

# 基于改进差分 and 光流的新型运动目标检测方法<sup>①</sup>

季 鸣, 王红茹, 童 伟

(江苏科技大学 机械工程学院, 镇江 212003)

**摘 要:** 针对运动目标检测中的空洞和虚假目标的问题, 提出一种改进差分和改进光流的运动目标检测方法. 该方法首先对连续的七帧图像依次进行预处理、差分、灰度变换和二值化处理, 并将前、后三帧二值图像分别累加得到的二值图像进行逻辑与运算, 得到中间帧中运动目标的粗略区域; 其次将中间帧与背景帧差分, 并对得到的图像进行边缘提取和二值化处理, 然后对其进行像素的算术运算, 得到中间帧中运动目标的精确区域; 在此基础上通过改进的光流法得到运动目标的准确信息; 最后通过阈值分割和形态学处理完成对目标的分割. 对比实验表明, 该方法能实现运动目标的准确快速检测与分割.

**关键词:** 运动目标检测; 七帧差分; 背景减除; 边缘提取; 光流场

## Novel Moving Target Detection Algorithm Based on Improved Difference between Frames and Optical Flow

Ji Ming, Wang Hong-Ru, Tong Wei

(School of Mechanical Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** To overcome cavities and false targets in moving target detection, a novel moving target detection algorithm based on difference between frames and optical flow is presented. Firstly, image preprocessing, difference, gray-scale transformation and binarization are carried out on seven successive images. And the first and the last three frames among the obtained binary images are summed respectively, then logic operation is done on the two accumulations to get rough area of the moving target in the intermediate frame. Then, difference is done between intermediate frame and background frame, and image edge extraction, binarization and arithmetic operations of pixels are operated on the processed frame to obtain accurate area of the moving target in the intermediate frame. Based on what is said, the moving target accurate information is obtained by the improved optical flow method. Finally, threshold segmentation and morphological processing is completed to extract the target. Comparative experiments indicate that the proposed method can detect and segment the moving target accurately and fastly.

**Key words:** moving target detection; seven frame difference; background subtraction; edge extraction; optical flow field

运动目标检测一直是视频序列分析的重点和难点. 运动目标的准确检测有助于目标特征提取、目标的分割与分类、跟踪等后续处理过程中的精确度. 该技术的发展和应用前景受到广大研究者的关注. 运动目标分割与检测, 从图像序列中获得目标的运动信息, 并将其从图像提取出来. 常用的运动目标检测方法主要有背景减除法<sup>[1-3]</sup>、帧差分法<sup>[4-6]</sup>、光流场法<sup>[6-9]</sup>等几种.

背景减除法是利用当前图像与预存的背景图像作差分, 再利用阈值来检测运动区域的一种动态目标分割技术. 该算法简单、易于实现, 适用于背景已知的情况, 但一旦实际背景发生变化就会影响检测效果. 光流场方法是利用相邻两帧中对对应像素的灰度保持原理来评估二维图像的变化. 该方法支持摄像机运动情况, 可以得到完整的二维图像运动信息, 能够较好的从背景

① 基金项目: 江苏科技大学人才项目(35020902)

收稿时间: 2015-02-05; 收到修改稿时间: 2015-04-15

中检测到相关前景目标,但是运算复杂,不易实现.帧差法就是利用视频序列中连续的两帧或几帧图像的差来进行目标检测和提取.该算法优点是运算量小,速度快,且对运动物体敏感<sup>[10]</sup>.但在相邻帧差分法的检测运动目标时,存在目标重叠不易检测出来,导致检测到的目标易出现“空洞”<sup>[11-12]</sup>和虚假目标的现象.

为解决常用帧间差分法易出现的“空洞”与虚假目标的现象,同时获取运动准确信息,本文提出一种基于改进差分和改进光流的新型运动目标检测方法.

## 1 完整的算法流程

算法主要由改进七帧差分法、改进背景减除法、后处理、运动目标分割等部分组成,如图 1 所示.首先对连续的七帧图像依次进行预处理、差分、灰度变换和二值化处理,并将前、后三帧二值图像分别累加得到的二值图像进行逻辑与运算,得到中间帧中运动目标的粗略区域;其次将中间帧与背景帧差分,并对得到的图像进行边缘提取和二值化处理,然后对其进行像素的算术运算,得到中间帧中运动目标的精确区域;在此基础上通过改进的光流法得到运动目标的信息;最后通过阈值分割和形态学处理完成对目标的分割.其中改进七帧差分法、改进背景减除法和改进光流法是算法的核心和关键.

