

运动目标检测与跟踪算法的改进与实现

杨冬冬¹, 常丹华¹, 韩 夏², 刘 宇¹

(1. 燕山大学信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 南京邮电大学电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要:提出了一种对视频图像中运动目标检测并进行实时跟踪的新方法。该方法利用基于背景建模的背景差分与改进的带时间戳的运动历史图像(tMHI)的目标分割相结合的算法对运动目标进行检测,在获取到视频流中的运动目标轮廓后使用基于tMHI的运动梯度算法来实现运动目标的跟踪。实验结果表明,该方法能够对指定区域内的目标进行有效识别和准确跟踪,并且弥补了运动目标暂时性停止时无法检测出来的不足。

关键词:带时间戳的运动历史图像;背景建模;运动目标检测;运动目标跟踪

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A

Improvement and realization of the moving object detection and tracking

YANG Dong-dong¹, CHANG Dan-hua¹, HAN Xia², LIU Yu¹

(1. Institute of Information Science and Technology, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China;

2. Institute of Electronic Science and Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: A new method for detection and tracking of real-time moving object in video image was purposed. This method uses background difference based background modeling and developed timed motion history image to detect the moving object. The algorithm of motion gradients based timed motion history image is applied to track the moving object after getting the silhouette of moving object. The result of test shows that this method can detect and track the moving object in the given region effectively. The system can remedy the deficiency of fail detection when the moving object stops temporarily.

Key words: timed motion history image; background modeling; detection of moving object; tracking of moving object

1 引言

随着计算机运算速度的提高,人们对使用计算机视觉来实现行为和运动识别的兴趣不断增加,并且对实时性的要求更加注重。视频图像中运动目标的检测与跟踪就是在视频序列中实时地发现并提取运动目标,对其进行不断跟踪,为下一步目标识别、运动分析等算法提供数据,因而成为智能监控系统和图像理解中的一个重要环节。

常用的运动目标检测算法主要有光流法、相邻帧差法和背景差分法。由于运动目标检测算法都是面向特定应用环境的,每个算法都有其一定的适用

范围,所以不存在一个算法能适用所有的场合,因此对于在实际应用中选择合适的算法并对其做出改进是十分必要的。本文采用基于背景建模的背景差分与改进的带有时间戳的运动历史图像(timed motion history image, tMHI)^[1-2]的视频分割相结合的 SBG-tMHI 算法进行运动目标检测,使用基于 tMHI 的全局运动梯度方向算法来实现运动目标的跟踪,最后给出了算法实现的结果。

作者简介:杨冬冬(1985-),男,硕士研究生,研究方向为运动目标检测与跟踪,数字图像处理。E-mail: winterisummer@163.com

收稿日期:2009-08-29; **修订日期:**2009-10-16

2 SBG-tMHI 的运动目标检测算法

在以往的计算机视觉应用研究中,文献[2]提出了一种用来表现人的运动的计算机视觉方法——运动历史图像(motion history image, MHI)。MHI 起初是一种用来体现运动的基于连续运动图像分层的紧凑模板,后经 Bradskil^[3]等人的改进提出了带有时间戳的运动历史图像(timed motion history image, tMHI)。在 tMHI 中,像素点的值是由该点上的运动历史时序函数来定义,公式如下所示:

$$\text{tMHI}_\delta(x, y) = \begin{cases} \tau & \text{if } (x, y) \in \text{当前轮廓} \\ 0 & \text{others tMHI}_\delta(x, y) < (\tau - \delta) \end{cases} \quad (1)$$

