

文章编号: 1007-2780(2012)05-0682-05

静态背景下的运动目标检测算法

吴君钦, 刘 昊, 罗 勇

(江西理工大学 信息工程学院, 江西 赣州 341000, E-mail: wujunqin@tom.com)

摘 要: 运动目标检测是计算机视觉研究的重要组成部分。为了改进传统运动目标检测算法存在空洞、阴影和虚假边缘现象, 提出一种静态背景下基于五帧差分与背景边缘差分相结合的运动目标检测算法。该算法首先利用优化的 Canny 边缘检测算法快速简单地构建稳定的背景边缘模型, 同时利用背景边缘检测差确定运动目标边缘; 之后与五帧差分法检测的结果相累加; 最后通过同化填充和后期相关处理提取完整、准确的运动目标区域。实验结果表明, 该算法准确率高, 连通性好, 能满足实时性检测的要求。

关 键 词: 帧间差分; 边缘检测; 背景边缘检测差; 运动目标检测

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A DOI: 10.3788/YJYXS20122705.0682

Algorithm of Moving Object Detection in Static Background

WU Jun-qin, LIU Hao, LUO Yong

(Faculty of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology,
Ganzhou 341000, China, E-mail: wujunqin@tom.com)

Abstract: Moving object detection is an important part of computer vision research. In order to eliminate the phenomenon of inanition, shadow and false edge, an novel algorithm of moving object detection based on five-frame-differencing and background edge-characteristic difference in the static background, is presented in this paper. Firstly, a background model is based on improved algorithm of Canny edge detection, the edge of motion object is gained by the background edge-characteristic difference, and then, it is combined with five-frame differencing to detect the motion object. Finally the complete and accurate object is extracted with morphologic filtering and connectivity detecting. The result shows the present algorithm runs quickly and veraciously and fits for real time detection.

Key words: frame difference; edge detection; background edge characteristic difference; moving object detection

1 引 言

近年来, 智能视频监控的运动目标检测是一个研究的热点, 在各大领域都有着广泛的应用前景。静态背景下常用的运动目标检测算法有^[1]: 帧间差分法、背景差分法和光流法。光流法因其

计算复杂度高, 且需要特殊硬件支持, 不利于实时实现; 背景差分法, 算法简单, 易于实现, 但通常运算速度慢, 易受光线变化的影响, 对目标阴影的去除效果差; 帧间差分法是目标检测常用的方法, 通过相邻帧图像的相减, 根据差分结果来检测目标, 算法虽然简单, 容易实现, 但检测出的目标轮廓存

收稿日期: 2012-02-28; 修订日期: 2012-04-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 11062002); 江西省自然科学基金(No. 2008GZS0030)

作者简介: 吴君钦(1966—), 男, 江西赣州人, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统应用, 智能控制。

在空洞现象以及在光线变化的场景中会产生虚假边缘。

通常情况下,图像的边缘信息不易受光线变化和噪声的影响,因此本文采用五帧差分与背景边缘检测差相结合的方法对运动目标进行检测,其计算简单,可以有效提高目标检测的鲁棒性,同时能满足实时性需求。

2 基于五帧差分与背景边缘检测差相结合的运动目标检测算法

2.1 算法的基本思想和流程

算法以图像边缘检测算法为基础,首先利用优化的 Canny 边缘检测算子快速简单地构建稳定背景边缘模型以及背景更新方法,同时利用背景边缘差分法,通过将当前帧边缘检测结果与建立的背景边缘进行差分运算得到背景边缘检测差结果(D_{edge});之后将其与五帧差分检测结果(D_{diff})相或,得到较为完整运动目标轮廓(D_{con});最后进行后期相关处理,提取准确、完整的运动目标区域。算法的整体流程如图1所示。

