

文章编号:1007-2780(2017)01-0040-08

## 视频图像中的运动目标检测

周同雪, 朱 明\*

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:**运动目标检测,是指从视频图像中将运动变化区域提取出来的检测技术,是图像处理技术的基础。在军事公安、交通管理、视频监控、医学检查等领域应用广泛。为了改进单独采用帧差法或背景减法进行运动目标检测时存在的不足,本文提出一种利用边缘信息的三帧差法与基于混合高斯模型的背景减法相结合的运动目标检测算法。该方法对视频图像中连续的三帧图像两两差分,对 3 个差分图像取均值,二值化,再经过形态学处理,并对中间帧进行 Canny 边缘提取,将二者进行“与”运算,即得到运动目标的边缘,用背景减法提取中间帧的前景,二值化,将其和目标的边缘进行“或”运算,经过形态学处理便可得到运动目标。实验结果表明,使用该方法目标检出率提高了 9.7%~72.1%,误检率降低了 0.090%~2.900%。这种二者相结合的方法相对于单一的检测算法能够有效、可靠地提取出运动目标。

**关键词:**运动目标检测;三帧差法;高斯背景;canny 边缘检测;形态学处理

**中图分类号:**TN919.8; TP391.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20173201.0040

## Moving target detection of the video images

ZHOU Tong-xue, ZHU Ming\*

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun 130033, China)

**Abstract:** Moving target detection technology refers to extracting the change from the video images, and it is widely used in the field of military security, traffic management, video surveillance, medical examination and so on. In order to improve the shortcomings of three-frame-difference method and background subtraction, this paper presents a new moving object detection algorithm based on edge information of the three-frame-difference method combined with the background subtraction. Firstly, the current frame subtracts the previous frame and the next frame separately, the next frame subtracts the previous frame, their results are added together to get a gray-scale image. The result is divided by three. Secondly, the gray-scale image is translated into binary image after being judged by threshold. And then it will be dealt with a series of morphological processing. Thirdly, the Canny edge detection operator is introduced into the middle frame, then the two results “and” operation to get the edge of the moving object. Finally, the current frame image subtracts the background image to get another gray-scale image, in the same way, it is translated into binary image after being judged by threshold. Then the final two results “or” operation. The moving object is got by doing a series of

收稿日期:2016-08-24;修订日期:2016-09-07.

\* 通信联系人, E-mail: zhoutongxue1992@163.com

morphological processing. The experimental results show that, target detection rate by using the method increased by 9.7%~72.1%, and the error detection rate is reduced by 0.090%~2.900%. The combination of the two compared with the single detection algorithm can effectively and reliably detect the moving targets.

**Key words:** moving target detection; three-frame-difference method; Gaussian mixture model; Canny edge detection; morphology

## 1 引言

运动目标检测技术<sup>[1-4]</sup>是视频图像处理技术的基础。所谓运动目标检测,是指从视频图像中将运动变化区域提取出来的技术手段。根据运动目标与摄像机之间的关系,目标检测可以分为两种:摄像机静止和运动的情况。本文研究的是摄像机静止的情况,即在固定背景下进行运动目标检测。目前的检测方法有3种:光流法、帧差法和背景减法。光流法主要通过对序列图像光流场的分析,计算出运动场后,对场景进行分割,从而检测出运动目标。由于其计算复杂度高,抗噪性能差,因此不常用。帧间差法通过视频序列中两个或三个相邻帧进行时间差分阈值化来提取运动目标,该算法简单,实时性强,自适应性强,但易出现“双影”和“空洞”。背景减法是用当前帧减去通过背景建模获得的背景,即可获取运动目标。这种算法简单,实时性强,尤其适用于背景固定的场景,能获得较完整的特征数据,但易受光线、天气等外界条件变化的影响。