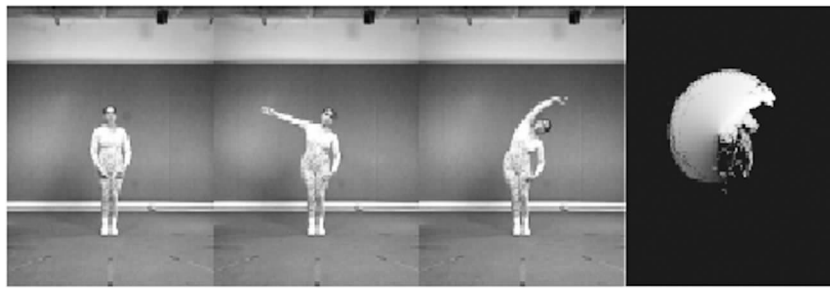


图1 MHI 图像

Fig. 1 image of MHI

tMHI 算法中得到的运动历史图像是一段间隔中的相邻图像帧进行帧间差分 and 灰度化处理之后得到的,这种得到运动历史图像的算法对于始终处于运动状态的目标可以很好地得到运动轮廓模板,但是存在不足。当处于运动状态的目标暂时性停止运动时,运动历史图像就无法得到。经过多次对 tMHI 算法的实验后,分析其根本原因在于得到运动历史图像模板的帧间差分算法上。由于运动目标暂时性地停止运动,造成相邻图像帧之间没有变化,差分之后得不到任何运动目标的信息,造成了运动历史图像模板的获取失败,结果就会造成运动目标检测过程中的缺陷——无法检测出监控区域内暂时性停止运动的目标。得到问题的根源后本文针对 tMHI 算法的这一不足提出了改进方案,将 tMHI 算法中对相邻帧差分结果作为运动历史图像模板改进为以背景差分的结果作为运动历史图像模板。本文中运动目标的检测 SBG-tMHI 算法的流程如图 2 所示。

为了得到高质量的 tMHI 输入图像,去除掉摄像设备等加入到视频图像中的噪声,在进行后续处理前采用高斯滤波器进行图像的平滑滤波处理,然

其中, τ 为当前的时间戳; δ 为运动的最大持续时间常量。时间戳的使用是为了使在不同处理性能及图像采集帧率的系统在同一参数、同一时间段下所得到的 tMHI 的历史时间范围是相同的,由此得到的运动模板当中就包含了时间常量。通过线性地将带有时间戳的 MHI 图像值转换为 0 ~ 255 共 256 个灰度级的灰度图像,就得到了如图 1 所示的可视化 tMHI 图像。随着时间的推移,当前帧对应轮廓总是具有最大灰度值,而过去的轮廓灰度值则越来越小,并且在当前 tMHI 中影响也会随着减小。当过去帧与当前帧的间隔超过设置的最大持续时间,其影响将被清为零,不被考虑。

后将视频中的彩色图像按公式(2)转换为灰度图像:

$$\text{RGB} \rightarrow \text{Gray}: Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.144 \times B \quad (2)$$

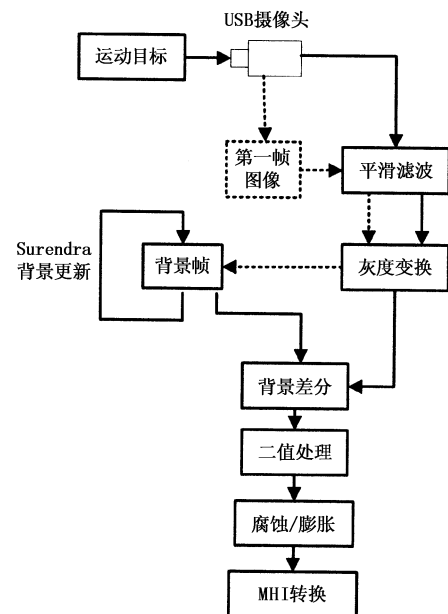


图2 本文算法流程图

Fig. 2 flow chart of the algorithm

传统的背景差分算法有其自身的限制,就是用

来比较差分的背景图像帧的获取。通常采用的手段是用摄像头采集到的第一帧图像作为背景图像帧,这种方法的弊端是如果光照等外界因素的变化会使得背景差分运算的结果不准确,从而影响后续的运算处理。为了完善算法,本文算法中背景图像帧的获取方式也进行了改进,将能够实现背景自动更新的算法加入到背景差分当中,实现背景图像帧的自动更新。算法中背景的获取方式采用 Surendra 算法^[4-5]。Surendra 算法通过对相邻的两帧二值图像做帧差找到目标的运动区域,运动区域内的背景保持不变,而非运动区域的背景用当前帧进行替换更新,经过迭代运算就可以提取出新的背景以实现自动更新,使系统能够快速适应背景区域的变化。算法可以分成以下几个步骤:

1) 将第 1 帧图像 I_0 作为背景 B_0 ;

2) 求当前帧图像与前一帧图像的帧差分并转换为二值化图像;

$$D_i(x,y) = \begin{cases} 1 & |I_i - I_{i-1}| \geq T \\ 0 & |I_i - I_{i-1}| < T \end{cases} \quad (3)$$

式中, I_i 和 I_{i-1} 分别代表当前帧和前一帧图像; $|I_i - I_{i-1}|$ 为两帧图像求帧差分; T 为选取二值化阈值; $D_i(x,y)$ 为差分的二值图像在坐标 (x,y) 位置处的灰度值;

