

文章编号:1004-4213(2010)03-0565-6

序列图像中运动目标的自动提取方法

王阿妮, 马彩文, 马冬梅

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710119)

摘要:针对目标检测与跟踪领域中的运动目标自动提取问题,提出了一种新的运动目标自动提取方法.利用已有的图像帧滤波后初始化背景,并在运动目标检测过程中,利用检测结果,不断地自动更新背景.使用背景差法检测运动区域,并对差分图像进行动态阈值分割,以及边缘链接,使其边缘处于基本连续状态.在得到的二值图上,提取轮廓,并根据目标大小选择面积阈值,剔除由于噪音或者背景提取不干净造成的虚假轮廓,将得到的轮廓掩模图像与原图像做逻辑与运算,提取出目标.实验结果表明,该方法可以有效地提取出刚体或非刚体运动目标.

关键词:背景更新;边缘链接;轮廓提取;目标提取

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103903.0565

0 引言

运动目标检测与跟踪是计算机视觉领域的一个关键问题,它在智能监控、人机交互、交通流量监测等领域具有重要意义.在各种领域中,要对跟踪内容进行有效地识别与分析,其中,运动目标自动提取是一个重要的内容,其提取质量的好坏直接关系到分析和识别结果的准确与否^[1].传统的运动目标提取方法主要有两类,一类以空间同性为准则,考虑到背景运动具有相同的运动矢量,对图像进行运动估计,合并相似的运动区域以得到最终的提取结果.这类方法提取结果比较准确,但是计算量大,在实时性要求较高的场合,难以达到要求.另一类以时间变化检测为准则,利用帧间差分以区别运动变化区域与静止背景区域,从而得到提取结果.这类方法计算量小,但是提取结果不如前者,尤其是在运动速度较慢时.

本文针对室内和室外两种真实场景,提出了一种基于自适应背景模型的运动目标提取方法,该方法首先初始化背景模型,并不断在线更新背景,利用背景减法得到差值图,并进行二值化,区域链接,轮廓提取等步骤,实现运动目标自动提取.

1 初始化背景模型

较为简单的背景模型初始化方法是从已有的图像序列中选取一帧完全没有运动目标的图像作为初始化背景,然而这在实际情况中很难满足.另一种方法是取一段时间内图像序列的平均值,这种算法存在计算量大,以及对存在大面积运动目标的图像,提取背景难等缺点.本文提出一种初始化背景模型的新方法.由于原始图像中噪音的存在,若不在处理开始时加以抑制,就会加大目标提取的难度,所以,每帧图像在进行处理前,首先应进行滤波,滤波的方法选取很重要,这里选用高斯平滑滤波器,去除图像中尖锐变化的部分,以及一些不相干的细节^[1-2].从已知的图像序列中,选取第一帧图像 I_0 作为参考图像,再在后续的图像序列中选取两帧图像 I_1 和 I_2 ,为了初始化背景模型,应保证这三帧图像中运动区域无重叠,这可以通过调整 I_0 、 I_1 和 I_2 之间的帧间距来满足要求^[3]. I 是这三帧图像的平均图像,如式(1).

$$I[i, j] = (I_0[i, j] + I_1[i, j] + I_2[i, j]) / 3 \quad (1)$$

B_0 为初始化背景图像,考虑到前景所在区域与 I 相差较大,所以 B_0 每一点像素的值取 I_0 、 I_1 和 I_2 中与 I 相差较小的两帧图像该点像素的均值,如式(2).

$$B_0[i, j] = \begin{cases} (I_0[i, j] + I_1[i, j]) / 2 & \text{if } I_2[i, j] - I[i, j] > I_1[i, j] - I[i, j] \\ & \text{and } I_2[i, j] - I[i, j] > I_0[i, j] - I[i, j] \\ (I_0[i, j] + I_2[i, j]) / 2 & \text{if } I_1[i, j] - I[i, j] > I_2[i, j] - I[i, j] \\ & \text{and } I_1[i, j] - I[i, j] > I_0[i, j] - I[i, j] \\ (I_1[i, j] + I_2[i, j]) / 2 & \text{if } I_0[i, j] - I[i, j] > I_1[i, j] - I[i, j] \\ & \text{and } I_0[i, j] - I[i, j] > I_2[i, j] - I[i, j] \end{cases} \quad (2)$$

式中 $-1 < i < M$, $-1 < j < N$, (M , N 分别为图像的宽和高),以后 i 和 j 定义及范围相同.