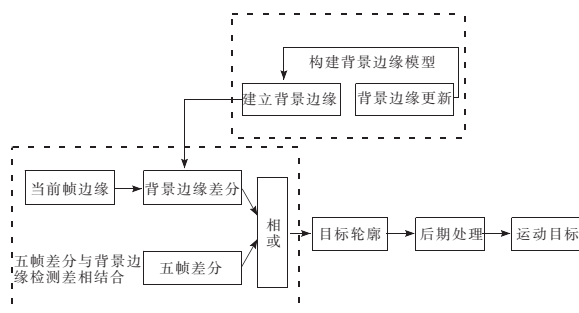


图1 算法流程图

Fig. 1 Algorithm flow chart

两种算法相结合可以用式(1)表示:

$$D_{\text{con}} = D_{\text{edge}} \oplus D_{\text{diff}} \quad (1)$$

2.2 五帧差分法的基本原理

经过三帧差分法检测后运动目标轮廓存在较大的空洞和目标重叠现象^[2-4],五帧差分法是在三帧差分法的基础上加以改进的,可以在一定程度上有效地克服三帧差分法的不足^[5],其计算方法如下:

设视频图像序列中连续五帧图像分别为: $f_{k-2}(i, j)$ 、 $f_{k-1}(i, j)$ 、 $f_k(i, j)$ 、 $f_{k+1}(i, j)$ 和 $f_{k+2}(i, j)$,其中 $f_k(i, j)$ 为中间帧,利用中间帧分别和前两帧和后两帧做差分运算,得到的差分

结果分别为:

$$D_{13}(i, j) = |f_k(i, j) - f_{k-2}(i, j)| \quad (2)$$

$$D_{23}(i, j) = |f_k(i, j) - f_{k-1}(i, j)| \quad (3)$$

$$D_{34}(i, j) = |f_k(i, j) - f_{k+1}(i, j)| \quad (4)$$

$$D_{35}(i, j) = |f_k(i, j) - f_{k+2}(i, j)| \quad (5)$$

之后再将4个差分结果中的 $D_{13}(i, j)$ 和 $D_{35}(i, j)$ 、 $D_{23}(i, j)$ 和 $D_{34}(i, j)$ 分别进行“与”运算,即:

$$D_1(i, j) = (D_{13}(i, j)) \times (D_{35}(i, j)) \quad (6)$$

$$D_2(i, j) = (D_{23}(i, j)) \times (D_{34}(i, j)) \quad (7)$$

最后对 $D_1(i, j)$ 和 $D_2(i, j)$ 进行下文所述的动态阈值法进行二值化处理,将处理结果进行“或”运算得到目标轮廓 $D_{\text{diff}}(i, j)$ 。

$$D_{\text{diff}} = D_1(i, j) \oplus D_2(i, j) \quad (8)$$

2.3 Canny 算子边缘检测的优化

2.3.1 Canny 算子边缘检测的缺陷

Canny 算子是对信噪比与图像定位精度之乘积的最优化逼近算子^[6]。Canny 算子边缘检测的性能主要由3个参数共同确定:在平滑过程中的高斯滤波参数 σ 以及跟踪过程中的高低阈值 T_h 和 T_l 。传统的 Canny 算法对整幅图像进行分割使用的是预先设定高低阈值,不具有自适应性,而实际的图像常常会受到传输、光照等因素的影响,使得图像的边缘信息发生变化,一组固定的阈值无法顾及图像中的局部特征信息,一方面不能有效抑制噪声,另一方面会丢失灰度值变化缓慢的局部边缘,导致边缘会有大量的间断存在,对分割效果造成很大影响。

2.3.2 Otsu 算法自适应取阈值

最大类间差分法(Otsu)是一种阈值自动确定的方法^[7]。它是根据图像灰度特性,用阈值把图像分为两类,通过寻找类间方差的最大值来确定最佳阈值。将最佳阈值作为 Canny 算子的高阈值 T_h ,能有效地平衡去噪能力和保留图像边缘细节信息二者之间的矛盾,可以获得高质量的边缘图像。Otsu 算法具有自适应性强,分割效果好,计算量小等优点。

假定把图像中的像素按灰度值用阈值 T 分为目标和背景两类,图像的像素总数为 N ,图像中目标的像素数为 N_1 ,背景的像素数为 N_2 ;目标和背景的像素数占图像像素总数的几率分别为 P_1 和 P_2 ,其中 $P_1 = N_1/N$, $P_2 = N_2/N$, $P_1 + P_2 = 1$;灰度均值分别为 u_1 和 u_2 ,可得整幅图像的均值

