

# 基于帧差法和背景差法的运动目标检测

张应辉,刘养硕

(东北大学 计算机科学与工程学院,辽宁 沈阳 110000)

**摘要:**随着视频监控的发展,智能监控算法也得到逐步的改进。智能监控中主要用到的是运动目标检测算法。在运动目标检测算法中,传统算法存在检测结果不准确、抗干扰性能低等缺点。为提高运动目标检测的准确性和高效性,基于三帧差法和背景差法,提出了一种二者相结合的运动目标检测算法。该算法利用三帧差法和背景差法分别获得前景目标图像,再通过或运算将这两幅前景图像合并成最终的前景图像。实验采用交通录像为实验样本,对视频中移动的车辆进行移动检测。实验结果表明,该算法相较于其他算法更能检测出完整的车辆轮廓。从数值上分析也可以看出,该算法能够有效减少目标图像中的噪声,精确而快速地检测出运动目标,具有良好的鲁棒性。

**关键词:**视频监控;三帧差法;背景差法;运动目标检测

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2017)02-0025-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.02.006

## Moving Object Detection Based on Method of Frame Difference and Background Subtraction

ZHANG Ying-hui, LIU Yang-shuo

(School of Computer Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110000, China)

**Abstract:** With the development of video surveillance, intelligent monitoring algorithm has been gradually improved. The moving target algorithm is mainly used in intelligent monitoring. In the moving target detection algorithm, the traditional algorithm is not accurate and low in the anti jamming performance. In order to improve the accuracy and efficiency of moving target detection, a moving target detection algorithm is put forward based on combination of three frame difference method and background subtraction method. It uses three frame difference method and background subtraction method to obtain the foreground target image which are merged into the final foreground image then. The experiment is carried out using the traffic video as the experimental samples, and the moving vehicles in the video are detected. According to the experimental results, the algorithm can detect the more complete vehicle contour compared with others. From the numerical analysis, it can be seen that the algorithm can effectively reduce the noise in the target image, and detect the moving target accurately and quickly, with good robustness.

**Key words:** video monitoring; three frames subtraction; background subtraction; moving objects detection

### 0 引言

运动目标检测在视频监控领域扮演着越来越重要的角色。运动目标检测是对视频图像中发生变化部分的分离,是基于几何和统计特征的图像分割。目标检测算法在现实生活中的应用十分广泛,在节省人力,提高工作效率方面有着重要的意义。新的目标检测算法的不断涌现推动了智能监控的发展。同时,智能监控的发展也使得运动目标检测算法不断改进。

主要的目标检测算法包括背景差法、帧差法<sup>[1-2]</sup>、光流法等<sup>[3-7]</sup>。这些方法各有其优缺点,不过帧差法

和背景差法较光流法来说比较简单易于实现,并且硬件要求不高。虽然帧差法和背景差法应用广泛,对运动目标较为灵敏,而且不易受自然环境的干扰,但对运动较慢或静止的物体容易产生漏检。而背景差法能够准确地提取运动目标,但容易受外界环境的影响。对此提出了一些改进算法,有基于帧差法改进的也有从背景模型<sup>[8]</sup>方面进行改进的。但是有的效果并不明显,或者能够精确检测但失去了效率。

在该算法中,帧差法在检测前景目标图像的同时也为背景差法检测是否准确提供依据,起到校验的作

收稿日期:2016-06-03

修回日期:2016-09-07

网络出版时间:2017-01-10

基金项目:教育部在线教育中心项目(2016YB158)

作者简介:张应辉(1972-),男,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机图像处理、机器学习。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170110.1028.076.html>

用。这就为算法检测的准确性提供了保障,达到系统自检自修复的目的。该算法充分利用了三帧差法和背景差法的优点使得目标检测更加准确,同时也很好地克服了对方的缺点,减少了外界条件在检测过程中带来的不良影响。

## 1 算法背景

### 1.1 帧差法

利用人眼的视觉延迟,将图片进行快速播放就形成所看到的视频。帧差法就是将图像从视频中提取出来进行对比从而获得运动目标的一种方法。而对于相邻帧图像来说,当没有运动物体进入图像时,这些图像中对应像素点是基本相同的,当有运动物体出现在视频中,即使运动物体运动缓慢,但对于像素点来说就是很大的改变(假设运动物体和背景区分明显,且在绝大多数情况下是成立的)。相邻帧图像之间的对比,其实就是图像上对应像素点的对比,这就很容易发现变化的像素点,通过图像表现出来就是运动区域。公式如下:

$$D_k(x, y) = |I_k(x, y) - I_{k-1}(x, y)| \quad (1)$$

其中,  $D_k(x, y)$  为第  $k$  帧图像  $I_k(x, y)$  和第  $k-1$  帧图像  $I_{k-1}(x, y)$  的差分图像。