许多专家,科研机构对运动目标检测技术很感兴趣,并做了深入的研究,有些公司已将相应的产品推广到市场。

Gibson<sup>[5-6]</sup>等人在20世纪中叶提出光流法,因为人眼在通过视频图像观察外界环境时,不断变化的图像信息就像光流一样通过人的视网膜,所以称之为光流。该方法首先对序列图像光流场的分析,计算出运动场后,对场景进行分割,从而检测出运动目标。Wren等人采用单一高斯模型对背景像素值进行建模,但该方法只适用于单一场景,在复杂场景下检测效果不佳。针对该缺点Stuffer提出了混合高斯模型,其在环境比较复杂的条件下仍然可以得到很好的检测效果。它用若干按照不同权值叠加的高斯分布来模拟多峰分布,各个高斯分布的权值和分布参数随时间更新。

卡内基梅隆大学和戴维等几家研究机构联合研制的视频监视与监控系统(Visual Surveillance and Monitoring, VSAM),该系统用于战场态势分析、重要场所安全监控等。实时视觉监控系统W4能够在室外环境下对多人的活动进行检测、跟踪、监控和定位。IBM公司的Smart Surveillance System实现了智能监控的各种引擎。

国内的专家学者、科研机构也高度重视视频运动目标分析技术的发展<sup>[7-12]</sup>,中国科学技术研究院、清华大学、北京大学、中国科技大学等许多高校和科学研究机构都在这方面发表了很多高质量文章。高凯亮等人提出将三帧间差分法和改进型mode算法下的背景减法相结合,对运动车辆进行检测。陈银提出一种结合单高斯背景和mean shift原理对运动目标进行检测的方法。魏晓慧提出基于混合高斯模型的运动目标检测算法。吴君钦提出一种静态背景下五帧差分与背景边缘差分相结合的运动目标检测算法。邵娜提出一种将从摄像头获取的彩色图像中提取运动目标并进行实时跟踪的算法。

中国科学技术研究学院的模式识别国家重点研究小组针对交通运输中的视觉监控进行了深入细致的研究,开发了一套v star visual surveillance star系统,该系统在有车辆运动时,自动将序列图像发到计算机进行处理,识别序列图像,跟踪运动路径,并对运动目标进行行为理解。北京中和讯飞公司研发的智能视频分析处理器Sin-Video1403P,其可对多目标的异常行为进行实时的检测和报警。

虽然许多学者在此方面研究出很多新颖的算法,但仍存在不足,所以找到一种运算速度快、实时性强、自适应性好的运动目标检测算法很重要。

针对帧差法和背景减法单独应用时存在的缺陷,本文提出将二者改进后再结合的方法,利用帧差法的自适应性、背景减法能够高效提取前景的特点以及canny边缘提取的准确性,从而提高算

法的检测效果。

## 2 基本原理

### 2.1 图像预处理

本文采用了中值滤波和直方图均衡化的方法对图像进行预处理。在此简介一下这两种方法。

中值滤波:基本原理是将数字图像或数字序列中某一点的值用该点的一个邻域中各点的值的中值交换。常用的窗口有:  $3 \times 3$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$ , 形状有方形、十字形、圆形。它对去除椒盐噪声有很好的处理效果。同时因为本文在对运动目标检测时需要比较清晰的边缘信息, 所以本文采用中值滤波进行预处理。

直方图均衡化:直方图均衡化,把一已知灰度概率分布的原图像,经过变换将其变成一幅具有均匀灰度概率分布的新图像。新图像的各灰度级出现的概率相同,图像的熵最大,所以包含最多的信息量。

### 2.2 经典三帧差法

基本思想<sup>[13]</sup>:提取视频图像中的连续三帧图像,每相邻的两帧之间做差分运算,对得到的两个差分图像进行阈值分割,最后将两个二值化的图像作与运算,即得到运动目标。图 1 为经典三帧差法原理框图。