2 运动目标提取及背景更新

运动目标检测的方法主要有帧差法、背景差法、光流法、以及自信息熵法. 光流法的优点是能够检测独立运动的对象, 不需要预先知道场景的任何信息, 但是比较复杂, 运算量较大, 运算时间较长, 实时性和应用性也较差. 帧差法适用于动态变化的环境, 但是当运动目标速度较慢时, 不能够完整地分割运动对象, 不利于进一步的对象分析和识别. 自信息熵法在实际应用中存在目标范围扩散、背景边缘纹理干扰严重、熵值大小受背景亮度制约等诸多问题. 背景差法相对比较容易, 容易实时实现, 也是目前应用最成功, 最广泛的目标检测算法, 在算法速度和效果两个方面综合性能最好^[4-6]. 本文提出了一种基于背景差法来实现运动目标检测的方法. 该方法利用已有的图像帧, 首先初始化背景图像, 然后在后续的目标检测中, 不断更新背景, 背景更新的方法将在后面详细介绍. 该方法不受运动目标速度的限制, 而且对背景变化不敏感, 能够有效地检测目标.

2.1 背景差分及其二值化

对当前帧进行高斯平滑处理, 并将它与更新的背景相减, 得到差分图像 $\text{sub}[i, j]$.

$$\text{sub}[i, j] = \begin{cases} |f_k[i, j] - B_k[i, j]| \\ \text{if } |f_k[i, j] - B_k[i, j]| > T \\ 0 \quad \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

式中 $f_k[i, j]$ 和 $B_k[i, j]$ 分别为第 k 帧图像和第 k 次更新后的背景, T 为阈值, $T = \lambda \times \frac{1}{M \times N} \sum |f_k[i, j] - B_k[i, j]|$, 其中 $\frac{1}{M \times N} \sum |f_k[i, j] - B_k[i, j]|$ 反映了整体环境的变化, 尤其是光照变化, 如果图像光照变化较小, 这一项的值将趋近于零, 如果光照变化比较明显, 这一项将显著增大. λ 为抑制系数, 可根据实际应用的需求设置为某个值, 参考值取 2. 通过这一步的阈值处理, 可以减少在差分过程中由于光线变化而造成的虚假目标.

接下来需对差分图像进行二值化, 提取运动区域的边缘. 物体的边缘是以图像局部特性的不连续性的形式出现的, 是图像上灰度变化比较剧烈的地方, 为避免由于背景的起伏, 全局阈值分割时造成太多虚假边缘, 在工程中采用窗口结构的自适应阈值来检测目标^[7-8]. 首先将图像分成 $n \times n$ 的小块, 再在每一个小块上进行固定阈值分割. 其中, 每一小块上的阈值是通过对块中的像素进行高斯加权得到的高斯函数如式(4).

$$h(r) = -e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

式中 $r^2 = i^2 + j^2$, i, j 定义如上, σ 是标准差. 它具有旋转对称性、单值性、并且其傅里叶变换是单瓣的. 旋转对称性决定了它在各个方向上的平滑程度是相同的, 意味着在后续的边缘检测中不会偏向任一方. 单值性决定了它在加权时, 加权值随着距块中心距离 r 的增大而减小, 这一点很重要, 因为边缘属于图像的局部特征, 如果对离中心很远的像素也赋以较大权值, 则权值就会失效. 其傅里叶变换的单瓣性决定了用它来进行加权, 受噪音和细纹理的影响小.

二值化后的图像, 记为 $\text{seg}[i, j]$, i, j 定义及范围同上. 包含运动目标的边缘信息, 然而由于噪音等的影响, 致使提取的边缘不连续, 需要进行边缘链接. 考虑到后面要进行轮廓提取, 在轮廓提取时, 若边缘不连续, 就会将同一个目标的边缘拆分为不同的轮廓, 所以, 本文在进行边缘链接时, 首先利用高斯平滑滤波, 以及形态学处理, 去除小的噪音, 然后再进行边缘链接, 链接的方法为: 对图像中的任一像素点 $\text{seg}[i, j]$, 以它所在的行为中心, 将它的 $k \times m$ 邻域(考虑到边缘像素宽度较小, 一般取 $k > m$), 分成上下两部分(不包括它所在的行), 记为 $\frac{k-1}{2} \times m$ 上邻域和 $\frac{k-1}{2} \times m$ 下邻域, 若在它的上、下两邻域分别存在一点, 属于目标边缘, 则记它也为目标边缘. 这样就可以得到基本连续运动目标边缘.

