# 结合分块的改进三帧差和背景差的运动目标检测<sup>①</sup>

王 彬, 马永杰, 李鹏飞

(西北师范大学 物理与电子工程学院, 兰州 730070)

**摘 要:** 针对运动目标检测易受背景影响及帧间差分易产生空洞的问题, 提出了一种基于分块的改进三帧差分 and 背景差分相结合的运动目标检测算法. 该算法利用边缘检测法和均值法建立初始背景模型, 将视频图像划分成多个子块, 对利用改进的三帧差分和背景差分获取的图像的各个子块进行自适应阈值检测, 获取图像中的运动前景目标, 背景图像采取自适应更新方法. 实验结果表明, 该算法能完整的提取运动目标, 背景适应性强, 具有较高的准确性和效率.

**关键词:** 帧间差分; 背景差分; 边缘检测; 背景模型; 背景自适应更新; 运动目标检测

## Moving Target Detection Based on Improved Three Frame Difference and Background Difference

WANG Bin, MA Yong-Jie, LI Peng-Fei

(School of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** For the problems that moving target detection is affected by the background and inter-frame difference is easy to produce hollow. An improved algorithm is proposed for moving target detection. It is based on modular improved three frame difference with background difference. The initial background is established by edge detection and averaging method, then the video images are divided into multiple sub-block, detecting the video images sub-blocks which achieved in the use of improved three frame difference and background difference with adaptive threshold. To obtain the moving target in the image, the background image is updated by self-adaptive method. The experimental results show that the algorithm can extract the moving object completely, has high accuracy and efficiency, and the background has strong adaptability.

**Key words:** frame different; background difference; edge detection; background model; self-adaptive background update; moving objects detection

视频监控系统是面向城市公共安全综合管理的物联网应用中的智慧安防和智能交通的重要组成部分, 运动目标检测作为视频处理的关键技术已经成为智能交通研究的重点和热点问题<sup>[1]</sup>. 运动目标检测的方法主要有光流法<sup>[2]</sup>、背景差分法<sup>[3]</sup>、帧间差分法<sup>[4]</sup>等. 光流法计算方法比较复杂且比较容易受到噪声的干扰, 如果没有相应的硬件设施, 很难对目标进行实时处理; 背景差分法能较为全面的检测出发生变化的目标特征数据, 但它对环境的变化比较敏感, 需要找到适应随时变化的背景模型并能实时更新背景图像; 帧间差分

法对环境发生较大变化的场景有很好的适应性, 但检测结果容易出现目标轮廓不连续和空洞现象<sup>[5]</sup>, 很难完整的提取运动目标<sup>[6]</sup>.

本文采用了一种基于分块<sup>[7]</sup>的改进三帧差分法和背景差分法相融合的运动目标检测方法. 该方法利用图像分块原理进行背景建模, 将改进的三帧差分 and 背景差分获取的差分图像进行分块, 对各个子块进行自适应阈值检测, 有运动目标的子块进行二值化, 提取图像中运动区域, 并进行形态学滤波和连通性检测, 最终获取运动前景目标, 背景采取自适应更新.

<sup>①</sup> 基金项目: 甘肃省省属高校 2011 年度基本科研业务费专项资金

收稿时间: 2014-12-02; 收到修改稿时间: 2015-01-03

### 1 运动目标检测

在摄影机固定不动的情况下,若视频监控中运动目标的背景与摄像头之间位置也保持相对不变,那么背景图像的大小和位置也是基本固定的.一般这种情况下,运动目标的背景只受光线、天气等环境影响.本文利用帧间差分法能有效的分离背景,对环境的变化具有很好的适应性,结合背景差分法能够精确的检测出运动目标.

#### 1.1 预处理

由于获取的图像系列中往往存在噪声的干扰,直接处理会对结果产生很大的影响,所以滤除噪声是图像处理的前提.为了完整的得到目标轮廓,本文采用自适应中值滤波<sup>[8]</sup>对原始帧去除噪声.