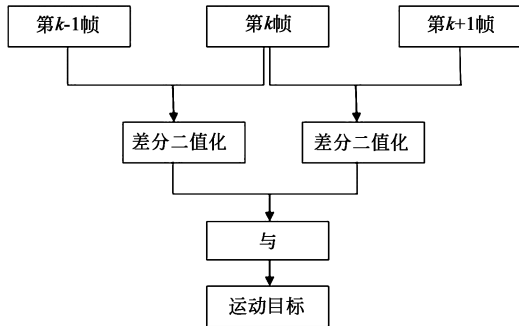


图 1 经典三帧差法算法原理框图

Fig.1 Functional block diagram of the classical three frame difference algorithm

用公式描述:

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

式中:  $D_k(x, y)$ 、 $I_{K+1}(x, y)$ 、 $I_k(x, y)$  分别为差分图像、第  $k+1$  帧和第  $k$  帧原始图像。

然后对差分图像进行阈值化分割,得到二值

化的前景图像:

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

式中:  $T_k(x, y)$  和  $T$  分别为前景图像和分割阈值。分割阈值用最大类间方差法求得。

### 2.3 改进的三帧差法

基本思想:提取连续三帧,每两帧差分,三幅差分图像取均值,然后进行二值化,做形态学处理,即得到运动目标。图 2 为改进的三帧差法原理框图。

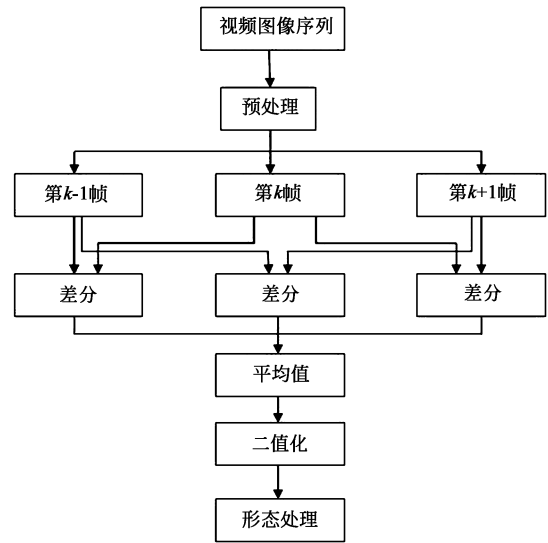
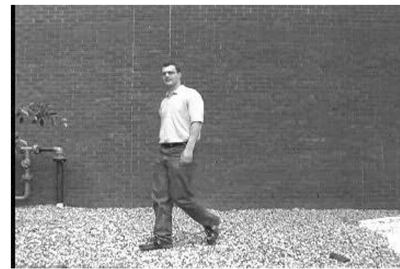


图 2 改进三帧差法原理框图

Fig.2 Functional block diagram of the improved three frame difference algorithm

经典三帧差法和改进后的三帧差法实验结果如图 3 所示。图(a)、(b)、(c)是本文采用的测试视频 V1 中第 57、58、59 帧图像,图(d)(e)是检测结果。

通过实验结果可以看出,采用改进后的三帧差法,能够有效地提取出运动目标,弥补了经典三帧差法提取目标不完整的不足,同时为后续提取



(a)第 57 帧



(b) 第 58 帧



(c) 第 59 帧



(d) 经典三帧差法检测结果



(e) 改进三帧差法检测结果

图3 经典三帧差法和改进后的三帧差法实验结果

Fig.3 Experiment results of the classical three frame difference algorithm and improved three frame difference algorithm

运动目标轮廓奠定了很好的基础。

## 2.4 背景减法

基本思想:首先进行背景建模,然后用当前帧减去背景帧,即可得到前景图像。常用的背景建模方法有平均值法、中值法、Surendra 背景更新法、高斯分布模型等方法。而高斯分布模型又分为:单高斯模型和混合高斯模型。单高斯模型适

用于背景比较稳定的场景中,然而实际生活中,场景会由于天气的变化,树叶的晃动变得复杂多变,因此单高斯模型不再适用。然而混合高斯模型能够更好地适应复杂场景。尤其当前景与背景颜色相近时,混合高斯模型起到了很好的建模效果,本文采用此方法。