2.2 运动目标提取

在 2.1 中得到的二值图中, 虽然得到了基本连续的目标边缘, 但还存在一部分未消除的噪音, 同时, 由于边缘链接, 使得目标边缘不平滑, 占像素较多. 为了提取运动目标, 这样的边缘会使得提取不够精确, 而且会提取出噪音区域, 所以, 本文首先在二值图像中进行轮廓提取, 然后将提取出的轮廓内用 1 填充, 得到一幅掩模图像, 其轮廓内为 1, 外面为 0, 最后将这幅图像与原图进行逻辑与操作, 就能提取出目标. 考虑到场景中的运动目标都是实物(如人, 车等), 只要提取出最外层轮廓就可以完整地得到目标, 因而, 在轮廓提取时, 本文只提取最外层轮廓. 如图 1^[9], 只提取 w_1, w_2, w_3 的最外层轮廓, 不提取 w_1, w_3 的内层轮廓(黑洞的边界), 同时, 也不提取 w_5 和 w_6 , 因为它们都在 w_3 最外层轮廓内. 具体实现由 OpenCV(Open Source Computer Vision)库中的 cvFindContours 来实现, 该函数从二值图像中提取轮廓, 并返回提取轮廓的数目^[10]. 为了抑制虚假轮廓, 在得到的轮廓中, 设定面积阈值 T_s . 除去轮廓外接矩形面积小于 T_s 的所有轮廓, 再进行形态学处理(如腐蚀、膨胀), 以及高斯平滑滤波, 便可以得到运动区域的轮廓.

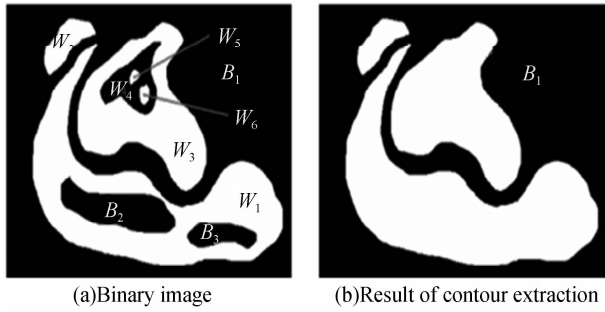


图 1 轮廓提取示例
Fig. 1 Example of contour extraction

2.3 背景更新

在室内,由于光线、背景物的移入或移开等变化,需要对背景进行更新;在室外,由于日照,刮风,以及小昆虫(如蜻蜓、蝴蝶)等的闯入或离开,更需要对背景进行更新.本文进行背景更新的方法如下:在前一帧图像检测的基础上,得到其每一个运动区域轮廓的外界矩形,并将矩形内用 0 填充,矩形外用 1 填充,得到一幅掩模图像 $mask[i, j]$,背景更新算法如式(5).

$$B_{k+1}[i, j] = (1 - \alpha) \times B_k[i, j] + \alpha \times f_k[i, j] \quad (5)$$

if $mask[i, j] \neq 0$

当 $mask[i, j]$ 不为零时,实施背景更新,即在不包含运动目标区域实施更新,在包含运动目标区域不更新,更新速率取决于 α 值,如 2.1 节所述, $\frac{1}{M \times N} \sum |f_k[i, j] - B_k[i, j]|$ 反映了整体的环境变化,如果整体环境变化较大,更新速率要大些, α 就应大些;如果整体环境变化不大, α 就应小些,如式(6).

$$\alpha = \frac{\frac{1}{M \times N} \sum |f_k[i, j] - B_k[i, j]|}{255} \quad (6)$$

3 实验结果

实验所用图片使用北京嘉恒中自图像技术有限公司的 AM1131 黑白相机拍摄,帧频为 100 帧/秒,图像大小为 616×458 . 整个算法是在 PC 机上,使用 VC++6.0 环境,分别对室内和室外两种环境中拍摄的序列图像中的刚体和非刚体运动目标实现了提取.