然后,对差分图像进行阈值分割,得到二值化的前景图像:

$$T_k(x, y) = \begin{cases} 1, D_k(x, y) \geq T \\ 0, D_k(x, y) < T \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $T_k(x, y)$  为二值化前景图像;  $T$  为分割阈值。

在监控视频中,监控环境随着时间是不断变化的(如光照的改变),这样会造成前后帧图像的像素值差别发生变化。通过设定阈值可以在环境改变的情况下将目标图像提取出来。

### 1.2 背景差法

背景差分法(背景差法)同帧差法基本类似,只是帧图像的对比对象有所不同。背景差法是通过将实时帧和建立好的背景模型进行对比来检测运动区域。

背景差法的好坏其关键在于背景模型的建立。目前背景建模的方法主要有均值背景建模法、中值背景建模法、单高斯分布模型<sup>[9-10]</sup>以及混合高斯分布模型<sup>[11-13]</sup>等。在视频监控过程中,由于外界条件的变化需要不断更新背景模型。将背景模型与视频帧图像进行差分运算,得到差分图像。下面的  $B_{k-1}(x, y)$  是建立的背景模型,它决定了检测目标区域的准确性。公式为:

$$D_k(x, y) = |I_k(x, y) - B_{k-1}(x, y)| \quad (3)$$

$$T_k(x, y) = \begin{cases} 1, D_k(x, y) \geq T \\ 0, D_k(x, y) < T \end{cases} \quad (4)$$

从公式中可以看出很容易看出背景差法和帧差法的相同之处。对于不同点可知,利用帧差法得到运动目标图像是相邻两帧图像的相对运动区域并不是目标检测区域,而背景差分法得到的  $D_k(x, y)$  是真正的运动目标区域。

## 2 基于帧差法和背景差法的运动目标检测算法(MFB)

### 2.1 算法思路

该运动目标检测算法可以概括为三步:

(1) 通过三帧差法和背景差法分别获取一幅前景目标图像。

(2) 将获得的两幅前景目标图像进行对比,判断前景目标图像检测是否准确。

(3) 如果对比通过,则将两幅图像进行或运算得出前景目标图像;如果不通过,则更新背景模型然后再回到第二步继续执行。

算法流程如图 1 所示。

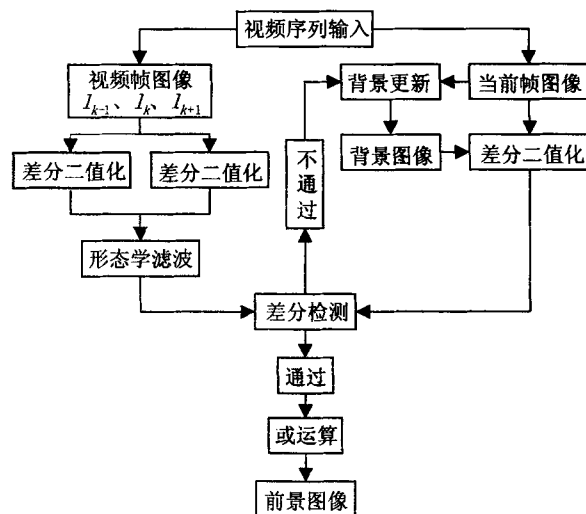


图 1 运动目标检测算法流程图

### 2.2 帧差法和形态学滤波

帧差法得到的前景图像可以看作运动物体的边缘检测。利用形态学滤波可以很好地降低与真实物体边缘的差别,为后面与背景差法得到的目标图像相结合做准备。

利用三帧差法得到差分图像,在差分图像的基础上再进行一次像素相乘处理,利用噪声在时间域内难重复的特点,进行相乘处理就滤除了噪声产生的孤立噪点。三帧差法的运算公式为:

$$D_{k-1}(x, y) = |I_k(x, y) - I_{k-1}(x, y)| \quad (5)$$

$$D_k(x, y) = |I_{k+1}(x, y) - I_k(x, y)| \quad (6)$$

$$T_k(x, y) = \begin{cases} 1, D_k(x, y) \geq T \cap D_{k-1}(x, y) \geq T \\ 0, D_k(x, y) < T \end{cases} \quad (7)$$

由于三帧差法也继承了帧差法的缺点,使得获取的前景目标图像存在“空洞”现象。利用形态学中腐蚀膨胀<sup>[14-15]</sup>的方法可有效改善目标图像。对后续的两幅前景图像的比较可有效降低检测误差。对图像进行腐蚀处理可以减少图像中的噪点与毛刺,再对图像进行膨胀处理可以填充目标图像和将断开的目标图像连接起来,使图像更加完整,不那么“空洞”。腐蚀和膨胀的效果取决于模板的选取,公式如下:

$$A \circ B = (A \otimes B) \oplus B \quad (8)$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \otimes B \quad (9)$$

