

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802130

基于人眼识别原理的运动目标检测方法<sup>\*</sup>

吕 慷 张旭秀 李卫东

(大连交通大学 电气信息学院 大连 116028)

**摘 要:** 针对于背景差分法与帧间差分法在运动目标中存在的不足,为提高运动物体检测的实时性和准确性,提出了一种结合背景差分和帧间差分的运动物体检测方法,该方法模拟人眼对运动目标的检测方式,分为整体感知与精确感知两部分。首先将图像分为多个区域并使用较少的像素点建立背景模型,通过背景模型确定运动物体所在的区域,并将其他区域的图像作为背景图像进行存储。然后使用变化区域的当前图像与存储的该区域的背景图像进行差分运算,以获取清晰的运动目标。该方法使用较少的像素点进行背景模型的构建,减少了背景模型建立和更新的运算量,提高了运算的速度。通过存储的背景图像与当前图像进行差分,可以获得完整的运动目标,避免“空洞”的出现。

**关键词:** 运动目标检测;帧间差分;背景差分;图像分割

**中图分类号:** TP391.4;TN919.81 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Moving object detection method based on human eye recognition principle

Lv Kang Zhang Xuxiu Li Weidong

(School of Electrical and Information Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

**Abstract:** In view of the insufficiency of background difference method and interframe difference method in moving targets, the real-time and accuracy of moving object detection are improved. In this paper, a moving object detection method combining background difference and inter-frame difference is proposed. This method simulates the detection method of human eye on moving target, which is divided into two parts: Global perception and precise perception. First, the image is divided into multiple regions and the background model is established using fewer pixels. The background model is used to determine the region where the moving object is located, and the images of other regions are stored as the background image. The current image of the changed region is then used to perform a differential operation with the stored background image of the region to obtain a clear moving target. This method uses less pixels to construct the background model, which reduces the amount of calculation of the background model establishment and update, and improves the speed of the operation. By separating the stored background image from the current image, a complete moving target can be obtained, avoiding the appearance of “holes”.

**Keywords:** moving target detection; inter-frame difference; background difference; threshold segmentation

## 0 引 言

伴随着计算机技术的快速发展以及各种视频采集设备的普及,运用视频采集设备进行监控已经在交通运输、金融安保、军事侦察等许多领域得到了广泛应用。随之而来的是视频数据的不断增长,单纯依靠人力对这些视频数据中的运动信息进行提取,工作量十分庞大并且需要花费大量的时间。这就使得依靠计算机进行视频中运动物体的检测成为必要,在计算机视觉领域中对运动检测方法的研究已经成为一个重要的研究课题<sup>[1]</sup>。

目前针对于视频序列中运动物体的检测主要有以下几种方法。背景差分法<sup>[2-3]</sup>是利用当前图像与已经建立的背景图像模型的差分来确定运动目标,该算法简单,识别效果好,但是背景模型建立后需要不断更新以匹配不断变化的外界环境,一旦背景图像模型和当前背景不符合,将影响识别效果,而且背景模型的建立和更新需要一定的计算,背景模型越复杂,识别的实时性就越差。帧间差分法<sup>[4]</sup>是通过将视频序列中连续的两帧图像或是三帧图像进行差分运算,根据短时间内图像序列中的变化是由运动物体引起的,利用差运算和阈值分割来提取图像中变化较大的区域即运

收稿日期:2018-10-19

<sup>\*</sup> 基金项目:国家科技支撑项目(2015BAF20B02)、国家自然科学基金(61471080、61201419)项目资助

动目标区域,进而确定运动物体。传统帧间差分的方法计算简单,对于动态环境具有很好的适应性和鲁棒性,但是当运动目标移动速度缓慢的时候,就不能很好地检测出完整的运动物体,甚至会出现漏检的情况。光流法<sup>[5]</sup>是使用视频序列图像中每一帧图像的各个像素点的矢量特征进行运动目标检测,当有运动目标时,光流矢量发生变化,从而检测出运动目标,但是由于运算量较大难以实现实时处理。