图 2 是对室内行走的人的提取结果,其中图(a)是初始化背景,图(b)和图(c)分别是前一帧图像和当前帧图像,图(d)是利用前一帧图像检测结果得到

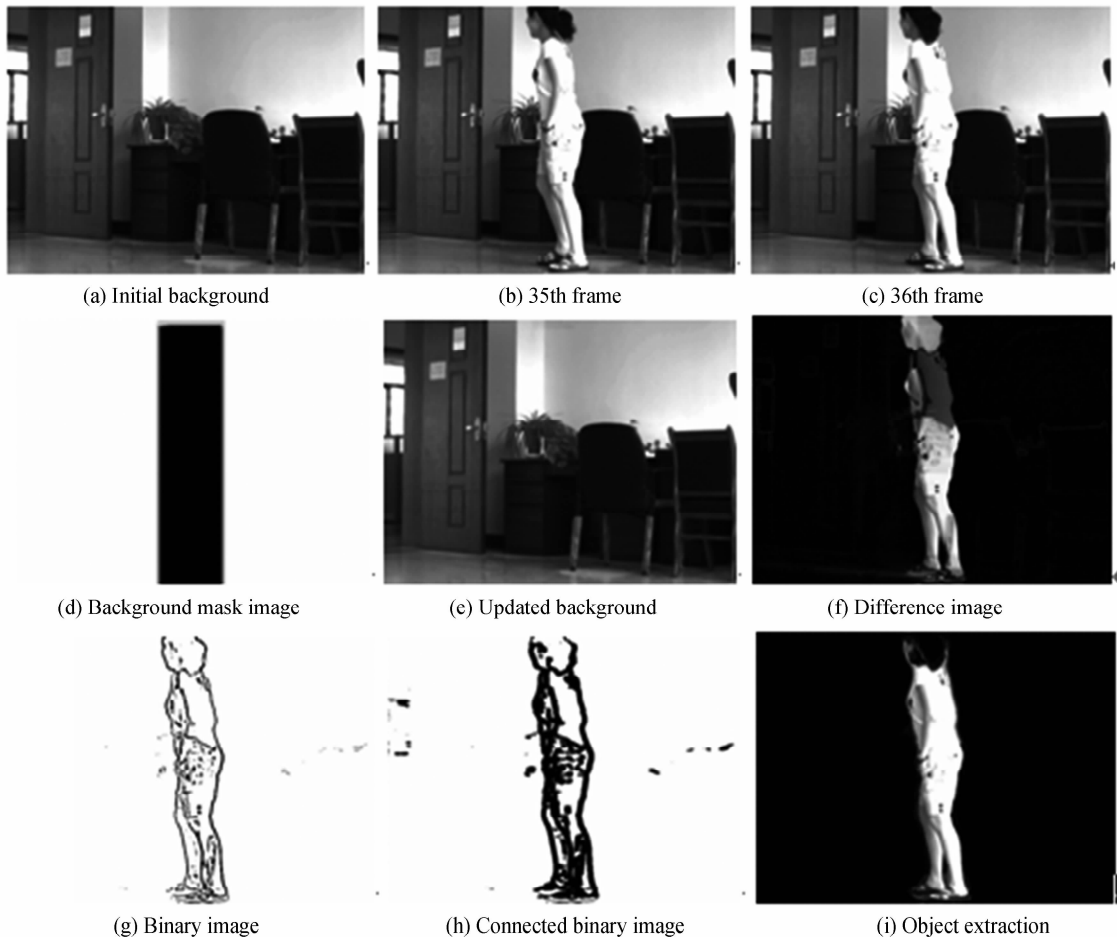


图 2 运动目标自动提取实例 1
Fig. 2 Example 1 of moving object auto-extraction

的背景更新掩模图像,该图像为 1 处实施背景更新,否则,不更新背景. 图(e)是更新后背景,图(f)是差分图像,图(g)是差分图像二值化后的结果,自适应阈值窗口大小为 9×9 ,图(h)是边缘链接后的二值图像,图(i)是运动目标提取结果. 从图 2 可以看出,人能被有效地提取了出来. 但是也存在一些缺陷,人的头部没被很好地提取出来,这是因为人的头顶处

于图像边界,在二值化时检测的头部边缘不连续(如图(f)),在边缘链接时,又牺牲了边界的几个像素.

图 3 是对室外的一辆小车的提取结果,每幅图的定义如图 2,自适应阈值窗口大小为 19×19 . 室外环境很不稳定,日照变化,刮风,而且旁边还有马路,不断的有车辆和行人穿过. 可以看出,用本文的方法可以有效地提取出小车.