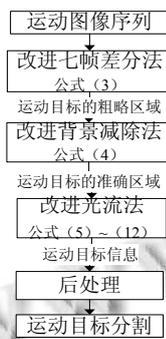


图 1 算法流程图

## 2 算法原理

### 2.1 预处理

首先从采集的视频中提取连续七帧彩色图像转化为灰度图像后进行中值滤波,最后通过直方图均衡化完成预处理.这样做可以提高处理效率,也可以降低图像中的噪声,同时使图像轮廓变得清晰,提高抗干扰能力.

### 2.2 最大类间方差法

最大类间方差法<sup>[13]</sup>(简称 OTUS)是一种自适应的阈值确定方法.它是按图像的灰度特性,将图像分成背景和背景两部分.背景和背景之间的类间方差越大,说明构成图像的两部分的差别越大,当部分目标差分为背景或部分背景差分为目标都会导致两部分差别变小.因此,使用类间方差最大的分割意味着错分概率最小.该方法计算简单,受图像变化影响较小.

### 2.3 改进差分算法

#### 2.3.1 帧间差分法基本原理

设  $f_k$  和  $f_{k-1}$  分别为时刻  $k$  和时刻  $k-1$  采集到得到两幅图像,据此可以得到差分图像为

$$D_x(x,y) = \begin{cases} 1 & (|f_k(x,y) - f_{k-1}(x,y)|) > T_1 \\ 0 & \text{(其他)} \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中,  $T_1$  为连续两幅图像帧间差分的阈值,差分图像中取值为 0 的像素对应两图像间没有发生运动的位置,差分图像中值为 1 的像素对应两图像间发生变化的位置,这样就检测到目标的运动.也可以利用连续三帧图像来提取运动目标,这时判断一个像素点是否属于运动物体的原则如下:

$$D_k(x,y) = \begin{cases} 1 & (|f_{k-1}(x,y) - f_{k-2}(x,y)| > T_2, |f_k(x,y) - f_{k-1}(x,y)| > T_2) \\ 0 & \text{(其他)} \end{cases} \quad (2)$$

在运动的检测过程中,该方法利用时间信息,通过比较图像中若干连续帧获得对应像素点的灰度差值,如果均值大于连续三幅图像帧间差分的阈值  $T_2$ ,则可以判断该位置存在运动的目标.

#### 2.3.2 改进七帧差分法原理

选取第 1 帧和第 2 帧,首先计算这两帧图像的绝对值差分图像,再通过一个灰度变换后进行二值化,得到一帧二值图像;同样的方法,第 2 帧和第 3 帧,第 3 帧和第 4 帧,各自分别计算得到一帧二值图像,这样一组二值图像通过算术加运算后进行二值化,得到一帧包含运动目标区域的二值图像.同样选取第 4 帧到第 7 帧重复上面的运算操作,也可以得到一帧包含运动目标区域的二值图像.将这两帧二值图像进行逻辑与运算,提取出第 4 帧中运动目标的区域.

选取的第一帧和第二帧图像根据公式(1)计算绝对值差分得到图像  $D_1(1,2)$ .

在灰度变换函数中,假设  $f(x,y)$  为输入图像,  $g(x,y)$  为输出图像,  $T$  是在点  $(x,y)$  的一个指定的对图像  $f$  进行处理的算子.其表达  $f(x,y)$  式如公式(3):

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (3)$$

文中算法中的灰度变换是根据公式3将图像  $D_1(1,2)$  中的灰度值映射为图像  $I_1(x, y)$  中的新值, 然后通过最大类间方差法得到合适的阈值完成图像二值化. 同样, 选取第二帧和第三帧图像, 用上述方法得到图像  $I_2(1,2)$ ; 依次类推, 第三帧到第七帧图像同样可以得到  $I_3(1,2)$   $I_4(1,2)$   $I_5(1,2)$   $I_6(1,2)$ . 令前三帧二值化图像和后三帧二值图像分别计算加运算得到  $I_{m3}$  和  $I_{n3}$ . 将得到的二值图像再按照上述的方法完成阈值选择和二值化同样得到两幅二值图像, 通过逻辑与运算提取出第四帧图像的运动区域.