为 $u_T = P_1 \times U_1 + P_2 \times U_2$, 最大类间方差为:

$$\sigma^2 = p_1 \times (u_1 - u_T)^2 + p_2 \times (u_2 - u_T)^2 \quad (9)$$

之后用遍历法求出使 σ^2 最大的阈值 T , 即为最佳阈值。将该阈值作为 Canny 算子的高阈值 T_h , 再利用公式(10)求出低阈值 T_l :

$$T_l = 0.5 T_h \quad (10)$$

Canny 边缘检测使用 Ostu 算法, 可以在检测时根据图像特点自适应地选择合理的阈值, 这样检测到假边缘少并且图像边缘连续性强。

另外, 在进行五帧差分法和背景边缘检测差分过程中, 为了不受光线变化的影响, 在 Ostu 算法计算出最佳阈值 T 的基础上, 增加一个动态阈值 ΔT , 它的定义如下:

$$\Delta T = \frac{\lambda}{M \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |f(i, j) - b(i, j)| \quad (11)$$

则不同光线变化下的动态阈值为:

$$TH = T + \Delta T \quad (12)$$

其中, 式(11)中的 λ 为抑制系数, 它可以根据实际应用的需要设置为某个数值, 其参考值取 2; $f(i, j)$ 为前景图像, $b(i, j)$ 为背景图像; $M \times N$ 表示所处理图像的尺寸大小; ΔT 反映了外界环境的整体变化情况, 如果图像的光线变化较小, 则 ΔT 是一个很小的值, 一般在假定被检区域内的像素足够多的前提下将趋近于 0; 如果图像光线变化剧烈, 则 ΔT 将明显增大, 可以有效地抑制光线变化给整个检测带来的影响。

2.4 背景边缘差分与更新

在上一节中利用优化的 Canny 边缘检测算子对视频图序列像进行自适应地边缘检测, 使得每帧图像中边缘都接近于真实边缘。假定在没有运动目标的空场景经过 T 帧的学习后, 每帧图像内的边缘点总数用 $f_b(i, j, t)$ 表示, 则 T 时刻后建立的稳定背景边缘图像 $B(i, j)$, 可以表示为式(13):

$$B(i, j) = \frac{\sum_{t=0}^T f_b(i, j, t)}{T} \quad (13)$$

设 $F(i, j)$ 表示为前景图像内的边缘点, 将前景图像与背景图像作差分运算, 得到差分结果 $D(i, j)$ 进行二值化处理, 其中二值化的阈值采用前文所述的动态阈值 TH , 计算公式如下:

$$D_{\text{edge}}(i, j) = |F(i, j) - B(i, j)| \quad (14)$$

$$M(i, j) = \begin{cases} 1 & D_{\text{edge}}(i, j) \geq TH \\ 0 & D_{\text{edge}}(i, j) < TH \end{cases} \quad (15)$$

当 $M(i, j) = 0$ 时, 背景边缘图像保持不变; 当 $M(i, j) = 1$ 时, 对 $D(i, j)$ 进行提取, 即为运动目标的轮廓边缘, 同时对背景边缘图像 $B(i, j)$ 更新。

在实际应用中, 通常情况下不需要每一时刻都要对背景进行更新, 只有在一定的周期内当检测到背景边缘图像与实际情况有明显的差异时才进行更新操作, 如果每一时刻都进行此操作就占用系统大量的内存, 从而影响系统的整体运行时间, 满足不了实时性的要求。对此本文的更新方法如下: 先构造实时背景边缘图像 $B_{\text{update}}(i, j)$,

$$B_{\text{update}} = \begin{cases} B(i, j) & M(i, j) = 1 \\ F(i, j) & M(i, j) = 0 \end{cases} \quad (16)$$

然后根据式子(17)更新当前实时背景边缘图像:

$$F(i, j) = \beta B_{\text{update}}(i, j) + (1 - \beta) B(i, j) \quad (17)$$

其中, β 为背景更新权重值, $\beta \in (0, 1)$, 它的值会影响到背景生成的质量, 过大会使背景学习的速度加快, 导致运动目标融入背景后出现目标残余等, 过小会使背景建立的时间太长, 实验中设定的 $\beta = 0.002$, 可以更新生成高质量的背景。