用公式描述:

$$D_k(x, y) = |I_k(x, y) - B_k(x, y)|, \quad (3)$$

式中:  $D_k(x, y)$ 、 $I_k(x, y)$ 、 $B_k(x, y)$  分别为差分图像、视频当前帧和利用背景建模得到的背景图像。利用式(2)式对  $D_k(x, y)$  进行阈值化分割即可得到二值化前景图像。

## 3 算法基本步骤

首先对视频图像序列进行图像预处理(中值滤波和直方图均衡化),目的是去除椒盐噪声,同时对亮度或对比度不均匀的图像进行处理,以便

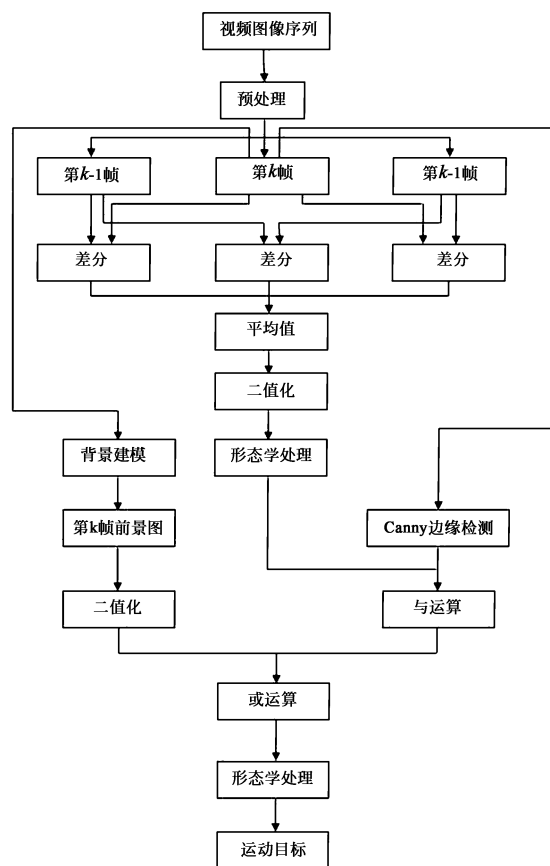


图4 本文算法原理框图

Fig.4 Functional block diagram of the proposed algorithm

获得更清晰的细节,提高运动目标检测的准确度。然后对连续的三帧图像每两帧之间作差分运算,得到 3 幅差分图像,将这 3 幅图像相加除以 3(即取均值),用最大类间方差法进行阈值分割,得到二值图像,在此根据二值图的特征进行必要的形态学处理,以便后期获得更清晰的前景轮廓。

对经过预处理的第  $k$  帧进行 Canny 边缘检测,获取整幅图像的所有边缘,然后将该图与形态学处理后的图像进行“与”运算,即得到前景边缘。

利用高斯背景建模得到第  $k$  帧的前景图像,同样进行阈值分割,得到一幅二值图像,将“与”运算的结果(前景边缘)和该二值图进行“或”运算,最后经过形态学处理即得到运动目标。本文算法的原理框图见图 4。

#### 4 实验结果及分析

为了验证算法的检测效果,实验选取了三段常用的测试视频,视频来源于两本参考书目<sup>[14-15]</sup>附赠的光盘中,分别是不同场景下,不同运动目标的视频,为表示方便,将其分别记为 V1, V2, V3。

图 5 为三组测试视频中的当前帧,分别是 V1 中的第 58 帧, V2 中的第 470 帧, V2 中的第 284 帧。



(a) V1 第 58 帧

(a) V1 58<sup>th</sup> frame



(b) V2 第 470 帧

(b) V2 470<sup>th</sup> frame



(c) V3 第 284 帧

(c) V3 284<sup>th</sup> frame

图 5 测试视频中的当前帧

Fig.5 Current frames of the testing videos

图 6 为利用经典三帧差法分别对 V1 中的第 58 帧, V2 中的第 470 帧, V2 中的第 284 帧处理结果。



(a) V1



(b) V2



(c) V3

图 6 三帧差法检测结果

Fig.6 Results of three-frame-difference algorithm

图 7 为利用基于混合高斯模型的背景减除法分别对 V1 中的第 58 帧, V2 中的第 470 帧, V2 中的第 284 帧处理结果。三组视频采用相同的参数设置:高斯分布数  $K=3$ , 置信参数  $M=3$ , 方差  $\sigma=6$ , 更新速率  $\alpha=0.01$ 。



