

文章编号: 2095-2163(2022)03-0180-03

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

改进的三帧差分运动目标识别算法

丁文龙, 尹朵, 邱崧

(华东师范大学通信与电子工程学院, 上海 200241)

摘要: 针对传统的三帧差分法运动目标检测算法容易出现“空洞”现象, 进而导致检测物体不完整的问题, 提出一种改进的三帧差分法算法检测运动目标。改进算法先对连续的三帧图像进行预处理得到灰度图像, 进而对其两两差分, 获得两幅差分图像; 利用阈值分割得到二值图像, 经形态学的膨胀处理得到新的二值图像, 通过逻辑与运算后, 最后通过形态学操作的腐蚀处理, 得到最终的运动目标图像。改进算法在真实场景下, 通过对高速运动的乒乓球进行实验测试, 并与传统的三帧差分法进行结果对比。实验结果表明: 改进算法可以明显解决“空洞”现象导致的运动物体不全的问题, 并对运动目标检测的更加准确和完整; 整体计算较简单, 可以实现实时性处理, 且具有很好的鲁棒性。

关键词: 运动目标检测; 三帧差分法; 空洞现象; 图像处理; 阈值分割

Improved three-frame difference moving target recognition algorithm

DING Wenlong, YIN Duo, QIU Song

(Institute of Communication and Electronic Engineering, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

【Abstract】 The traditional three-frame difference method of moving target detection algorithm is prone to "holes", which leads to the problem of incomplete detection of objects. An improved three-frame difference method algorithm is proposed to detect moving targets. The improved algorithm preprocessed three consecutive frames of images to obtain gray images, and then differentiated them to obtain two difference images. The binary image is obtained by threshold segmentation, and the new binary image is obtained by morphological swelling processing. After logic and operation, the final moving target image is obtained by morphological corrosion processing. The improved algorithm is tested on high-speed ping-pong in real scenes and compared with the traditional three-frame difference method. Experimental results show that the improved algorithm can obviously solve the problem of incomplete moving objects caused by "void" phenomenon, and detect moving objects more accurately and completely. The overall calculation is simple, can realize real-time processing, and has good robustness.

【Key words】 moving target detection; three frame difference method; void phenomenon; image processing; threshold segmentation

0 引言

实时检测系统的特点, 要求运动目标检测技术能正确、快速和完整地检测到运动目标, 以便于后续操作。常用的运动目标检测算法有: 帧间差分法^[1-3]、背景减除法^[4-6]、光流法^[7-9], 以及基于机器学习的模型匹配法^[10]。不同的检测算法各有其优缺点: 帧间差分法计算量较小, 可以很好地实现实时系统, 但该算法容易出现空洞、拖影等问题; 虽然背景减除法结构比较简单, 但容易受到环境光线变换的影响; 光流法可以在未知的场景下检测出运动目标, 检测准确率较高, 但是计算量较大, 不能满足实时性要求; 基于机器学习的模型匹配法可以很好地识别到物体、准确率高, 但识别前需要先训练模型, 而且结构较复杂, 需要很强的处理器去运算。针对

以上方法的缺点, 也出现了很多的改进算法。Jun等^[11]提出混合高斯模型和帧间差分法, 用来检测运动目标; Liu等^[12]提出了结合帧间差分法和光流法的目标检测算法; Liang等^[13]针对帧间差分法和背景减除法, 对提取目标不完整易产生空洞问题, 提出自适应双阈值的运动目标检测算法; Lu等^[14]提出将混合高斯模型和背景减除法相结合的运动目标检测算法; Cho等^[15]提出了混合高斯模型与光流估计相结合的运动目标检测算法。

综上所述, 虽然这些算法在一定程度上完善了运动目标检测, 但在高速运动物体检测中, 随着摄像头帧率提高、运动物体在帧间运动距离有重叠的情况下, 上述方法检测到的运动目标识别率较低, 仍有运动物体检测不全的状况。为此, 本文提出了改进型三帧差分法的运动目标识别算法。

基金项目: 上海市科委人工智能专项资助(19511120800)。

作者简介: 丁文龙(1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 实时视觉图像处理、嵌入式; 尹朵(1998-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统下双目视觉处理; 邱崧(1981-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 数字图像处理。