2.5 后期处理

为了提取完整的运动目标区域, 首先需对运动目标轮廓内部的空洞采用水平方向和垂直方向相结合的双向模板进行同化填充^[8], 之后对目标进行形态学处理和连通性检测进一步消除孤立的小点和填补边缘间的小间断。

3 实验结果及分析

3.1 实验结果

本文实验平台为 2.2 GHz 处理器, 2 GB 内存, 512 MB 显存的计算机, 用 VC++ 编程实现算法。为了验证改进算法的有效性, 本文将实验结果与三帧差分算法、五帧差分算法和传统的高斯混合模型(GMM)背景差分算法进行对比分析, 实验处理的测试序列为一段光照变化 AVI 视频文件。检测结果如图 2 所示。

由检测结果可以看出: 图 2(a) 为原始图像序列, 三帧差分法图 2(b) 和五帧差分法图 2(c) 都可以检测出运动目标, 五帧差分法可以明显地消除三帧差分所带来目标重叠现象, 但是目标轮廓都不连续; GMM 背景差分法图 2(d) 虽然能检测出

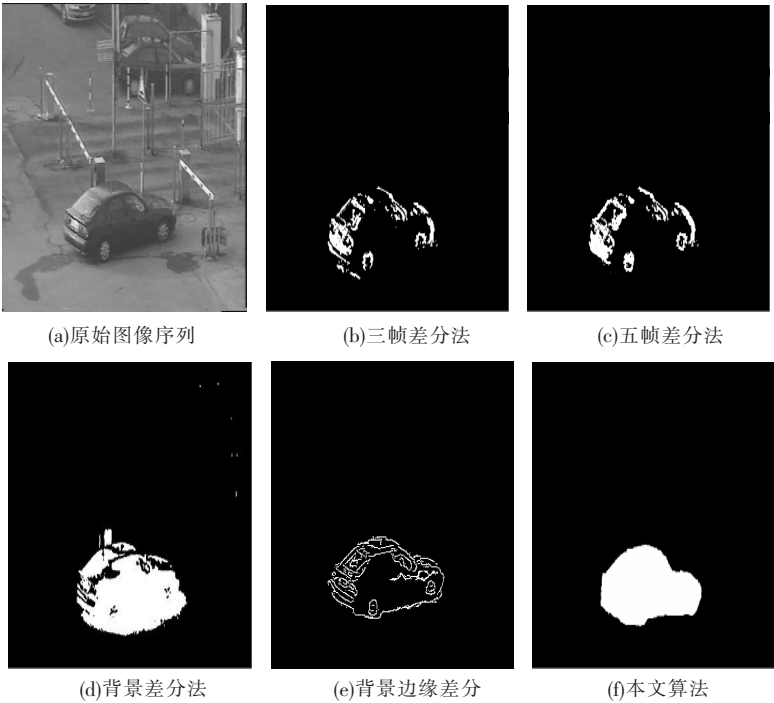


图 2 实验检测结果

Fig. 2 Result of algorithm testing

比较完整目标轮廓,但是由于目标在光照变化下行驶,所产生的阴影部分也被一起检测出来,从而影响检测效果;本文算法很好地解决了两者的不足,检测结果图 2(f)完整、准确,并且目标轮廓边缘图 2(e)清晰、连续。

3.2 结果分析

利用检出率 DR 、误检率 FAR 和连通率对上述 4 种算法的检测效率、准确度和边缘连续性进行对比^[9-10],计算方法如下:

$$DR = \frac{TP}{TP + FN}, FAR = \frac{FP}{TP + FP} \quad (18)$$

其中, TP 表示正确检出的运动目标数目; FN 表示未检出的运动目标数目; FP 表示错误检出的非运动目标数目,算法处理每帧的时间单位是 $T(f/s)$ 。

由表 1 的对比结果可知,4 种算法的检出率非常接近,都可以达到 90% 以上,检出的目标正确性较高,但是误检率变化较大,由于光照变化, GMM 背景差分法误检率最高,本文算法在误检率方面有很大改进;在目标边缘连续性方面,三帧差分法和五帧差分法检测边缘效果连续性差,背景差分法检测边缘效果不准确,而本文算法由于引入了优化的 Canny 算子,检测到的边缘连通性