3) 由二值图像 D_i 更新背景图像 B_i , 即:

$$B_i(x,y) = \begin{cases} B_{i-1}(x,y) & D_i(x,y) = 1 \\ \alpha I_i + (1-\alpha) B_{i-1}(x,y) & D_i(x,y) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, $B_i(x,y)$ 为坐标 (x,y) 位置处的背景图像; α 为更新系数。算法经过多次迭代后就可以得到背景图像。将实时采集的每一帧图像都与背景帧图像进行差分处理,得到的结果进行二值化处理后作为 tMHI 算法的输入图像。

本文运动目标检测算法中的二值化方法基于自适应阈值的 OTSU 算法并根据课题要求进行了适当的优化。该方法使用统计学上的方差,按图像的灰度特性,以类间方差最大或类内方差最小为最佳阈值的选取准则,将图像分成背景和目标两部分。二值化后得到结果经过形态学中的开运算处理后作为 tMHI 的输入图像。经过改进之后本文的 SBG-tMHI 算法能够快速检测出监控区域内出现的运动目标,对于暂时停止的运动目标也能够成功的检出。图 3 和图 4 是原 tMHI 算法和 SBG-tMHI 算法的对比

结果。

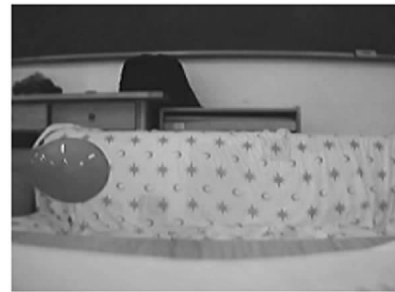


图 3 原 tMHI 的检测结果

Fig. 3 the result of original tMHI



图 4 SBG-tMHI 方法的检测结果

Fig. 4 the result of SBG-tMHI

3 基于 tMHI 全局运动梯度方向的运动目标跟踪

tMHI 对运动目标的轮廓差分图像进行分层处理,使得目标的运动方向可以从 tMHI 中像素点值的强度梯度中得到。图 5 所示为一个人胳膊向上移动的过程中形成的 tMHI,根据图像运动轮廓由暗变亮的强度变化显然可以得出胳膊是向上运动,说明了 tMHI 形成的运动目标轮廓的层次化图像中包含了运动的方向信息。因此,可以通过强度梯度掩码与 tMHI 进行卷积运算来得到目标运动的方向,本文卷积运算中选择如公式(5)所示的 3×3 的 Sobel 梯度掩码。

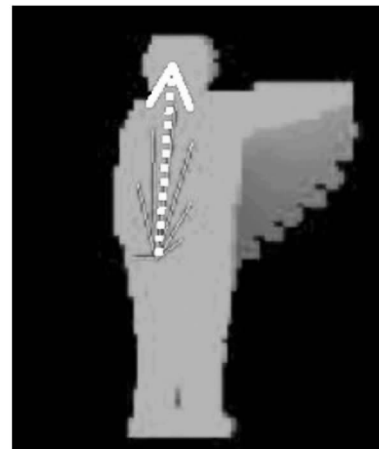


图 5 由强度梯度获得的运动方向

Fig. 5 the direction of moving

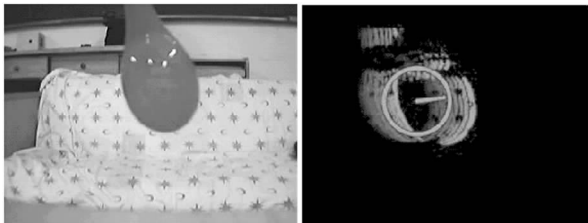
$$F_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad F_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

由卷积计算得到像素点 (x, y) 的梯度图像 $F_x(x, y)$ 和 $F_y(x, y)$ 后,采用了公式(6)所示的反正切估计算法来计算出该像素点的梯度方向:

$$\phi(x, y) = \arctan \frac{F_y(x, y)}{F_x(x, y)} \quad (6)$$

$$\bar{\phi} = \phi_{\text{ref}} + \frac{\sum_{x,y} \text{angDiff}(\phi(x, y), \phi_{\text{ref}}) \times \text{norm}(\tau, \delta, \text{tMHI}_\delta(x, y))}{\sum_{x,y} \text{norm}(\tau, \delta, \text{tMHI}_\delta(x, y))} \quad (7)$$