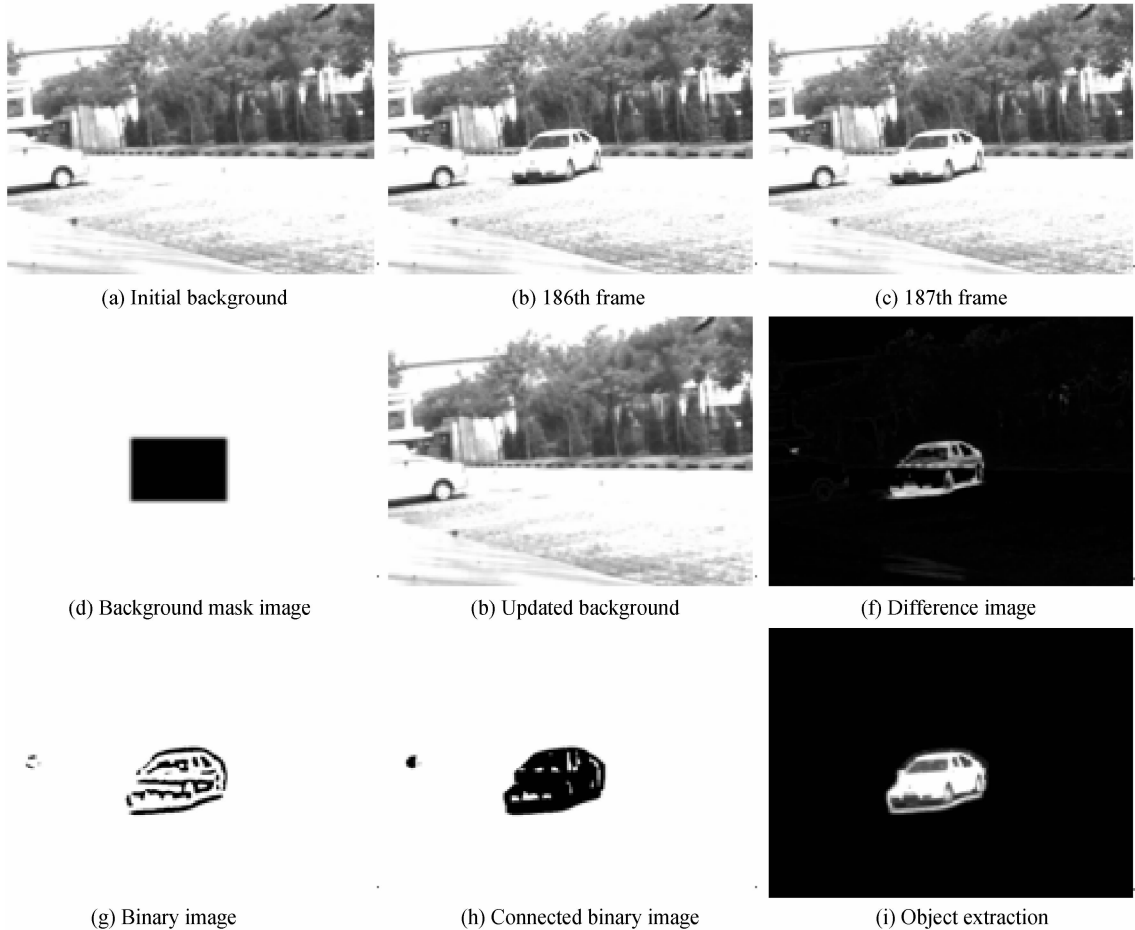
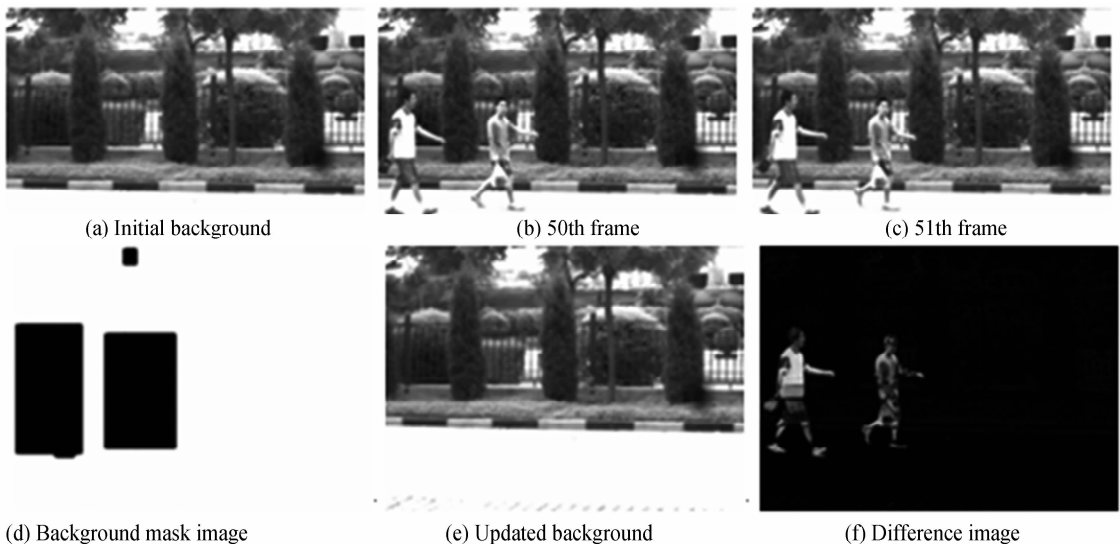