(a) V1



(b) V2



(c) V3

图 7 背景减法检测结果

Fig.7 Results of background subtraction

图 8 为利用本文的改进算法分别对 V1 中的第 58 帧, V2 中的第 470 帧, V2 中的第 284 帧处理结果。

从实验结果可以看到,经典三帧差法检测出的运动目标很不完整,丧失了很多像素点。基于混合高斯模型的背景减除法提取出的运动目标较完整,但周围噪声点较多。而本文是采用改进后的三帧差法与背景减除相结合的方法,并采用



(a) V1



(b) V2



(c) V3

图 8 本文方法检测结果

Fig.8 Results of this paper

Canny 边缘检测技术,这样很好地弥补了上述不足,得到较好的检测效果。

为了定性的检验本文的算法的性能,采用算法检测率,即检出率( $DR$ )和误检率( $FAR$ )两个指标两衡量,用公式表示如下:

$$DR = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (4)$$

$$FAR = \frac{FP}{TP + FP}, \quad (5)$$

式中:  $TP$  是检测出来的属于运动目标的像素数,  $FP$  是检测出来的不属于运动目标的像素数,  $FN$  是未被检测出来的属于运动目标的像素数。

由此,计算出检出率和误检率,见表 1。

表 1 算法检测率

Tab.1 Detection rates of various algorithms

| 方法   | 检出率/% |       |       | 误检率/% |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | V1    | V2    | V3    | V1    | V2    | V3    |
| 三帧差法 | 30.56 | 31.30 | 20.20 | 2.250 | 1.320 | 2.420 |
| 背景减法 | 82.20 | 85.51 | 81.20 | 4.320 | 3.950 | 3.570 |
| 本文方法 | 93.26 | 95.21 | 9230  | 1.420 | 1.230 | 1.121 |

表 1 数据是对视频中的每一帧分别算出检出率和误检率,最后求得所有帧的平均值。由此看出本文的方法在检出率上提高了 9.7%~72.1%,并且误检率降低了 0.090%~2.900%。

为了计算本文算法的时间复杂度,采用算法

表 2 时间复杂度(单位:s)

Tab.2 Time complexity of various algorithms

| 方法   | V1    | V2    | V3    |
|------|-------|-------|-------|
| 三帧差法 | 0.343 | 0.312 | 0.313 |
| 背景减法 | 1.149 | 1.031 | 1.075 |
| 本文方法 | 1.907 | 1.796 | 1.805 |

对于每一帧图像处理所需要的时间来衡量(对各视频所有帧都进行检测后得到的平均值,单位:秒(s)),来进行比较,见表 2。

由于本文算法是将改进的帧差法和背景减法融合在一起,所以时间复杂度上提高了 0.656~1.595 s。

从以上数据分析来看,在综合考虑算法检测率以及时间复杂度上,本文方法可以获得更好的检测效果。

## 5 结 论

本文为了改进单独采用帧差法或背景减法进行运动目标检测时存在的不足,提出一种利用边缘信息的三帧差法与基于混合高斯模型的背景减法相结合的运动目标检测算法。该算法可以实现对近距离的人、车辆以及小目标的检测,由于采用帧差法,因此对环境有较强的自适应性,由于应用了混合高斯建模,因而能够提取出完整的前景,同时采用 Canny 边缘检测,可以获得清晰的前景轮廓。实验结果和数据表明,使用该方法目标检出率提高了 9.7%~72.1%,并且误检率降低了 0.090%~2.900%。本文的算法能够较好地检测出运动目标。