#### 2.4 改进背景减除法

背景减除法基本思想是利用背景的参数模型来近似背景图像的像素值, 将当前帧与背景图像进行帧间差分比较实现对运动区域的检测, 其中区别较大的像素区域被认为是运动区域, 而区别较小的像素区域被认为是背景区域.

选取第四帧图像和背景帧进行差分得到图像  $I_{s1}$ , 然后进行边缘提取检测运动目标的边缘, 最后完成二值化处理, 通过改进的背景减除法提取出第四帧的运动区域.

本文的边缘检测算子选用 Soblet 算子<sup>[14]</sup>, 因为 Soblet 算子锐化的边缘信息较强, 运算复杂性低, 可以满足实时性要求. 其基本原理: 适当选取阈值  $M$ , 作如下判断: 若  $S(i, j) > M$ , 则  $(i, j)$  为边缘点. 其中  $S(i, j)$  为检测图像中像素值,  $\{(i, j)\}$  为边缘图像, 由于数据溢出的关系, 这种边缘图像通常不直接使用, 而使用的则是由边缘点与背景点构成的图像, 故它为二值图像. Soblet 算子通过定义可以利用两个方向模板与图像进行邻域卷积来完成算子的边缘检测. 这两个方向模板一个检验水平边缘, 一个检验垂直边缘. 对于一幅图像它的边缘图像为:

$$f(x, y) = |f_x(x, y) * W_1| + |f_y(x, y) * W_2| \quad (4)$$

其中, 水平模板  $W_1$  和垂直模板  $W_2$  分别为

$$W_1 = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad W_2 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 2.5 改进光流算法

##### 2.5.1 基于梯度光流场算法

该算法是根据运动前后图像灰度保持不变这个基本假设, 导出光流约束方程. 图像上点  $m = (x, y)$  在

时刻  $t$  的灰度值为  $I(x, y, t)$ , 经过  $dt$  时间后对应点的灰度为  $I(x + dx, y + dy, t + dt)$ , 当  $dt \rightarrow 0$  时可以认为两点的灰度不变. 在这种假设条件下得到的光流约束方程, 计算出来会包括  $u$  和  $v$  两个未知量, 显然由一个方程并不能唯一确定  $u$  和  $v$ , 产生了孔径问题<sup>[7]</sup>.

为了解决孔径问题, 必须寻找新的约束. 1981年 Horn & Schunck 提出了光流的平滑约束, 即: 图像上任一点光流并不是独立的, 光流在整个范围内平滑变化.

该平滑性约束项为极小化:

$$E_s = \iint (u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) dx dy \quad (5)$$

利用松弛迭代方程进行求解可得:

$$u^{(k+1)} = \bar{u}^{(k)} - I_x \frac{I_x \bar{u}^{(k)} + I_y \bar{v}^{(k)} + I_t}{\lambda^2 + I_x^2 + I_y^2} \quad (6)$$

$$v^{(k+1)} = \bar{v}^{(k)} - I_y \frac{I_x \bar{u}^{(k)} + I_y \bar{v}^{(k)} + I_t}{\lambda^2 + I_x^2 + I_y^2} \quad (7)$$

其中,  $u = dx/dt$  和  $v = dy/dt$  分别代表  $x$ ,  $y$  方向上的光流;  $I_x = \partial I / \partial x$ ,  $I_y = \partial I / \partial y$ ,  $I_t = \partial I / \partial t$  分别代表图像灰度相当于  $x$ 、 $y$  和  $t$  的偏导;  $k$  是循环数;  $\bar{u}^{(0)}$  和  $\bar{v}^{(0)}$  是光流的初始估计值, 可以取为0;  $\bar{u}$  和  $\bar{v}$  是局部平均;  $\lambda$  为权重系数, 由导数求取的精确度确定.

##### 2.5.2 改进光流算法的原理

Horn & Schunck 光流算法在某些点处的光流并不是很合理, 尤其在图像中运动目标的轮廓处, 运动处于一种模糊的状态, 不能确定, 因此在轮廓处的光流也是不确定的. 本文基于该点对光流基本算法进行改进, 即只在灰度梯度大于某个阈值的点才进行 Horn & Schunck 光流算法, 其它点采用迭代平滑得到.