其中,  $A$  表示图像;  $B$  表示结构元素;  $A \circ B$  表示开运算;  $A \bullet B$  表示闭运算。

这两个运算过程刚好相反,前者是对图像进行先腐蚀后膨胀,后者则是先膨胀后腐蚀。利用开运算可以消除目标检测过程中出现的噪点。对于模板的选取,如果太大,腐蚀时会连续的目标分割,太小又不能有效消除噪点。模板种类有很多,这里选取较小的

腐蚀运算“L”型模板  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$  和较大的膨胀运算“口”

字型模板  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ 。

### 2.3 背景差分法

背景差分法开始要获取背景图像,利用模型法对背景建模,这里采用混合高斯模型的方法。混合高斯分布模型定义  $K$  ( $K$  一般取 3~5) 个高斯分布分量的加权和,给出密度函数:

$$f(x | \Theta) = \sum_{i=1}^K \omega_i \eta(x | \Theta_i) \quad (10)$$

其中,  $\Theta = \{\omega_i, \Theta_i\}_{i=1}^K$  是模型参数集;  $\omega_i$  是第  $i$  个高斯分布  $C_i$  的权重,且  $\sum_{i=1}^K \omega_i = 1$ ;  $\Theta_i = \{\mu_i, \sigma_i^2\}$ ,  $\mu_i$  和  $\sigma_i^2$  分别是  $C_i$  的均值和方差;  $\eta(x | \Theta_i)$  是  $C_i$  的密度函数。

$$\eta(x | \Theta_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_i}{\sigma_i}\right)^2} \quad (11)$$

为高斯分布分配权值,并将这  $K$  个分布按照  $\omega/\sigma$  值进行排列,选择满足  $B = \arg \min_b (\sum_{i=1}^b \omega_i > T)$  的前  $B$  个分布为表征背景的分布。通过不断读取帧图像进行判断,若分布  $C_i$  与样本  $x_i$  相匹配,即满足  $x_i \in [\mu_i - 3\sigma_i, \mu_i + 3\sigma_i]$ ,则判定该像素点属于背景区域,若不满足则其为前景区域。

### 2.4 阈值检测及或运算

通过形态学处理和背景差法分别获得两幅前景目标图像,并对这两幅前景图像进行差分运算,通过对比阈值可以判断两幅图像的差别是否明显。其中阈值是根据实验得出的,这里阈值取为 0.5。如果差别明显说明获取的目标图像不准确,由于三帧差法是对比临近图像可能产生噪点,但不至于和真实运动目标差别太大。根据算法的这一特点判断可能是由于背景差法的背景模型出现问题,需要重新建立背景模型,然后进行背景差法得到新的前景目标图像。如果差别相对阈值不明显,就对这两幅前景目标图像进行或运算得到最终的前景目标图像。

### 2.5 伪代码描述

```

Begin
Input ... $I_{k-1}, I_k, I_{k+1}$ ...
Begin frame_Dif
Sub  $FD_1 = \text{abc}(I_k - I_{k-1})$ ,  $FD_2 = \text{abc}(I_{k+1} - I_k)$ 
If ( $FD_1 > T_1 \& FD_2 > T_1$ ) Then
 $T' = 1$ 
Else
 $T' = 0$ 
Morphology( $T'$ )
End frame_Dif
BgSub:
Begin Bg_Sub
Update background image B
Sub  $BD = \text{abc}(I_k - B_k)$ 
If  $BD > T_2$  Then
 $T'' = 1$ 
Else
 $T'' = 0$ 
End Bg_Sub
If  $\text{abc}(T' - T'') > T_3$  Then
goto BgSub
or_Operation  $T = T' \mid T''$ 
final foreground image  $T$ 
End

```

## 3 实验结果与分析

实验采用普通 PC 机 (AMD 四核 64 位 1.50 GHz CPU, 4.00 GB 内存, Win10 操作系统) 为实验平台, 使用 Qt 和 OpenCV 编程实现算法的检验。

为了验证文中算法是否优于传统算法, 选取了交通视频录像作为实验数据来源, 为表述方便将视频简称为 V。

图 2 是从视频中提取的原始图像。图 3 是通过三帧差法获取的目标图像, 很清楚地可以看到图像提取不完整, 产生了明显的“空洞”现象。图 4 是通过背景

差法得到的目标图像,由于背景差法是将实时帧图像和背景模型进行差分运算,得到的图像比较完整。图 5 是通过文中提到的改进算法得到的前景目标图像,可以看出该算法得到的图像明显优于另外两种算法得到的图像。