在运动物体检测算法方面的探索和研究过程中,许多科学家已经提出了许多运动检测算法,这些方法都具有良好的性能。文献[6]提出了一种新的运动显着性检测方法——时间傅里叶变换,用于快速运动显着性检测。文献[7]提出了一种新的小运动目标检测方法,用于背景复杂的红外图像序列。文献[8]通过利用像素运动的全局模式提出了一种用于移动动物检测的方法。基于分割区域,采用另一阈值来过滤掉可能属于背景的负候选者。文献[9]提出了一种有效的方法来检测和分割来自两个时间连续立体帧的运动物体,利用相机运动估计和视差计算中的不确定性。文献[10]提出了一种基于光流估计的有效运动目标检测方法,其特征是,可以从优化水平流与优化垂直流的组合中提取运动目标的完整边界。文献[11]提出了一种简单有效的基于矢量的方法来解决实际监控挑战。矢量的线性依赖的概念用于构建对应于每个像素的背景模型。基于时空的背景减法方法,因为它使用空间和时间信息来构建背景模型。文献[12]提出了一种基于重复模式投票的简单有效的背景建模方法,用于在具有挑战性的场景下进行运动目标检测。文献[13]提出了一种基于背景减法和结构-纹理分解(BS-STD)相结合的新方法。文献[14]提出了一种基于深度学习的分块场景分析方法,该方法配备有二元时空场景模型。文献[15]提出了一种基于改进视觉背景提取的运动目标检测算法。通过在检测过程中加入 TOM (time of map) 机制来改进传统的 VIBE 算法,可以快速、准确、整体地检测移动目标。

本文针对运动目标检测的一些实现方法进行了详细的分析与论证,并在此的基础上仿效人眼对运动物体检测的方式,提出了一种背景差分法与帧间差分法相结合的运动目标检测算法。

## 1 算法原理

### 1.1 人眼构造

眼睛最里面的膜是视网膜,它布满了整个后部的内壁。当眼球适当地聚焦时,来自眼睛外部的光在视网膜上成像。视网膜表面分布的分离光接收器提供了图案视觉。这种光接收器分为锥状体和杆状体两类。锥状体数目较少对颜色灵敏度很高。可以充分地分辨的图像细节。杆状体数目较多,但由于分布面积较大而且几个杆状体连接到一个神经末端,因此减少了这些接收器感知细节的数量。杆状体用来给出视野内一般的总体图像。它们没有彩色感觉,而在

低照明度下对图像较敏感。

### 1.2 背景差分法

背景差分法可分为 4 个过程,即预处理、背景模型的建立与更新、前景检测、后处理,其中背景模型的建立与更新是背景差分法最关键的过程。背景差分法基本原理是通过背景建模及更新得到背景图像后与视频的当前帧图像进行差分,得到差值图像,如下:

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

式中:  $D_k(x, y)$ 、 $I_{k+1}(x, y)$  和  $B_k(x, y)$  分别为差分图像、视频当前帧和背景图像。对  $D_k(x, y)$  进行阈值化分割即可得到二值化前景图像。

常用的背景模型方法有中值背景模型<sup>[16]</sup>、均值背景模型<sup>[17]</sup>、基于码本的背景模型<sup>[18]</sup>、非参数背景模型<sup>[19]</sup>、单高斯背景模型<sup>[20]</sup>、混合高斯背景模型<sup>[21]</sup>等。

### 1.3 帧间差分法

帧间差分法中,首先将视频序列中相邻两帧进行差分,得到差分图像,如下:

$$D_k(x, y) = |I_{k+1}(x, y) - I_k(x, y)| \quad (2)$$

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,利用式(3)对差分图像进行阈值化分割,得到二值化的前景图像。

$$T_k(x, y) = \begin{cases} 0, & D_k(x, y) < T \\ 1, & D_k(x, y) \geq T \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $T_k(x, y)$  和  $T$  分别为前景图像和分割阈值。帧间差分的流程如图 1 所示。

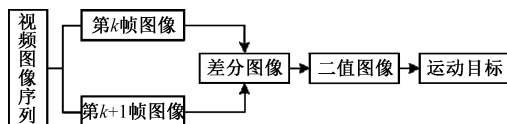


图 1 帧间差分法

### 1.4 结合背景差分法与帧间差分法进行运动目标检测

通过对人眼结构与功能的分析可以得出以下结论,人眼通过分配较少的神经细胞进行对整体外界环境的感知,而分配大量的神经细胞对具体的某一区域进行精准的感知。这样不仅将有限的资源用到对感兴趣的区域的感知上,而且减少其他区域所带来的干扰。