图 3 运动目标自动提取实例 2
Fig. 3 Example 2 of moving object auto-extraction

图 4 是对室外另一组图像序列中运动区域的提取结果,图的定义同图 2,自适应阈值窗口大小为 7×7 .



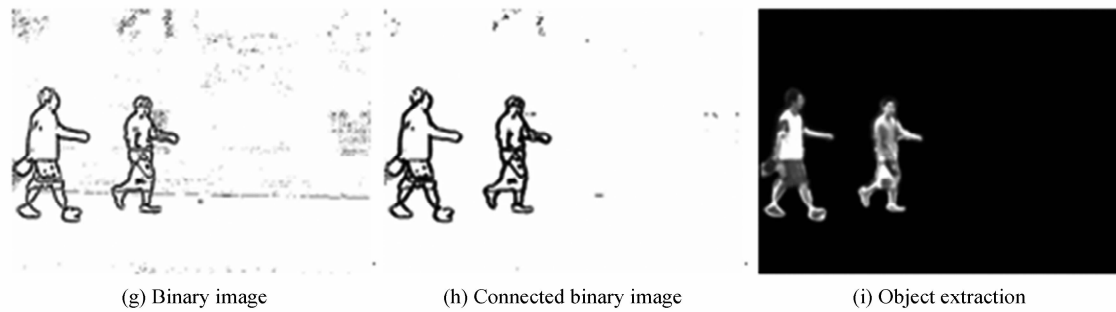


图 4 运动目标自动提取实例 3

Fig. 4 Example 3 of moving object auto-extraction

可见,对两个行人都实现了很好的提取,但是还有一些缺陷,左边行人脚下的阴影未能剔除掉,在一些对提取结果要求较高的场合,应进行阴影抑制。

总之,用本文所提出的方法对室外和室内两种环境下的一个或多个运动目标都能较好地提取出其轮廓,和运动估计法相比,具有提取速度快,结果比较准确等特点;和帧间差分法相比,克服了它在目标区域重叠时提取不准确的缺点,并且差分后只有一

个目标区域,便于提取。

4 算法流程

本文提出的算法先对原图像进行一定的预处理,接着和更新后的背景进行差分运算、二值化、轮廓提取、链接等操作,最后得到提取结果。具体流程如图 5,其中, F_k 代表第 K 帧图像, Z^{-1} 代表延迟一帧,即第 F_{k-1} 帧的检测结果。

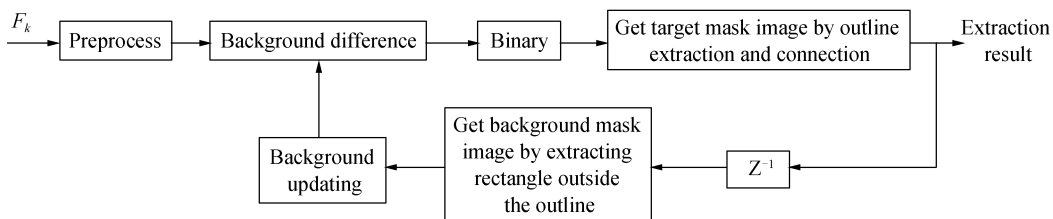


图 5 算法流程图

Fig. 5 Algorithmic flow chart

5 结论

本文提出的目标提取算法,通过背景初始化及其自动更新,背景减除,二值化,边缘链接,轮廓提取,以及形态学处理、滤波等,能够有效地从不稳定的背景中自动提取前景。多运动目标的提取具有重要的意义,本文也进行了尝试,很多问题还有待进一步研究,比如如何有效地去除小的阴影,如何较好地分离目标,针对各个目标的特征,自适应地选择有效的自动提取方法,如何更有效地进行边缘链接及平滑边缘,如何利用目标的更多特征来剔除虚假目标等,将是以后研究的重点。