其中, $\bar{\phi}$ 为全局运动方向; ϕ_{ref} 为所得到的基本参考角度(方向直方图中的峰值点); $\phi(x, y)$ 为计算梯度卷积得到的运动方向表; $\text{angDiff}(\phi(x, y), \phi_{\text{ref}})$ 为所得运动方向同参考角度之间的最小角度差; $\text{norm}(\tau, \delta, \text{tMHI}_\delta(x, y))$ 为利用当前的时间戳 τ 和最大时间持续常量 δ 在 $[0, 1]$ 的区间上对 tMHI 进行线性化后所得的标准化 tMHI 值。图6所示为一



(a)原图 (b)梯度方向

图6 计算出的全局运动方向

Fig.6 global motion direction measure

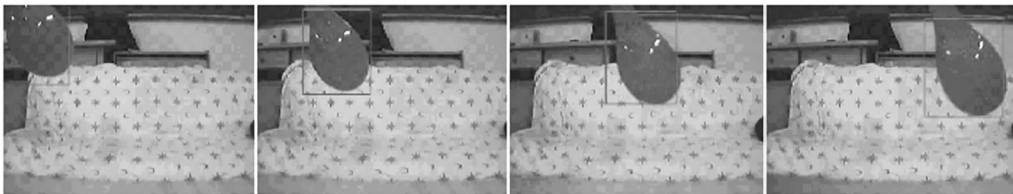


图7 摄像头实时实验结果

Fig.7 the result of camera



图8 程序的运行时间

Fig.8 runtime of program

在计算的过程中,由于 tMHI 所得到的轮廓边缘 0 值的像素点会影响到梯度方向计算的结果,因而,只对 tMHI 所得内部轮廓中的像素点进行卷积和反正切计算,同时通过阈值化滤掉错误的梯度方向。为了得到目标运动的全局梯度方向,先对 tMHI 像素值进行标准化处理,然后采用加权的计算方法来计算。方法是时间越近的 tMHI 像素点其相应的权值越大,计算公式如(7)所示:

个运动目标的全局梯度方向的计算结果,图6(b)中圆圈中的直线表明运动的全局梯度方向向右。

4 实验结果及分析

本文实验所采用的计算机硬件条件为 CPU P4 1.8 GHz,内存 512 M,在加载了 Open CV^[6-8]库文件的 Visual C++ 6.0 的环境下,对算法进行了编制和结果的仿真验证。通过摄像头对某一区域实时进行运动目标的检测与跟踪。图7所示为一个相对摄像头向右运动的勺子,在勺子进入摄像头范围后,很快被检测出来,使用红色矩形框在其轮廓外进行标记,进行标记的红色矩形框跟随勺子的运动很好地在其轮廓外部进行跟踪。实验表明,跟踪稳定,而且每帧图像处理时间约 141 ms,如图8所示。对于更高实时性的要求,可以通过提高计算机的硬件配置来实现。

5 结论

本文在研究了视频中运动目标检测和跟踪的算法后,提出了一种对基于单摄像头的视频中运动目标检测与跟踪的新方法。该方法利用基于背景建模的背景差分与改进的带时间戳的运动历史图像(tMHI)的目标分割相结合来进行检测,检测出运动目标后使用基于 tMHI 的运动梯度算法来实现跟踪。实验结果表明,该方法实现了对视频场景中运动目标的检测与跟踪,由于背景更新算法的加入,使系统

能够快速适应背景区域的变化,同时不受检测目标的限制。

参考文献:

- [1] Sun H, Feng T, Tan T. Robust extraction of moving objects from image sequences [C]//Proceedings the Fourth Asian Conference on Computer Vision. Taiwan: [sn], 2000: 961 - 964.
- [2] Davis J W, Bobick A F. Representation and recognition of human movement using temporal templates [C]//Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1997: 928 - 934.
- [3] Bradski G R, Davis J W. Motion segmentation and pose recognition with motion history gradients [J]. Machine Vision and Applications, 2002, 13(7): 174 - 184.
- [4] Surendra Gupte, Osama Masoudet. et al. Detection and classification of vehicles [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, (3): 37 - 47.
- [5] 毛晓艳, 杨树兴, 莫波. 序列图像的背景重建分析 [J]. 激光与红外, 2004, 34(2): 145 - 146.
- [6] Gray Bradski, Adrian Kaehler, Vadim Pisarevsky. Learning-based computer vision with intel's open source computer vision library [J]. Intel Technology Journal, 2005, 9(2): 119 - 130.
- [7] Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV [M]. California: O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [8] Intel Corporation. Open source computer vision library reference manual [Z]. USA: Intel Corporation, 2001.