使用现有的运动检测算法来实现人的眼睛的检测功能。首先杆状体的功能是总体感知,缺少细节。可以通过背景差分法来实现人的眼睛杆状体对运动场景的整体感知。然后是锥状体对局部的精准感知,细节丰富。可以通过帧间差分法来实现人的眼睛锥状体对局部场景的精确感知。具体步骤如图 2 所示。

## 2 改进运动物体检测算法

### 2.1 背景模型的建立

背景建模根据建模方法的复杂程度与图像的大小的不

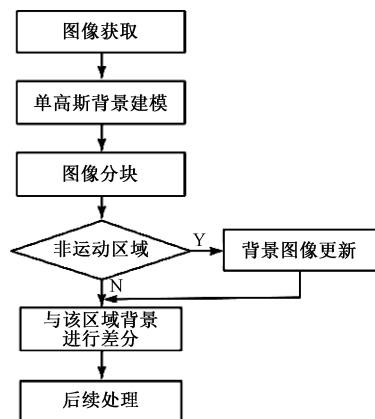


图 2 本算法流程

同,算法的实时性和准确性有很大的差别。根据背景建模是为对图像区域进行整体感知的要求,可以使用算法简单的单高斯背景模型,而且可以降低图像的分辨率,使用较少的点来建立背景模型。

#### 1) 单高斯背景建模

在单高斯模型中,认为背景图像的像素值满足  $B(x, y) \sim N(\mu, d)$  也就是式(4)所示。

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}d} e^{-(x-\mu)^2/2d^2} \quad (4)$$

使用多帧视频图像的均值来初始化背景,并估计一个较大的方差,为所有的像素点建立一个背景高斯模型。根据这个背景模型进行目标检测,具体做法为将包含目标的前景图像与背景模型进行比较,设定一个阈值  $T$ ,若  $P(x_i) > T$  则认为是背景点,否则为前景点。其中  $x_i$  是像素点  $(x, y)$  的像素值。单高斯分布的概率密度函数以及阈值  $T$  如图 3 所示。

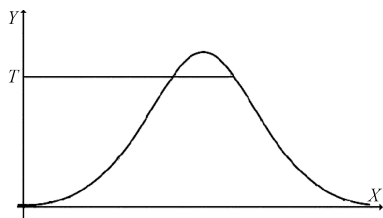


图 3 单高斯分布的概率密度函数

单高斯背景模型为适应外界环境的变化需要不断地更新,更新公式如式(5)所示。

$$B_i(x, y) = p \times B_{i-1}(x, y) + (1 - p) \times I_i(x, y) \quad (5)$$

式中:  $p$  为更新常数;  $I(x, y)$  为前景像素值。

#### 2) 降低图像分辨率

由于不需要使用所有像素点构建背景模型,所以降低图像的分辨率,把图象缩小可以每隔一行(或一列)删除一行(或一列)。本文将图像缩减为原图像的  $1/4$ ,即每隔一

行删减一行后在每隔一列删减一列。这就使得图像的细节减少,整个图像的像素点变为原来的  $1/4$ 。使用降低分辨率的图像进行背景建模与跟新,能够减少运算量,提高算法的实时性。

#### 2.2 基于分块的帧间差分

图像分块就是将图像按照横竖等分为  $M \times N$  个区域块,并对所有的区域块进行编码  $S_{ij}$ 。为每一个区域块存储对应区域块的背景图像,使用第一帧图像进行初始化。通过背景图像模型虽然不能精确地找出运动物体但是可以确定运动物体所在的区域块。

背景模型的像素点是原始图像像素点的  $1/4$  所以,所以并不是每一个像素点都具有单高斯背景模型。所以只对建立高斯背景模型的像素点进行检测,然后统计每一个区域中不属于背景的像素点,如果高于阈值  $T_d$ ,则认为该区域中存在运动物体,否则该区域中不存在运动物体。背景差分算法找出的运动物体所在区域如图 4 所示。