## 参 考 文 献:

- [1] 赵春晖,潘泉,梁彦,等.视频图像运动目标分析[M].北京:国防工业出版社,2011.  
ZHAO C H, PAN Q, LIANG Y, et al. *Video Imagery Moving Targets Analysis* [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011. (in Chinese)
- [2] 余启明.基于背景减法和帧差法的运动目标检测算法研究[D].赣州:江西理工大学,2013.  
YU Q M. Research on moving object detection algorithm of background subtraction and frame difference method [D]. Ganzhou: Jiangxi University of Science and Technology, 2013. (in Chinese)
- [3] 高勇钢.改进帧差法和背景差法的多目标跟踪[J].巢湖学院学报,2013,15(6):14-16.  
GAO Y G. Multiple target tracking on improved frame difference and background difference method [J]. *Journal of Chaohu College*, 2013, 15(6): 14-16. (in Chinese)
- [4] 陈国玉.序列图像中运动目标检测算法研究[D].大连:大连理工大学,2010.  
CHEN G Y. Research on algorithm of moving object detection in sequences image [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010. (in Chinese)
- [5] REMAGNINO P, TAN T, BAKER K. Multi-agent visual surveillance of dynamic scenes [J]. *Image and Vision Computing*, 1998, 16(8): 529-532.
- [6] REMAGNINO P, TAN T, BAKER K. Multi-agent visual surveillance of dynamic scenes [J]. *Image and Vision Computing*, 1998, 16(8): 529-532.
- [7] 高凯亮,覃团发,王逸之,等.一种基于帧差法与背景减法的运动目标检测新方法[J].电讯技术,2011,51(10):86-91.  
GAO K L, QIN T F, WANG Y Z, et al. A novel approach for moving objects detection based on frames subtraction and background subtraction [J]. *Telecommunication Engineering*, 2011, 51(10): 86-91. (in Chinese)

- [8] 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,2014,41(11):1109002.  
CHEN Y, REN K, GU G H, *et al.* Moving object detection based on improved single Gaussian background model [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2014, 41(11): 1109002. (in Chinese)
- [9] 魏晓慧,李良福,钱钧.基于混合高斯模型的运动目标检测方法研究[J].应用光学,2010,31(4):574-578.  
WEI X H, LI L F, QIAN J. Moving object detection based on mixture Gaussian model [J]. *Journal of Applied Optics*, 2010, 31(4): 574-578. (in Chinese)
- [10] 吴君钦,刘昊,罗勇.静态背景下的运动目标检测算法[J].液晶与显示,2012,27(5):682-686.  
WU J Q, LIU H, LUO Y. Algorithm of moving object detection in static background [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(5): 682-686. (in Chinese)
- [11] 邵娜,应捷.视频序列中运动目标检测与跟踪方法研究[J].光机电信息,2009,26(2):31-34.  
SHAO N, YING J. Research on the method of detecting and tracking moving target in video sequence [J]. *OME Information*, 2009, 26(2): 31-34. (in Chinese)
- [12] 王霏.基于视频的运动目标检测算法研究[D].长春:吉林大学,2014.  
WANG F. Research on moving target detection algorithm based on video [D]. Changchun: Jilin University, 2014. (in Chinese)
- [13] LIU G, NING S K, YOU Y G, *et al.* An improved moving objects detection algorithm [C]//Proceedings of the 2013 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition. Tianjin: IEEE, 2013: 14-17.
- [14] 秦襄培.MATLAB图像处理与界面编程宝典[M].北京:电子工业出版社,2009.  
QIN X P. *MATLAB Image Processing and Interface Programing* [M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2009. (in Chinese)
- [15] 赵小川.MATLAB图像处理——能力提高与应用案例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2014.  
ZHAO X C. *MATLAB Image Processing* [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2014. (in Chinese)

**作者简介:**周同雪(1992—),女,吉林敦化人,硕士研究生,2015年毕业于吉林大学,主要从事图像处理方面的研究。E-mail:zhoutongxue1992@163.com

朱明(1964—),男,江西南昌人,研究员,博士生导师,主要从事视频图像处理,自动目标识别技术及成像目标跟踪等方面的研究。