#### 1.2 动态阈值的获取

传统算法中动态阈值  $T$  是根据经验人为设置的固定的值,对环境发生变化的场景不太理想.本文采用大律法<sup>[9]</sup>自动选择分割阈值.新阈值如下:

$$T = T_{OTSU} + \frac{\lambda}{3M \times N} \sum_{i=1}^3 \sum_{x=0}^{N-1-M} \sum_{y=0}^{M-1} |f_i(x,y) - f_b(x,y)| \quad (1)$$

其中,  $T_{OTSU}$  是有 OTSU 法得到的固定阈值,  $f_i(x,y)$  和  $f_b(x,y)$  分别表示当前图像在  $(x,y)$  点的像素值和背景图像在  $(x,y)$  点的像素值,  $\lambda$  为抑制系数,它根据实际的环境要求设置为某个值,其参考值是 0.3,  $M \times N$  表示待处理图像的尺寸大小.当外界环境变化很小时  $T$  的值接近于  $T_{OTSU}$ , 动态阈值的大小随着外界的环境的变化而变化,有效的抑制环境的变化.

#### 1.3 结合分块的改进三帧差和背景差的检测方法

传统的三帧差分法提取的运动目标轮廓一般容易出现空洞现象,对于目标的重叠的部分不容易检测出来,不能完整的提取运动目标信息.为此,本文在图像系列分块的基础上,提出了基于改进三帧差分法和背景差分相融合的运动目标检测方法.设预处理后的三帧图像为:  $f_{t-1}, f_t, f_{t+1}$ ,  $t$  时刻的背景图像为  $f_b$ . 改进的算法如图 1 所示.

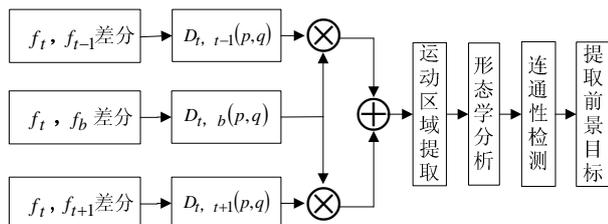


图 1 算法流程图

具体步骤如下:

1) 分别计算相邻两帧的差分图像和当前帧与背景帧的差分图像:

$$\begin{aligned} D_{t,t-1} &= |f_{t-1} - f_t| \\ D_{t,t+1} &= |f_t - f_{t+1}| \\ D_{t,b} &= |f_t - f_b| \end{aligned} \quad (2)$$

2) 将两个帧间差分图像与背景差分图像划分为  $m \times n$  个子块后,对其相对应的子块进行“与”操作:

$$\begin{aligned} D_{1,t}(p,q) &= D_{t,t-1}(p,q) \otimes D_{t,b}(p,q) \\ D_{2,t}(p,q) &= D_{t,t+1}(p,q) \otimes D_{t,b}(p,q) \end{aligned} \quad (3)$$

其中,  $p=1,2,\dots,\text{int}(M/m), q=1,2,\dots,\text{int}(N/n)$ .

3) 对子块  $D_{1,t}(p,q)$  和  $D_{2,t}(p,q)$  进行“或”运算得到最终的子块区域  $D_i(p,q)$ :

$$D_i(p,q) = D_{1,t}(p,q) \oplus D_{2,t}(p,q) \quad (4)$$

4) 对子块  $D_i(p,q)$  中的像素进行求和,并通过检测阈值  $T_i$  来判断子块属于前景或是背景.

$$D_T(p,q) = \sum_{i=m(p-1)+1}^{pm} \sum_{j=n(q-1)+1}^{qn} D_i(i,j) \quad (5)$$

其中,  $D_i(i,j)$  表示图像中  $(i,j)$  点的像素值,  $D_T(i,j)$  表示子块  $D_i(p,q)$  的像素值之和,如果  $D_T(p,q) \leq T_i$  那么子块内变化没有超出噪声水平,判定该子块为非运动区域,将子块内所有像素点置 0; 如果  $D_T(p,q) > T_i$  那么该子块内的灰度变化超出噪声水平,判定该子块为运动区域,并利用前面设置的动态阈值  $T$  将该子块进行二值化.

$$D_i(x,y) = \begin{cases} 1 & D_T(x,y) \geq T \\ 0 & D_T(x,y) < T \end{cases} \quad (6)$$

经过上述几个步骤对子块图像的处理,本文把噪声认为是均匀分布的,  $T_i$  可以定义为:

$$T_i = \frac{mn}{MN} \sum_{p=1}^{\text{int}(M/m)} \sum_{q=1}^{\text{int}(N/n)} D_T(p,q) \quad (7)$$

$D_i(p,q)$  和  $T_i$  随着图像噪声的变化而变化,能够正确的区分运动目标和噪声.