收稿日期: 2021-11-02

1 三帧差分运动目标识别改进算法

帧间差分法是一种通过对视频序列中相邻两帧图像之间做差分运算,得到运动目标差分图像的方法。当运动物体进入摄像视野后,运动物体在帧与帧之间的位置信息差别较大,通过相邻帧图像之间相减后,进行绝对值操作得到差分图像。通过对差分图像进行阈值分割,提取得到运动物体的二值化图像。三帧差分法是在两帧差分的基础上改进而来,将相邻的三帧图像进行相邻帧两两差分后,通过逻辑运算得到最后的二值化图像。由于运动物体在相邻帧间图像运动存在快慢的区别,当运动物体相邻帧之间没有重叠时,不会出现“空洞”现象;但是当运动物体在相邻帧间有部分重叠时,重叠部分在差分后会表现出“空洞”现象。为了解决三帧差分法中的“空洞”现象,本文提出的改进方案原理如下:

获得摄像头序列连续的三帧图像 $f_{i-1}(x,y)$ 、 $f_i(x,y)$ 、 $f_{i+1}(x,y)$, 这些图像均由 R、G、B 三通道组成,对应的数学关系如下:

$$f(x_i, y_j) = \begin{matrix} \uparrow \\ R(x_i, y_j) \\ \uparrow \\ G(x_i, y_j) \\ \uparrow \\ B(x_i, y_j) \end{matrix} \quad (1)$$

其中, $f(x_i, y_j)$ 表示图像 $f(x, y)$ 第 i 行、第 j 列的像素, $f(x_i, y_j)$ 包含 R、G、B 3 个通道的值: $R(x_i, y_j)$ 、 $G(x_i, y_j)$ 、 $B(x_i, y_j)$, 该值分别是第 i 行、第 j 列的 R 通道、G 通道和 B 通道的像素值。

对相邻三帧的原始图像 $f_{i-1}(x, y)$ 、 $f_i(x, y)$ 、 $f_{i+1}(x, y)$ 进行灰度化处理,得到灰度图像: $L_{i-1}(x, y)$ 、 $L_i(x, y)$ 、 $L_{i+1}(x, y)$, 灰度处理的数学公式为:

$$L(x, y) = 0.299R(x, y) + 0.587G(x, y) + 0.114B(x, y) \quad (2)$$

其中, $R(x_i, y_j)$ 、 $G(x_i, y_j)$ 、 $B(x_i, y_j)$ 分别是原始图像 $f(x, y)$ 的 R 通道、G 通道、B 通道;每个通道前有一定的权重,将三维原始图像 $f(x, y)$ 合并成一维的灰度图像 $L(x, y)$ 。

计算相邻两帧的灰度图像 $L(x, y)$ 之间的差分图像 $D(x, y)$, 得到两幅差分图: $D_{(i,t-1)}(x, y)$ 、 $D_{(i,t+1)}(x, y)$, 其转换公式如下:

$$\begin{cases} D_{(i,t-1)}(x, y) = |L_i(x, y) - L_{i-1}(x, y)| \\ D_{(i,t+1)}(x, y) = |L_{i+1}(x, y) - L_i(x, y)| \end{cases} \quad (3)$$

对两幅差分图像 $D_{(i,t-1)}(x, y)$ 和 $D_{(i,t+1)}(x, y)$ 分别进行阈值分割,其数学表达式如下:

$$F(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } |D(x, y) - T| > 0 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

通过上述表达式,将得到的两幅图像进行阈值分割处理得到 $F_{(i,t-1)}(x, y)$ 和 $F_{(i,t+1)}(x, y)$ 的二值化图像;对二值化图像 $F(x, y)$ 进行形态学膨胀处理,得到 $F_d(x, y)$, 其原理表达如下:

$$\begin{cases} F_{(d,d-1)}(x, y) = \text{dilate}(F_{(i,t-1)}(x, y)) \\ F_{(d+1,d)}(x, y) = \text{dilate}(F_{(i,t+1)}(x, y)) \end{cases} \quad (5)$$

其中, $\text{dilate}()$ 是形态学的膨胀操作。

将膨胀后的差分二值化图像 $F_{(d,d-1)}(x, y)$ 和 $F_{(d+1,d)}(x, y)$ 进行逻辑“与”,得到膨胀处理后的目标二值化图像 $F_i(x, y)$:

$$F_i(x, y) = F_{(d,d-1)}(x, y) \cup F_{(d+1,d)}(x, y) \quad (6)$$

之后,对 $F_i(x, y)$ 进行腐蚀操作得到 $F_e(x, y)$, 其原理表达如下:

$$F_e(x, y) = \text{erode}(F_i(x, y)) \quad (7)$$

其中, $\text{erode}()$ 是形态学的腐蚀操作。通过该操作得到最终的 $F_e(x, y)$ 目标二值化图像。

本文提出的改进算法是根据出现的“空洞”现象,在未进行差分图像二值化“与”操作之前,采用形态学的膨胀操作,将图像中出现的“空洞”地方进行填充;进行“与”操作之后,再通过形态学的腐蚀操作,将运动目标区域面积变为原来的大小,最终得到准确的运动目标区域。