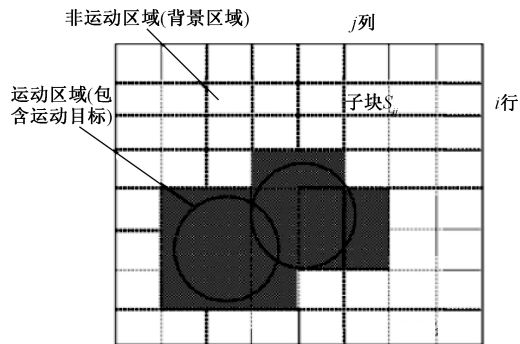


图 4 背景差分法找出的区域

将区域块组  $S$  包括  $S_{44}, S_{45}, S_{52}, S_{53}, S_{54}, S_{55}, S_{56}, S_{62}, S_{63}, S_{64}, S_{65}, S_{66}, S_{72}, S_{73}, S_{74}$  作为运动目标所在区域,其他区域块的背景图像进行更新。将区域块组  $S$  的对应区域块的当前图像与该区域块存储的对应背景图像进行帧间差分。由于区域块存储的背景图像不断跟新,这就使得背景图像与当前帧的真实背景相符合,从而能够获得完整的运动物体。

### 3 实验结果与分析

实验用到的视频是有车辆行驶的高速路,分辨率分别为  $320 \times 240$ 。实验环境是联想小新 700(主频为 2.6 GHz,内存 8 GB)运行环境为 visual studio2015 搭载 Opencv3.0.0 版本。实验中,每帧视频图像被划分为  $32 \times 24$  块,即每块大小 100 个像素。背景差分判断是否前景点所使用阈值  $T_d$  大小为 25。图 5 所示为视频的部分图像。

#### 3.1 实验结果

对图 5 所示视频采用本文算法和传统单高斯背景模型差分方法进行运动目标检测。构建背景模型时都是采用训练 200 帧视频的方式,背景图像如图 6 所示。

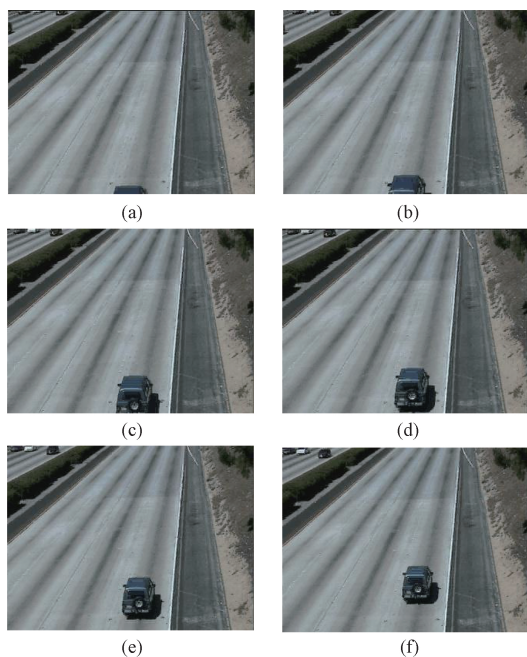


图 5 视频的部分图像

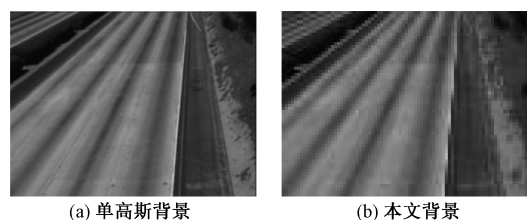


图 6 高斯背景模型对比

分别使用帧间差分、背景差分(单高斯背景模型)、以及本文方法对视频的部分图像图 5(f)进行运动物体的检测,检测结果为图 7 所示。



图 7 检测结果

### 3.2 结果分析

本文背景模型建立在低分辨率的图像序列的基础上,所以可以看出本文图像模糊不清。单高斯背景建模所需的时间为 17.733 4 s,而本文背景建立用时为 10.238 s,减少了近 1 倍。同时能够正确找出运动物体所在区域,通过该区域的帧间差分,获得清晰的运动物体,并减少了其他区域对运动检测的干扰。

## 4 结 论

本文通过对人的眼睛功能以及对运动物体检测识别过

程的分析,结合传统的帧间差分法和背景差分法的优点,提出了一种基于图像分块的运动检测算法。该算法在运动分块的基础上对视频图像进行压缩,使用较少的像素点建立视频的单高斯背景模型。通过单高斯背景初步确定运动物体所在的图像区域块,并使用这些区域块中存储的背景图像与对应区域块的当前图像进行帧间差分,以获得完整的运动目标。解决了帧间差分所存在的“空洞”问题,“空洞”问题产生的根本原因就是前一帧中运动物体的存在。本文通过对图像分块的方法将图像分为多个区域块图像,这就使得即使运动物体即使在图像中,那些不受运动物体影响的区域块可以进行背景图像的更新。从而保证每一区域块内都存有最近时间的背景图像用于进行帧间差分获得完整的运动物体。实验结果表明,本文方法具有较好的适应性或鲁棒性。同时本算法的运算量较小,具有较好的实时性。