对于一般场景, 基本等式只有在图像中灰度值较大的点处才近乎成立. 因此, 为了增强算法的稳定性和精确性, 本文仅在梯度值较大的点处才使用基本等式提供的约束, 而在梯度值较小的点只使用光滑性的约束. 即定义权函数:

$$w(x, y) = \begin{cases} 1, & I_x^2 + I_y^2 > T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

Horn附加约束条件的思想是要求光流本身尽

可能平滑, 即引入了对光流的平滑性约束使平滑约束项. 即极小化  $E_s$  尽可能的小. 另一方面, 由基本等式, 当然要求极小化  $E_c$ :

$$E_c = \iint [I_x u + I_y v + I_t]^2 dx dy \quad (9)$$

尽量小, 于是将光流场的计算归结为如下的变分问题的解:

$$\iint [\lambda^2 (u_x^2 + u_y^2 + v_x^2 + v_y^2) + w(x,y)(I_x u + I_y v + I_t)^2] dx dy = \min \quad (10)$$

其中,  $\lambda$  是一参数, 它决定了上述两种误差之间的相对权重.

相应地, 计算光流场的迭代公式改为:

$$u^{(k+1)} = u^{(k)} - I_x \frac{I_x u^{(k)} + I_y v^{(k)} + I_t}{\lambda^2 + I_x^2 + I_y^2} \bullet w \quad (11)$$

$$v^{(k+1)} = v^{(k)} - I_y \frac{I_x u^{(k)} + I_y v^{(k)} + I_t}{\lambda^2 + I_x^2 + I_y^2} \bullet w \quad (12)$$

### 2.6 目标区域分割

通过改进差分法得到的第四帧的运动区域和改进背景减除法得到的第四帧的运动区域作逻辑或运算, 可以确定第四帧的运动区域; 通过改进的光流场计算得到图像中运动目标的运动信息. 为了连接邻近的物体, 填平细长的鸿沟和狭窄的间断, 填补小的空洞, 使用形态学中的闭运算<sup>[14]</sup>进行后处理. 闭运算(先膨胀后腐蚀): 使用结构元素  $s$  对图像  $f$  进行闭运算, 记作  $f * s$ . 见公式(5):

$$f \bullet s = (f \oplus s) \ominus s \quad (13)$$

式(13)中使用结构元素  $s$  对图像  $f$  进行形态学膨胀, 将小间隙填充, 然后使用结构元素  $s$  对图像进行形态学腐蚀, 去除孤立的小区域. 闭运算消除图像噪声的同时也有平滑图像的作用.

### 3 实验结果与分析

为了验证本文算法的可行性, 在配置为 Intel 酷睿双核 i5-4590 3GHz 内存为 8G 的计算机上使用 MATLAB 软件开发工具, 通过大恒图像公司 MER-125-30UC-L 相机拍摄的视频进行测试, 图像大小为 640×480, 视频频率为 30 帧/秒, 分别使用帧间差分法和本文所提出的方法在室内和室外环境下进行分别对比实验.



图2 室内图像



图3 室外图像



图4 帧间差分法检测结果

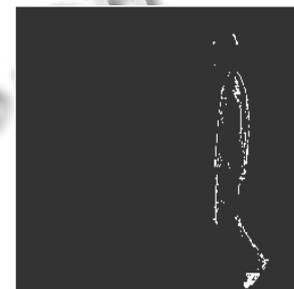


图5 本文算法检测结果



图6 帧间差分法检测结



图7 本文算法检测结果

由图 4~7 可以看出, 本文提出的方法不仅检测到的人体图像较为完整, 而且背景图像被误检为目标点的几率也较小.

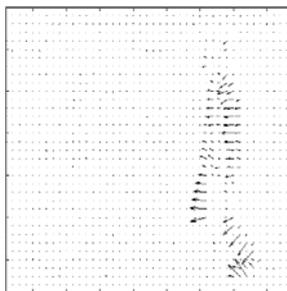


图8 HS光流法检测结果

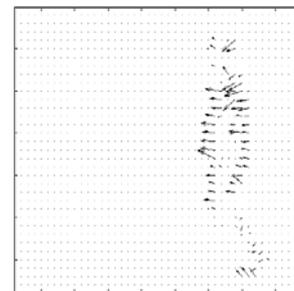


图9 本文改进光流法检测结果

由图 8~11 可以看出, 本文提出的方法不仅可以准确获取运动目标的信息, 而且还可以减少非运动目标的干扰信息.