5) 对最终的二值图像  $D_i$  进行形态学滤波和连通性检测,得到最终的运动目标.

本文采用了改进三帧差分法和背景差分法相融合的运动目标检测方法,很好的避免空洞现象,能够克服光照变化和背景干扰.利用图像分块的原理对各个子块进行自适应阈值检测,能够减少噪声的干扰.

## 2 背景模型的建立与更新

### 2.1 背景模型的建立

背景模型的建立是背景差分法的前提,文献[10]

中通过多帧图像平均法建立初始背景, 由于初始图像中可能含有运动目标, 该算法很难快速的对图像中的运动目标进行去除, 对后面的算法干扰很大. 而利用图像分块处理的方法进行背景建模, 能够更加快速的获取没有运动目标的背景模型. 其具体步骤如下:

1) 将视频系列的前  $N$  帧图像用均值法得到初始背景  $f$ .

2) 对这  $N$  帧图像中的每一帧图像以及  $f$  用 canny 边缘检测的方法提取边缘并分割成二值图像, 将其结果分别记为:  $I_n$  ( $n=1,2,\dots,N$ ) 和  $f_n$ , 其中  $n$  表示帧号.

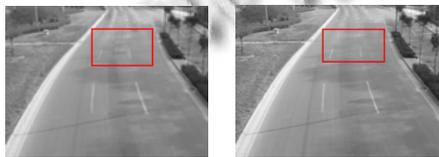
3) 将  $I_n$  和  $f_n$  分成  $8 \times 8$  的子块  $I_n(i)$  和  $f_n(i)$  ( $i$  为子块的系列号), 统计每帧各小块中边缘点的个数, 并记为  $\text{NUM}\{I_n(i)\}$ , 它表示第  $n$  帧中第  $i$  小块中的边缘点个数. 同理  $f_n$  中各子块边缘点数记为  $\text{NUM}\{f_n(i)\}$ .

4) 计算  $I_n(i)$  和  $f_n(i)$  中边缘点数的差值, 将差值和阈值  $T_{th}$  进行比较, 如果差值的最小值小于阈值  $T_{th}$ , 则将初始背景中对应的小块  $f_n(i)$  用  $I_n(i)$  替换, 如果差值大于阈值  $T_{th}$ , 则  $f_n(i)$  保持不变. 最终的背景模型  $f_b$  的子块表示为:

$$f_b(i) = \begin{cases} f_n(i) & \min(\text{NUM}\{I_n(i)\} - \text{NUM}\{f_n(i)\}) > T_{th} \\ I_n(i) & \min(\text{NUM}\{I_n(i)\} - \text{NUM}\{f_n(i)\}) \leq T_{th} \end{cases} \quad (8)$$

5) 将  $f_b(i)$  整合为背景模型  $f_b$ .

本文采用了均值法和边缘检测法相结合的方法来建立背景模型, 相对于经典的均值法对噪声的抑制更强, 能够更准确的得到背景模型. 利用本文方法进行背景建模时, 背景模型中绝大多数小块取自于帧系列中对应的位置, 只有小部分来自于均值法. 从图2中可以看出, 均值法和混合高斯法建立的背景模型有脱影现象, 文献[10]中的方法和本文方法建立的背景较好, 但本文算法运算速度更快, 背景图像更接近真实情况.



(a)均值法建立的背景 (b)混合高斯建立的背景



(c)文献[10]建立的背景 (d)本文建立的背景

图2 构建背景模型比较

## 2.2 背景模型的更新

在实际应用中, 由于光照、天气变化等因素的影响, 背景模型需要实时进行更新, 从而提高背景对环境变化的自适应性. 背景更新操作如下:

利用 OTSU 法获取的动态阈值对当前帧图像和当前背景图像的差分图像进行二值化:

$$M_i(x, y) = \begin{cases} 1 & D_i(x, y) \geq T_i \\ 0 & D_i(x, y) < T_i \end{cases} \quad (9)$$

设  $f_i$  为当前帧图像,  $f_b$  为当前图像提取出来前系统保存的背景图像, 采用自适应背景更新模型得到更新背景图像  $B(x, y)$ :

$$B(x, y) = \begin{cases} \alpha f_i(x, y) + (1 - \alpha) f_b(x, y) & M_i(x, y) = 1 \\ \beta f_i(x, y) + (1 - \beta) f_b(x, y) & M_i(x, y) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