### 参考文献

- [1] 丁忠校. 视频监控图像的运动目标检测方法综述[J]. 电视技术, 2008(5): 72-76.
- [2] 曹丹华, 邹伟, 吴裕斌. 基于背景图像差分的运动人体检测[J]. 光电工程, 2007(6): 107-111.
- [3] 胡建华, 杨帆, 徐健健. 基于分块差分与背景减除的运动检测[J]. 电子测量技术, 2007(10): 49-53.
- [4] 王茂森, 陈龙, 戴劲松. 基于帧差分改进的无人机运动检测研究[J]. 机械制造与自动化, 2016, 45(3): 165-168.
- [5] 刘鑫, 金恒宏. 四帧间差分与光流法结合的目标检测及追踪[J]. 光电工程, 2018, 45(8): 35-42.
- [6] FANG Y F, DU S Z, ABDOOLA R, et al. Motion based animal detection in aerial videos[J]. Procedia Computer Science, 2016(92): 13-17.
- [7] QIN H L, HAN J J, YAN X, et al. Infrared small moving target detection using sparse representation-based image decomposition[J]. Infrared Physics and Technology, 2016(76): 148-156.
- [8] CHEN Z, WANG X, SUN Z, et al. Motion saliency detection using a temporal Fourier transform[J]. Optics and Laser Technology, 2016(80): 1-15.
- [9] ZHOU D F, FRÉMONT V, QUOST B, et al. Moving object detection and segmentation in urban environments from a moving platform[J]. Image and Vision Computing, 2017(68): 76-87.
- [10] ZHANG Y G, ZHENG J, ZHANG C, et al. An effective motion object detection method using optical flow estimation under a moving camera[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2018(55): 215-228.
- [11] VIJAYAN M, RAMASUNDARAM M. Moving object detection using vector image model[J]. Optik, 2018(168):

- 963-973.
- [12] LI C L, BAO Z M, WANG X, et al. Moving object detection via robust background modeling with recurring patterns voting[J]. Multimedia Tools and Applications, 2018, 77(11): 13557-13570.
- [13] ZHANG Y Q, LI X, ZHANG Z F, et al. Deep learning driven blockwise moving object detection with binary scene modeling [J]. Neurocomputing, 2015 (168): 454-463.
- [14] HUANG W, LIU L, YUE C, et al. The moving target detection algorithm based on the improved visual background extraction [J]. Infrared Physics and Technology, 2015(71): 518-525.
- [15] ELHARROUSS O, MOUJAHID D, TAIRI H. Motion detection based on the combining of the background subtraction and the structure-texture decomposition[C]. Intelligent Systems and Computer Vision.
- [16] 王鹏飞, 杨余旺, 夏吉安. 基于图像背景建模的电火花检测[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(3): 154-159.
- [17] 王俊卜, 宋英磊, 张冰, 等. 背景模型选择的目标检测[J]. 现代电子技术, 2018, 41(13): 34-37.
- [18] 汪兆栋, 谢恩, 朱斌. 一种基于改进码本模型的背景分割算法[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(32): 148-153.
- [19] 杨建君, 陈临强. 基于可靠背景模型的运动目标检测算法[J]. 杭州电子科技大学学报, 2012, 32(6): 85-88.
- [20] 徐鸿伟, 陈钱, 钱惟贤. 基于改进的单高斯背景模型检测算法的研究[J]. 激光与光电子学进展, 2016, 53(4): 24-31.
- [21] 李晓瑜, 马大中, 付英杰. 基于三帧差分混合高斯背景模型运动目标检测[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2018, 36(4): 414-422.

### 作者简介

**张旭秀**(通信作者), 博士、教授, 主要研究方向为智能控制理论与应用, 模式识别与信号处理。

E-mail: zhangxuxiu@163.com

**李卫东**, 博士、教授, 主要研究方向为智能传感与测控技术、铁路信息与通信智能化技术、复杂系统分析与控制、智能控制等。

**吕慷**, 硕士, 主要研究方向为图像处理与模式识别。