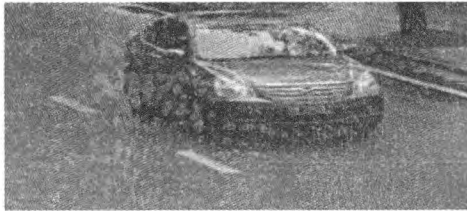


图 2 原视频帧图像 V

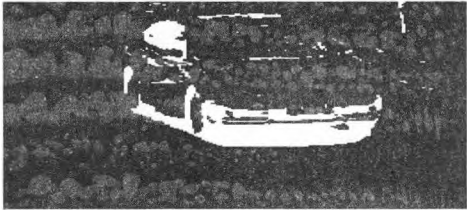


图 3 三帧差法

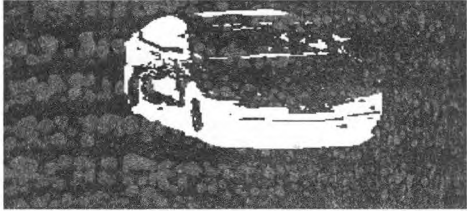


图 4 背景差法

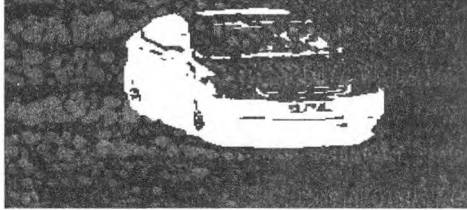


图 5 MFB 算法

三种算法的检测性能见表 1。

表 1 三种算法的检测性能

检测 算法	V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
	检出率/%	误检率/%	检出率/%	误检率/%
三帧差法	86.26	4.764	87.41	4.697
背景差法	87.30	6.593	87.16	5.792
MFB 算法	91.17	3.157	92.31	2.873

从表 1 中可以看出,该算法相较于以往算法,明显提高了检出率,每次都能达到 90% 以上,且显著降低了误检率。由上面的数据分析可以看出该算法的优势较为明显。

4 结束语

为提高目标检测算法的准确率、降低误检率,在三

帧差法和背景差法基础上提出一种改进算法。

实验结果表明,该算法在正常情况下能够较好地提取出运动目标区域,在发生光照突变的状况时也能通过及时更新背景模型提取出完整的运动目标。对于帧差法存在的噪声和背景差法不能地很好应对光照等外界情况,该算法具有很强的适应性和准确性。

参考文献:

[1] 卢章平,孔德飞,李小蕾,等. 背景差分与三帧差分结合的运动目标检测算法[J]. 计算机测量与控制,2013,21(12): 3315-3318.

[2] 杨 阳,唐惠明. 基于视频的行人车辆检测与分类[J]. 计算机工程,2014,40(11):135-138.

[3] Tsai Y M, Tsai C C, Huang K Y, et al. An intelligent vision-based vehicle detection and tracking system for automotive applications[C]//Proceedings of 2011 IEEE international conference on consumer electronics. Seoul, Korea: IEEE, 2011: 113-114.

[4] 杨叶梅. 基于改进光流法的运动目标检测[J]. 计算机与数字工程,2011,39(9):108-110.

[5] 潘光远. 光流场算法及其在视频目标检测中的应用研究[D]. 上海:上海交通大学,2008.

[6] Sun S, Haynor D R, Kim Y. Motion estimation based on optical flow with adaptive gradients[C]//IEEE international conference on image processing. [s. l.]:IEEE,2000:852-855.

[7] 胡 彪,龚晓峰. 基于改进背景差法的运动目标检测[J]. 计算机工程与设计,2010,31(17):3841-3844.

[8] 刘 亚,艾海舟,徐光佑. 一种基于背景模型的运动目标检测与跟踪算法[J]. 信息与控制,2002,31(4):315-319.

[9] Chalidabhongse T H, Kim K, Harwood D, et al. A perturbation method for evaluating background subtraction algorithms[C]//Proceeding of the joint IEEE international workshop on visual surveillance and performance evaluation of tracking and surveillance. [s. l.]:IEEE,2003:11-12.

[10] 陈 银,任 侃,顾国华,等. 基于改进的单高斯背景模型运动目标检测算法[J]. 中国激光,2014(11):239-247.

[11] Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]//Proceeding of 1999 IEEE international conference on computer vision and pattern recognition. Colorado, USA:IEEE,1999:246-252.

[12] 吴 桐,王 玲. 基于帧差分块的混合高斯背景模型[J]. 计算机工程与应用,2014,50(23):176-180.

[13] 华媛蕾,刘万军. 改进混合高斯模型的运动目标检测算法[J]. 计算机应用,2014,34(2):580-584.

[14] 万卫兵,霍 宏,赵玉明. 智能视频监控中目标检测与识别[M]. 上海:上海交通大学出版社,2009.

[15] 王慧峰,战桂礼,罗晓明. 基于数学形态学的边缘检测算法研究及应用[J]. 计算机工程与应用,2009,45(9):223-226.