其中  $\alpha$ 、 $\beta$  为更新权值, 决定着背景更新的快慢. 令自适应更新参数  $\alpha$ 、 $\beta$  符合高斯分布则:

$$\alpha = \frac{\exp\left(-\frac{(TH - a_{av1})^2}{2\delta_1^2}\right)}{\sqrt{2\pi\delta_1^2}}$$

$$\beta = \frac{\exp\left(-\frac{(TH - a_{av2})^2}{2\delta_2^2}\right)}{\sqrt{2\pi\delta_2^2}} \quad (11)$$

式中  $a_{av1}$ 、 $a_{av2}$  分别为当前图像和背景差分图像的亮度均值,  $\delta_1$ 、 $\delta_2$  分别为当前图像和背景差分图像亮度的标准方差.

## 3 实验结果与分析

### 3.1 实验结果

实验采用 Visual Studio 2010 和 OPENCV2.3.1 实现编程, 实验环境为 Intel B950 2.1GHZ CPU, 内存为 2G, 在以 Windows 7 为平台的 PC 机上实现上述算法. 分别用三个视频系列对算法进行了测试, 并使用文献[1]中的方法, 文献[8]中的方法和本文方法对这些帧系列中的运动目标进行检测. 图3给出了连续帧的检测结果.

### 3.2 结果分析

从图2中可以看出当有汽车通过时, 均值法建立的背景模型会出现拖影现象; 混合高斯建立的背景模型和文献[10]中的方法并不能完全避免这一现象, 而本文的算法建立的背景模型主要来自于帧系列中对应位置, 能够减少噪声的干扰和避免拖影现象.

图3是来自于停车场的一段视频, 从检测结果可以看出, 本文方法和文献[1]中的方法相比文献[8]中的方法能够更加清晰的检测到运动目标, 检测到的目标信息更加完整. 文献[8]中采用的是改进的帧差累积,

利用帧图像与邻帧和隔帧差分的方法容易出现空洞现象, 导致检测结果不完整. 文献[1]中采用改进的帧差法和混合高斯模型相结合的方法, 从图 3(d)中可以看出当车辆运行缓慢时会出现影子现象, 而本文采用的基于分块改进三帧差分 and 背景差分的方法能够避免检测目标出现空洞和影子现象. 利用图像分块的原理能够更加快速的获取目标信息.

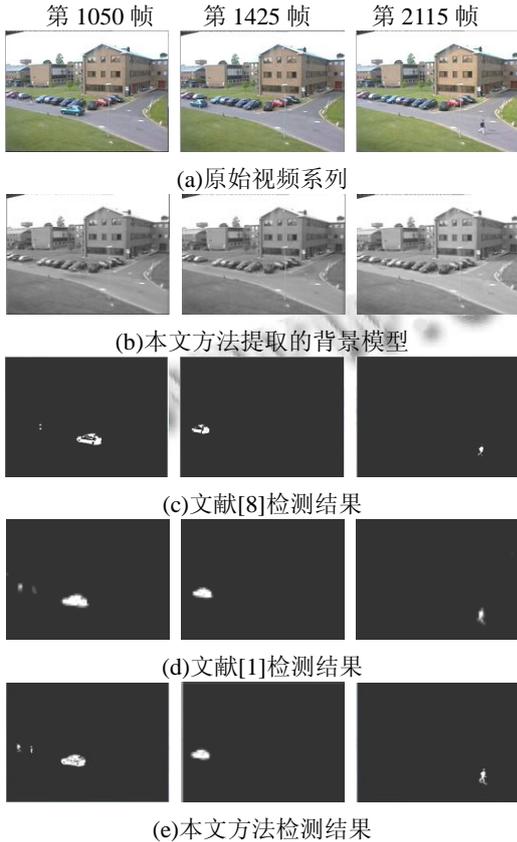


图 3 不同视频系列检测结果的比较

为了定量分析算法的性能, 采用文献[11]中定义的查全率(recall)和查准率(precision)对文献[8]算法、文献[1]算法和本文算法进行了定量比较. 其中查全率反映的是检测的正确像素数与手工标注的总像素数的比值, 查准率反映的是检测的正确像素数与总的检测像素数的比值, 结果表 1 所示.