最好;在运行时间方面,由于 GMM 背景差分法建模和更新耗时长,因此实时性不理想,而本文算法采用的是自适应的边缘检测和快速的背景模型更新,所以每帧处理时间介于帧间差分法和 GMM 背景差分法之间,能满足实时性的要求。

表 1 4 种检测算法性能比较

Table 1 Performance comparison of four detection algorithm

算法类型	检出率/ %	误检率/ %	连通率/ %	每帧 耗时/s
三帧差分	93.23	15.43	57.29	0.012 56
五帧差分	94.57	10.25	62.45	0.016 42
背景差分	91.16	41.09	92.46	0.088 37
本文算法	96.86	4.57	98.68	0.041 03

4 结 论

在静态背景下提出了一种基于五帧差分与背景边缘检测差相结合的运动目标检测算法。该方法能有效地克服帧间差分法和背景差分法的不足,消除空洞、阴影和边缘断裂现象,准确地检测到目标边缘信息,完整地提出目标轮廓,相对于传

统的检测算法具有更好的检测效果,并且算法简单,能实时实现。下一步的工作是继续优化算法,

参 考 文 献:

- [1] Lipton A J, Fujiyoshi H, Patil R S. Moving target classification and tracking from real-time video [C]//*Proc. IEEE Workshop on Applications of Computer*, Princeton, NJ:IEEE, 1998:8-14.
- [2] 莫林,廖鹏,刘勋.一种基于背景减除与三帧差分的运动检测算法[J].*微型计算机信息*,2009,25(4):274-276.
- [3] 刘翔,周桢.基于分块背景建模的运动目标检测技术[J].*液晶与显示*,2011,26(6):831-835.
- [4] 张小建,徐慧.基于视频处理的运动车辆检测算法的研究[J].*液晶与显示*,2012,1(27):108-113.
- [5] 杜晶晶.智能视频监控中运动目标检测与跟踪算法研究[D].成都:西南交通大学,2009.
- [6] Canny J. A computational approach to edge detection [J]. *IEEE Transactions on PAMI*, 1986,8(6):669-698.
- [7] 陈凤东,洪炳镭.基于动态阈值背景差分算法的目标检测方法[J].*哈尔滨工业大学学报*,2005,32(7):883-884.
- [8] 倪崇嘉,刘文奇,张爱英.基于数学形态学的视频图像序列中的运动目标检测[J].*计算机工程与科学*,2006,28(6):69-71.
- [9] 刘伟静.视频序列目标检测与跟踪技术的研究[D].保定:河北大学,2009.
- [10] 陈远.复杂场景中视觉运动目标检测与跟踪[D].武汉:华中科技大学,2008.

国际单位制(SI)

在科技期刊和科技论文中,要求物理量和单位使用国际单位制(SI)和法定计量单位。国际单位制的构成是:

$$\text{国际单位制(SI)} \left\{ \begin{array}{l} \text{SI 基本单位} \\ \text{SI 单位} \left\{ \begin{array}{l} \text{SI 导出单位} \left\{ \begin{array}{l} \text{包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位} \\ \text{组合形式 SI 导出单位} \end{array} \right. \\ \text{SI 单位的倍数单位} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

公差表示法

1. 参量与其公差单位相同时,单位可以只写1次。例如:“12.5 mm±0.2 mm”可写为“(12.5±0.2)mm”,但不得写作“12.5±0.2 mm”。公差用百分数表示时,例如:“λ=550 nm±2 %”这种表示是错误的,应为“λ=550×(1±0.02)nm”。

2. 参量的上、下公差虽不相等但单位相同时,公差分别写在参量的右上、右下角,且单位只写一次,例如:10 $^{+0.1}_{-0.2}$ g;当参量与公差单位不相同时要分别写出,例:30 cm $^{+5}_{-3}$ mm。

3. 参量上、下公差的有效数字应全部写出。例如:18 $^{+0.200}_{-0.255}$ mg。

4. 参量的上或下公差为“0”时,“0”前面的符号应省略。例如:273 $^{+1}_0$ K。

5. 表示2个绝对值相等、公差相同的量值范围时,范围号不能省略。例如:(-7.0±0.5)~(7.0±0.5)℃。

6. 表示带百分数公差的中心值时,百分号只需写1次,且“%”前的中心值与公差应用括号括起来。例如:(65±0.5)%。