

# 基于帧间差分 and 边缘差分的遗留物检测算法<sup>①</sup>

胡平, 周文洪

(金华职业技术学院 信息工程学院, 金华 321007)

**摘要:** 遗留物检测是智能视频监控系统的核心功能, 遗留物一般较小, 所处环境复杂, 传统的运动目标检测算法直接用于遗留物检测效果一般. 提出了一种基于帧间差分与边缘差分的遗留物检测算法, 首先进行帧间差分得到运动目标区域, 然后将当前帧图像和前一帧的背景图像进行边缘差分运算得到运动目标的边缘, 融合二次差分的结果即可得到运动目标的完整轮廓特征, 最终通过判断运动目标在场景中的滞留时间是否达到或超过报警系统设置的阈值来标示遗留物, 供智能视频监控系统处理. 实验结果证明该算法实时性好且识别率较高.

**关键词:** 遗留物检测; 帧间差分; 边缘差分; 智能视频监控

## Abandoned Objects Detection Algorithm Based on Frame Difference and Edge Difference

HU Ping, ZHOU Wen-Hong

(Information and Engineering College, Jinhua Polytechnic, Jinhua 321007, China)

**Abstract:** Abandoned objects detection is the core function of the intelligent video surveillance system. Abandoned objects are generally small and in the complex environment, the traditional moving target detection algorithms usually cannot well detect abandoned objects directly. This paper proposes an abandoned objects detection algorithm based on frame difference and edge difference. Firstly, the algorithm gets the moving target area by frame difference calculation. Then, it gets the edge of the moving target by edge difference calculation between the current frame image and the previous frame background image. It merges this two difference calculation result to get the complete moving target edge features. Finally, if the residence time of this moving target in the scene meets or exceeds the threshold set by the alarm system, this paper marks this target as an abandoned object and the intelligent video surveillance system will process this result. The experiment results show that the proposed algorithms has high realtime performance and recognition rate.

**Key words:** abandoned objects detection; frame difference; edge difference; intelligent video surveillance

近年来, 随着人们对公共安全、生产安全和家居安全要求的日益提高, 计算机智能视频监控技术<sup>[1]</sup>慢慢取代传统的模拟监控, 智能视频监控系统可以进行目标识别和运动分析等, 遗留物检测<sup>[2,3]</sup>也是此类系统中重要的功能模块.

遗留物是指被运动主体携带从运动到静止, 然后与运动主体分离, 静止超过一定时间并且没有所属主体的物体. 在机场、车站或体育场馆等人流量大的地方; 在银行、国家机要单位、大型企业和军事区域等

敏感区域, 对遗留物的检测是上述地点视频监控时的主要工作. 因此, 对遗留物检测算法或相关技术的研究是国内外的热点课题.

遗留物一般较小, 所处外部环境复杂, 这导致很多传统的运动目标检测算法直接应用于遗留物检测都很难得到较好效果. 背景差分<sup>[4][5]</sup>、帧间差分<sup>[6,7]</sup>和光流法<sup>[8]</sup>是运动目标检测的最常用方法, 但背景差分对噪声非常敏感, 帧间差分直接应用很难得到完整的运动目标, 而光流法需要专门的硬件支持, 否则实时性很差.

<sup>①</sup> 收稿时间:2014-06-26;收到修改稿时间:2014-09-03

在充分研究现有方法的基础上, 本文提出一种基于帧间差分与边缘差分的遗留物检测算法, 主要为了得到运动目标轮廓, 以便进一步通过该目标在场景中的滞留时间判断其是否为遗留物. 仿真实验证明了算法的有效性和实时性. 算法的核心是帧间差分 and 基于图像边缘提取结果的边缘差分, 下文详细给出.

## 1 本文使用的帧间差分 and 边缘差分算法

### 1.1 帧间差分

帧间差分是比较常用的运动目标检测法, 利用相邻帧图像之间存在的差异性来检测出运动目标. 一般情况下, 含有运动目标的图像序列中除运动区域外, 其它部分并无明显变化, 可以看做是静态的背景. 而在目标运动过程中, 各帧图像中运动目标部分的区域则会存在较大的差异, 因此, 想要检测出运动目标, 可以利用当前帧与其相邻帧图像进行相减运算, 并通过设定适合的阈值, 将帧间存在差异的运动目标像素点的部分检测出来, 从而得到运动目标的位置、轮廓等特征信息.

帧间差分算法的数学表达式如下:

$$D_k(x, y) = f_k(x, y) - f_{k-1}(x, y) \quad (1)$$

其中,  $D_k(x, y)$  为两帧之差,  $f_k(x, y)$  为第  $k$  帧图像,  $f_{k-1}(x, y)$  为第  $k-1$  帧图像.

将得到的差值图像  $D_k(x, y)$  用下面的公式进行二值化以获取运动目标的特征信息.