表 1 三种方法查全率和查准率的平均测试结果

算法	查全率(%)	查准率(%)
文献[8]算法	90	76
文献[1]算法	96	82
本文算法	95	89

从表 1 中可以看出, 本文算法的查全率与文献[1]算法比较相似但略高于文献[8]算法, 主要是背景差分法获取运动区域时, 有些前景像素点被误判为背景点, 与帧差累积获取的运动区域“或”运算后, 获得运动区域中这些被误判为背景点的前景像素点不能得到处理, 而本文算法和文献[1]算法能够很好的解决这个问题. 本文算法的查准率高于文献[8]和文献[1]的查准率, 是因为文献[8]中采用的帧差累积是对帧图像的邻帧差分 and 隔帧差分进行“与”运算, 有些背景像素点被误判为前景像素点, 导致像素误检. 文献[1]中算法检测运动缓慢的目标时会出现影子现象, 从而导致背景像素点被误判为前景像素点. 本文算法是对三帧差分的结果分别与当前帧与背景差分进行“与”运算, 最“或”运算能够避免像素的误检.

三种方法的处理时间对比结果如表 2 所示.

表 2 两种方法处理时间对比

操作	文献[8]	文献[1]	本文
帧输入(s)	6.1	5.7	5.7
运动对象获取(s)	15.2	16.8	15.6
后期处理(s)	6.3	4.2	4.6
总计时间(s)	27.6	26.7	25.9

从表 2 可以看出, 本文和文献[1]帧输入时间比文献[8]略低, 而运动对象获取时间略高, 是因为本文利用分块原理提取运动目标比较复杂, 而文献[1]对单个像素点进行处理获取运动对象比较缓慢. 由于文献[8]后期要进行形态学处理、运动对象掩膜和灰度值填充等计算量大的操作, 相对于本文和文献[1]处理时间较高. 本文方法总计时间上低于文献[8]和文献[1]中的方法, 因此在处理时间上有一定的优势.

#### 4 结论

针对运动目标检测容易受背景影响, 通过分块原理建立背景模型, 有效的减少了背景模型提取的时间. 对差分图像的各个子块进行自适应阈值检测, 能够有效的提取运动区域, 减少噪声的干扰. 利用基于像分块的改进三帧差分法和背景差分法相融合的算法, 解决了传统三帧差分法目标轮廓不连续和容易出现空洞现象的问题, 而且减少了光线和背景的干扰, 具有良好的鲁棒性. 通过实验表明, 该方法提高了目标检测的处理速度, 能够更加完整的获取目标信息.

## 参 考 文 献

- 1 华媛蕾,刘万军.改进混合高斯模型的运动目标检测算法.计算机应用,2014,34(2):580-584.
- 2 Senst T, Evangelio RH, Sikora T. Detecting people carrying objects based on an optical flow motion model. Proc. of IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. Washington DC. IEEE Computer Society. 2011. 301-306.
- 3 Chiu CC, Ku MY, Liang LW. A robust object segmentation system using a probability based background extraction algorithm. IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(4): 518-528.
- 4 Xiong CZ, Fan WY, Li ZX. Traffic flow detection algorithm based on intensity curve of high-resolution image. 2010 2nd International Conference on Computer Modeling and Simulation. Piscataway. IEEE Press. 2010. 159-162.
- 5 周建英,吴小培,张超,吕钊.基于滑动窗的混合高斯模型运动目标检测方法.电子与信息学报,2013,35(7):1650-1656.
- 6 李建,蓝金辉,李杰.一种新型快速运动目标检测算法.中南大学学报(自然科学版),2013,44(3): 978-984.
- 7 田洪金,战萌伟.基于自适应分块和 SSIM 的运动目标检测.计算机科学,2014,41(2):119-122.
- 8 韩亚伟,张有志,李庆涛,熊春彬.帧差累积和减背景相结合的运动对象分割方法.计算机工程与应用,2011,47(14): 164-165.
- 9 郝毫刚,陈家琪.基于五帧差分 and 背景差分的运动目标检测算法.计算机工程 2012,38(4):146-148.
- 10 夏永泉,宁少辉,李卫丽.一种简单有效的运动目标检测算法.计算机测量与控制,2011,19(2):356-358.
- 11 Maddalena L, Petrosino A. A self organizing approach to background subtraction for visual surveillance applications. IEEE Trans. on Image Processing, 2008, 17(7): 1168-1177.