2 实验对比

对于本文提出的算法,利用高速运动的乒乓球,来验证算法在处理实际场景中的情况。在乒乓球高速运动的真实情况下截取连续三帧图像,如图 1 所示。图像采集设备选用 USB 工业摄像头,帧率为 120 fps,图像尺寸是 $640 * 480$,图像格式为 JPEG 格式。

针对连续三帧的真实场景图像,经过相同的预处理操作后,得到灰度图像。分别使用传统的三帧差分法和本文提出的算法进行处理,处理的结果如图 1 所示,两种算法对比结果如图 2 所示。

由图 2(a)中可以看到,运动的乒乓球形状前后都丢失了一部分,这就是由于差分图像时出现的“空洞”现象;图 2(b)是原始图像锁定的乒乓球位置图像;图 2(c)是采用本文提出的算法得到的结果图像,相比较传统的三帧差分法得到的结果图,白色部分的运动乒乓球轮廓比较圆滑,球型大小和真实大小基本相同,表明本文算法可以很好的消除图像在差分时出现的“空洞”现象,提高了运动目标检测的准确性。



(a) 原始图像 1

(b) 原始图像 2

(c) 原始图像 3

图 1 连续三帧的原始图像

Fig. 1 Original image of three consecutive frames



(a) 传统三帧差分法结果

(b) 原始图像 2

(c) 本文算法结果

图 2 结果对比

Fig. 2 Result comparison chart

3 结束语

本文根据传统的三帧差分法容易出现“空洞”现象的缺点,提出了一种改进的三真差分法的运动目标检测算法。实验结果表明文本提出的方法可以很好的消去“空洞”现象,对运动目标检测更加准确和完整,整体的计算比较简单,可以实现实时性处理,这为后面的实时识别系统打下了良好的基础。

参考文献

- [1] ZHOU K, HUANG Y, CHEN E, et al. Real-time detection and spatial segmentation of difference image motion changes [J]. IEEE Access, 2020, 8: 144931-144944.
- [2] GAO F, LU Y. Moving target detection using inter-frame difference methods combined with texture features and lab color space [C]// 2019 International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM). 2019: 76-81.
- [3] ZHANG S, ZHU X, WANG Y, et al. Recognition and tracking algorithms of moving droplet based on inter-frame difference method combined with mean-shift [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2016, 50(10): 1605-1608.
- [4] HE H, MA S C, SUN L. Multi-moving target detection based on the combination of three frame difference algorithm and background difference algorithm [C]// 2018 WRC Symposium on Advanced Robotics and Automation (WRC SARA). 2018: 141-146.
- [5] HE L, GE L. CamShift target tracking based on the combination of inter-frame difference and background difference [C]// 2018 37th Chinese Control Conference (CCC). 2018: 9461-9465.
- [6] CHEN Z, WANG R, ZHANG Z, et al. Background-Foreground interaction for moving object detection in dynamic scenes [J]. Information Sciences, 2019, 483: 65-81.
- [7] ZHANG X, ZHANG X, LI K. A High-Performance moving object detection method based on optical flow [C]// 2018 International Conference on Manipulation, Automation and Robotics at Small Scales (MARSS). 2018: 1-6.
- [8] LI C, BAI H, GUO H, et al. Moving object detection and tracking based on improved optical flow method [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2018, 39(5): 249-256.
- [9] LUO H. Research on moving object detection and tracking algorithm based on optical flow method in complex background [J]. Revista de la Facultad de Ingenieria, 2017, 32(15): 419-422.
- [10] LI X, LEI S, ZHANG B, et al. Fast aerial UAV detection using improved inter-frame difference and SVM [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2019, 1187: 032082.
- [11] JUN Z, XINHUA Z. Foreground object detection combining gaussian mixture model and inter-frame difference in the application of classroom recording apparatus [C]// 2018 Proceedings of the 2018 10th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE). 2018: 111-115.
- [12] LIU X, JIN X. Algorithm for object detection and tracking combined on four inter-frame difference and optical flow methods [J]. Opto-Electronic Engineering, 2018, 45(8): 170665.
- [13] LIANG K, Y JIANG, LONG M, et al. Adaptive dual threshold based moving target detection algorithm [C]// 2018 IEEE 4th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC). 2018: 1111-1115.
- [14] LU X, XU C, WANG L, et al. Improved background subtraction method for detecting moving objects based on GMM [J]. IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 2018, 13(11): 1540-1550.
- [15] CHO J, JUNG Y, KIM D S, et al. Moving object detection based on optical flow estimation and a gaussian mixture model for advanced driver assistance systems [J]. Sensors, 2019, 19(14): 3217.