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 1 & D_k(x, y) > T \\ 0 & D_k(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $T$  为阈值.

帧间差分非常适合在静态背景下进行运动目标检测, 算法实时性较好, 对运动目标很敏感, 受环境光线变化的影响小, 检测结果稳定. 因此本文选取了帧间差分算法进行遗留物检测.

### 1.2 边缘差分

边缘差分其本质就是帧间差分, 区别在于边缘差分并不直接对相邻的两帧图像做差, 而是先使用边缘算子对相邻帧图像进行边缘提取, 得到其边缘图像后再做差值运算, 其定义可表示如下:

$$ED_k(x, y) = f_k(x, y) \otimes H_e - f_{k-1}(x, y) \otimes H_e \quad (3)$$

上式中的  $ED_k(x, y)$  为边缘差分结果,  $H_e$  为某

种边缘算子.

对于边缘差分而言, 边缘提取的结果直接决定了  $ED_k(x, y)$  的质量, 进而影响运动目标特征的提取. 边缘提取的好坏其关键则在与边缘算子的选择, 下面详细给出.

### 1.3 边缘提取

图像的边缘是指其周围像素灰度有着阶跃变化或者屋顶变化的那些像素的集合. 边缘是存在于目标与背景之间、目标与目标之间、基元与基元之间的. 因此, 它是图像分割的一个非常重要的特征. 它对图像识别和分析十分有用, 边缘能够勾画出目标物体轮廓. 在遗留物检测中, 直接使用背景差分提取目标往往会由于噪声干扰提取到虚假目标, 进而产生系统错误报警. 如果将前景图像和背景图像都进行边缘提取后再进行差分则可一定程度的减少干扰, 提高系统正确报警率. 图像边缘的提取一般分为基于空间的和基于频率域的两大类.

空间域能进行边缘提取是因为在图像边缘处往往有灰度值的急剧变化, 通过提取灰度值急剧变化的这些点也就能提取出图像的边缘. 边缘提取使用不同的算子, 即在各个方向上取值不同则可得到不同的边缘特征. 常用的算子有 Roberts 算子、Soble 算子和 Prewitt 算子等基于一阶微分的算子, 也有拉普拉斯算子等二阶微分算子. 二阶微分算子对边缘的灰度变化更敏感, 但也更容易受到噪声干扰. Sobel 算子基于方向, 加强了图像中心像素上下左右四个方向像素的权重, 从不同的方向进行边缘检测, 最终运算得到边缘图像. Sobel 算子结合了微分和高斯平滑, 对噪声有一定的鲁棒性, 能提供较为精确的边缘方向信息, 比较适合灰度渐变或噪声较多的图像的边缘提取.

在 Sobel 算子中, 邻域的像素对当前像素产生的影响是不等价的, 所以不同距离的像素权重不同, 最终对算子结果产生不同的影响. 它的数学表达式如下:

$$f(x, y) = |f(x, y) * H_x| + |f(x, y) * H_y| \quad (4)$$

其中的  $H_x$  和  $H_y$  模板如下:

$$H_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

本文将常用边缘算子进行了对比实验: 与 Roberts

算子和 Prewitt 算子相比, Sobel 算子边缘提取效果更好; 与 LOG 算子和 Canny 算子相比, Sobel 算子的运算复杂度小, 且易于硬件实现, 实时性好. 因此, 本文选取 Sobel 算子作为边缘算子.

## 2 基于帧间差分与边缘差分的遗留物检测

帧间差分算法对于环境的变化有很好的适应性, 但不能很完整的提取出运动目标的所有特征, 而边缘差分则可弥补这一缺点. 由于遗留物目标往往较小, 所处环境情况多样, 所以本文提出将帧间差分和边缘差分进行结合进行遗留物检测.

### 2.1 本文算法的基本流程

本文提出一种基于帧间差分与边缘差分的遗留物检测算法, 算法的核心步骤如下:

**Step1:** 算法将当前帧和前一帧图像预处理后进行帧间差分, 得到的差值图像一方面进行背景提取, 一方面二值化后进行形态学滤波以获取运动目标的运动区域;

**Step2:** 利用 Sobel 算子对当前帧图像和第一步获得的背景图像进行边缘提取, 将得到的两个边缘图像进行边缘差分, 得到运动目标的粗略边缘.

**Step3:** 将 Step1 得到的运动区域与 Step2 得到的运动目标边缘融合即可得到运动目标的轮廓特征, 再经过形态学处理、区域填充和目标标示等后期处理后最终获取清晰有效的运动目标特征.

**Step4:** 通过判断运动目标在场景中的滞留时间是

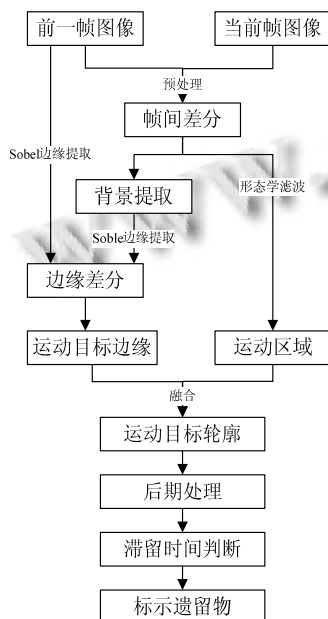


图 1 本文遗留物检测算法流程图

否达到或超过报警系统设置的阈值来标示出遗留物, 供智能视频监控系统处理.