参考文献

- [1] LIU Gui-xi, SHAO Ming-li, LIU Xian-hong, et al. Video moving object auto-extraction in real scene[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(8): 1150-1155.
刘贵喜,邵明礼,刘先红,等.真实场景下视频运动目标自动提取方法[J]. *光学技术*, 2006, **26**(8): 1150-1155.
- [2] LI Zhe, SU Xiu-qin, YANG Xiao-jun, et al. Small moving infrared target detection[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(6): 924-927.
李哲,苏秀琴,杨小君,等.红外运动小目标的检测[J]. *光子学报*, 2006, **35**(6): 924-927.
- [3] LI Gang, ZENG Rui-li, LIN Ling. Moving target detection in

video monitoring system[J]. *The IEEE Sixth World Congress on Intelligent Control and Automation*, 2006(2): 9778-9781.

- [4] ZHOU Bing, WANG Yong-zhong, SUN Li-hui, et al. Study on local entropy used in small target detection[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(2): 381-387.
周冰,王永仲,孙立辉,等.图像局部熵用于小目标检测研究[J]. *光子学报*, 2008, **37**(2): 381-387.
- [5] REN Chen, ZHANG Tan-ping. New method for detecting of moving targets based on Kalman filter theory [J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2007, **34**(4): 7-11.
任臣,张覃平.基于 Kalman 滤波理论的运动目标检测新方法[J]. *光电工程*, 2007, **34**(4): 7-11.
- [6] ZHA Cheng-dong, WANG Chang-song, GONG Xian-feng, et al. Moving target detection based on adaptive background model[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2008, **35**(1): 26-30.
查成东,王长松,巩宪锋,等.基于自适应背景模型的运动目标检测[J]. *光电工程*, 2008, **35**(1): 26-30.
- [7] LOU Yue, XIANG Li-bin, LIU Bo. A fast background roughness-based infrared navel vessel target detection algorithm[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(9): 1759-1763.
娄越,相里斌,刘波.基于背景粗糙度估计的红外目标检测算法[J]. *光子学报*, 2007, **36**(9): 1759-1763.
- [8] LIU Wen, LIU Zhao-hui, XIONG Ren-sheng. A method to detect ir dim and small objects based on window [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(3): 618-620.
刘文,刘朝晖,熊仁生.一种利用窗口结构提取红外弱小目标的方法[J]. *光子学报*, 2008, **37**(3): 618-620.
- [9] Intel Corporation. Open source computer vision library

- reference manual[M]. USA: Intel Corporation, 2000. 81-90.
[10] LIU Rui-zhen, YU Shi-qi. OpenCV tutorial basis [M].
Beijing: Beihang University Press, 2007: 285-286.

刘瑞祯, 于仕琪. OpenCV 教程基础篇[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 285-286.

Moving Object Auto-extraction in Image Sequences

WANG A-ni, MA Cai-wen, MA Dong-mei

(Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710119)

Abstract: A new method for moving object auto-extraction is presented in the field of moving object detection and tracking. The background model is initialized using filtered image frames, which have been stored, and the background is updated continuously by the result of object detection in the process of moving object detection. The moving region is obtained by the difference of current frame and the background. Then the adaptive threshold is used to get binary image and link the edge. The outlines of moving regions in binary image are extracted, and false outlines are eliminated resulted from noise and imprecise background by enacting area threshold value according to the size of moving object. Boolean calculation is done to the original image with the mask image including outlines of moving region and the result of extraction is obtained. The experiment results show that the method can well extract rigid body and nonrigid body can be extracted well by the presented method.

Key words: Background update; Connected edge; Contour extraction; Moving object extraction



WANG A-ni was born in 1982. Now she is pursuing the M. S. degree. Her research interests focus on image processing, target detection and track.



MA Cai-wen was born in 1965. He obtained his Ph. D. degree from Northwestern Polytechnical University. Now he works as a researcher, and his research interests focus on photoelectric measurement and control, and exact tracking technology.