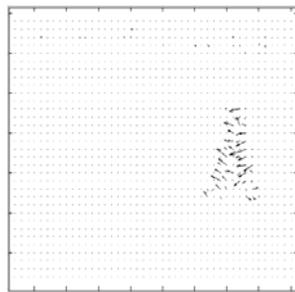
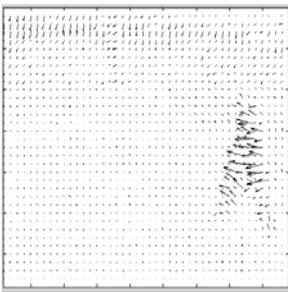


图 10 HS 光流法检测结果 图 11 本文改进光流法检测结果

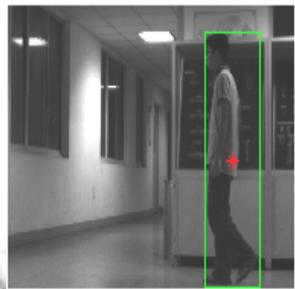


图 12 帧间差分法分割结果 图 13 本文算法分割结果



图 14 帧间差分法分割结果 图 15 本文算法分割结果

由图 12~15 可以看出, 利用本文提出的方法分割出的运动目标更为准确。

为了定量评价两种算法的优劣性, 分别计算了两种算法的耗时, 其结果如表 1 所示。

表 1 两种算法结果耗时定量比较

	室内视频(s)	室外视频(s)
帧间差分法	1.07173	1.012
本文改进算法	0.68	0.59

通过耗时和检测分割结果可以看出, 本算法耗时短、稳定性高、鲁棒性强, 能够比较稳定检测出图像序列中的运动目标, 同时获取运动目标的准确信息。

#### 4 结语

本文提出了一种改进的新型运动目标检测方法。

该方法能适应室内、外的复杂环境, 同时能较好的消除运动目标检测时出现的“空洞”现象, 能实现对运动目标的准确检测和分割, 且具有实时性好、能准确获取运动目标信息的特点。

#### 参考文献

- 徐晶, 方明, 杨华民. 计算机视觉中运动检测与跟踪. 北京: 国防工业出版社, 2012.
- Cheng L, Gong ML, Schuurmans D, et al. Real-time discriminative background subtraction. *IEEE Trans. on Image Processing*, 2011, 20(5): 1401–1414.
- 杜向龙, 伍健荣, 邢涛. 一种改进的基于背景抽取的运动目标检测算法. *计算机测量与控制*, 2011, 19(11): 2665–2667.
- Alvar M, Sanchez A, Arranz A. Fast background subtraction using static and dynamic gates. *Artificial Intelligence Review*, 2014, 41(1): 113–128.
- Bhargava M. On shadow elimination after moving region segmentation based on different threshold selection strategies. *Optics and Lasers in Engineering*, 2007, 45(11): 1088–1093.
- 嵇存美, 陈伟. 一种嵌入式环境下的实时人脸跟踪方法. *计算机应用与软件*, 2011, 28(4): 143–145.
- 施家栋, 王建中, 王红茹. 基于光流的人体运动实时检测方法. *北京理工大学学报*, 2008, 28(9): 794–797.
- Stojanovic I, Kard WC. Imaging of moving target Multi-static SAR using an over complete dictionary. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 2010, 4(1): 164–176.
- Meng Y, Bajic IV, Saeedi PS. Moving region segmentation from compressed video using global motion estimation and Markov random fields. *IEEE Trans. on Multimedia*, 2011, 13(3): 421–431.
- Nguyen TD, Lee G. Tensor voting based outlier removal for global motion estimation. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 2013, 9(1): 179–190.
- 张小建, 徐慧. 基于视频处理的运动车辆检测算法的研究. *液晶与显示*, 2012, 1(27): 108–113.
- 刘翔. 基于视频的运动目标检测与跟踪算法研究与应用 [学位论文]. 武汉: 武汉科技大学, 2009.
- 陈凤东, 洪炳镛. 基于动态阈值背景减除算法的目标检测方法. *哈尔滨工业大学学报*, 2005, 37(3): 883–884.
- 张铮, 徐超, 任淑霞. 数字图像处理与机器视觉. 北京: 人民邮电出版社, 2014.