算法流程图如图 1 所示.

### 2.2 算法的具体实现

同很多图像算法一样, 为了获得更好的结果, 本文对获取的相邻两帧图像进行了预处理, 先进行了滤波降噪, 然后使用直方图增强法, 对图像序列的细节进行增强. 预处理后的图像边缘信息保留更好.

设  $f_k(x, y)$  为获取的第  $k$  帧图像,  $f_{k-1}(x, y)$  为其前一帧,  $D_k(x, y)$  为这两帧图像之差. 下面给出本文算法中重要步骤的具体实现:

1) 帧间差分得到背景图像和运动区域

将  $f_k(x, y)$  和  $f_{k-1}(x, y)$  预处理后代入公式(1)进行帧间差分, 得到差值图像  $D_k(x, y)$  后按下面的步骤提取其背景图像:

① 令  $f_{k-1}(x, y)$  作为原始背景;

② 选取阈值  $T$ , 该阈值根据背景变化情况和噪声进行选择, 一般取 27, 设迭代次数  $m = 1$ , 最大迭代次数为常数  $Max$ ;

③ 用下面公式更新背景图像  $B_k(x, y)$

$$B_k(x, y) = \begin{cases} B_{k-1}(x, y) & D_k(x, y) > T \\ \alpha f_k(x, y) + (1 - \alpha) f_{k-1}(x, y) & D_k(x, y) \leq T \end{cases} \quad (6)$$

上式中的  $\alpha$  为调节更新速度的参数;

④ 迭代次数  $m = m + 1$ , 返回执行③, 达到最大迭代次数  $Max$  后结束迭代, 此时的  $B_k(x, y)$  即为要提取的背景图像.

上面的背景提取思路是对差值图像  $D_k(x, y)$  进行灰度判断, 当某一像素点的灰度大于设定的阈值  $T$  时, 背景图像对应位置的像素保持不变, 否则就利用当前帧  $f_k(x, y)$  进行替换更新<sup>[9]</sup>. 用本文给出的算法提取到的背景图像边缘信息保留很好, 有利于下面的边缘检测.

在提取  $D_k(x, y)$  背景图像的同时, 将  $D_k(x, y)$  二值化后进行形态学滤波以获取运动目标的运动区域  $A$ .

2) 边缘差分得到运动目标边缘

为了获得较好的运动目标轮廓, 按照本文第 1 节给出的边缘提取和帧间差分算法, 对当前帧图像和上一步帧间差分得到的背景图像都进行边缘提取. 在选取边缘算子的时候, 按 1.3 小节所述, 采用 Sobel 算子进行边缘提取, 即设  $H_e$  为 Sobel 算子, 将公式(4)代

入公式(3), 则边缘差分的结果可表示为:

$$ED_k(x, y) = f_k(x, y) \otimes (|f_k(x, y) * H_x| + |f_k(x, y) * H_y|) - f_{k-1}(x, y) \otimes (|f_{k-1}(x, y) * H_x| + |f_{k-1}(x, y) * H_y|) \quad (7)$$

$ED_k(x, y)$  可粗略的表示运动目标的边缘特征.

3) 特征融合得到完整有效的运动目标特征

将上文(1)所得的运动目标运动区域  $A$  与(2)所得的表达运动目标边缘特征的边缘差分结果  $ED_k(x, y)$  用下面的公式进行融合, 即可得到完整有效的运动目标特征  $M$  :

$$M = ED_k(x, y) \cap A \quad (8)$$

4) 遗留物判断

遗留物检测的场景主要有三种情况, 即无遗留物、有遗留物和遗留物与持续运动目标同时存在, 它们的判断方法主要通过运动目标在场景中的滞留时间是否达到或超过报警系统设置的阈值. 设当前报警系统捕捉的场景中共有  $N$  个运动目标, 可用  $i$  表示其中任意一个, 而  $t_i$  表示这第  $i$  个运动目标在场景中的滞留时间,  $T$  为报警系统时间阈值, 则遗留物检测场景可用下表 1 表示.

表 1 遗留物判断

场景分类	滞留时间
无遗留物	$t_i < T$
有遗留物	$t_i \geq T$
遗留物和运动目标同时存在	$t_i \geq T, t_j < T$ (其中 $t_j$ 表示第 $j$ 个运动目标)

其中  $T$  值一般是自适应阈值<sup>[10]</sup>, 其选取方法很多, 如根据差分图像中运动目标区域的像素数区间等, 本文就不再赘述. 从上表中可以发现第三种情况即遗留物与运动目标同时存在时是最复杂的, 因此本文仿真实验主要在此类场景中进行.

3 实验与结果分析

实验的硬件平台采用 Intel 的 2.0Ghz 双核 CPU, 1GB 内存, 软件平台使用 VC++. 实验采用自行采集的视频, 为了便于比较实验结果, 将视频统一按 AVSS2007 视频库中的标准进行了处理, 视频的帧速率为 25FPS, 分辨率为 720x576 像素.

实验 1 号视频为简单场景, 内容为一人进入场景后放置手提包后离开, 具体如图 2 所示.



图 2 简单场景

通过预处理后提取的背景如图 3 所示.



图 3 图像背景

利用上面的背景图像, 通过帧间差分 and 边缘差分得到遗留物的二值图像, 为了提高效率, 对此二值图像进行形态学处理, 其结果如图 4.



图 4 遗留物二值图像

实验最终的识别结果如图 5, 其中被判断为遗留物的用红色框出.

实验 2 号视频为较复杂场景, 内容为一人进入场景后放置手提包离开, 随后有另一人进入场景中走动. 为了进行对比, 又采用 AVSS2007 视频库中 AB Easy 视频片段进行了实验, 具体如表 2 所示.

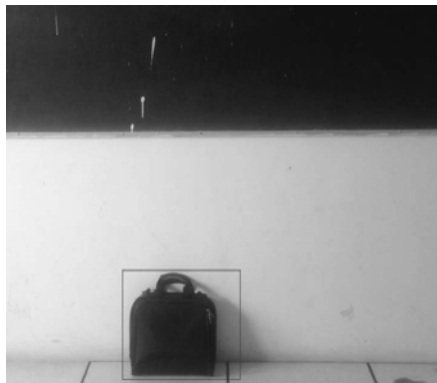


图 5 遗留物识别并红框报警

表 2 自采 2 号视频与 AVSS2007 对比实验

来源	自采视频	AVSS2007
背景		
目标物分类		
遗留物警告		

本文算法共在 25 段自采视频上进行了实验, 视频的平均长度约为 30 秒, 即一共实验自采视频 19860 帧. 算法也在 AVSS2007 视频数据库上进行了验证, 共实验视频 3390 帧. 以上视频场景中既有遗留物又有运动目标的共 23 段, 对遗留物检测的平均正确率为 92.3%, 算法平均延时为 998ms, 完全满足实时性要求.

## 4 结论

本文给出了一种基于帧间差分与边缘差分的遗留物检测算法, 该方法通过融合帧间差分获得的运动区域和边缘差分获得的运动轮廓, 得到了较为完整有效的运动目标特征, 算法鲁棒性好, 较之以往算法更能适应复杂场景中的遗留物检测. 算法经过自采视频和公开视频数据库的验证, 实时性好, 遗留物识别正确率高. 文中的方法也可用于多运动目标识别中.

## 参考文献

- 李鹏飞, 陈朝武, 李晓峰. 智能视频算法评估综述. 计算机辅助设计与图形学学报, 2010, 22(2): 352-360.
- Tian YL, Feris R, Hampapur A. Real-time detection of abandoned and removed objects in complex environments. The Eighth International Workshop on Visual Surveillance. 2008. 457-465.
- Beynon M, Hook D, Seibert M, Peacock A, Dudgeon D. Detecting abandoned pack-ages in a multi-camera video surveillance system. IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance. 2003. 354-366.
- Mohamed SS, Tahir NM, Adnan R. Background modeling and background subtraction performance for object detection. 6th International Colloquium on Signal Processing and its Applications. Shah Alam, Malaysia. 2010. 236-241.
- Piccardi M. Background subtraction techniques: A review. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. The Hague, IEEE. 2004. 3099-3104.
- 许敬, 张合, 张祥金. 基于帧间差分和光流法的红外图像运动检测. 计算机仿真, 2012, 29(6): 248-252.
- Weng MY, Huang GC, Da XY. A new interframe difference algorithm for moving target detection. 3rd International Congress on Image and Signal Processing. Xi'an, China. 2010. 285-289.
- Senst T, Evangelio RH, Sikora T. Detecting people carrying objects based on an optical flow motion model. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. Berlin, Germany, 2011. 301-306.
- 陈国玉. 序列图像中运动目标检测算法研究[学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- 姜柯, 李艾华, 苏延召. 结合边缘纹理和抽样推断的自适应阴影检测算法. 西安交通大学学报, 2013, 47(2): y1-y7.