

基于图像融合的空间运动目标检测算法

田鹏辉^{1,2}, 隋立春¹, 程少辉³

(1 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054;

2 西安工业大学 计算机科学与工程学院, 陕西 西安 710032;

3 咸阳市城市科学研究所, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 文中提出了一种结合背景减除法和瞬时差分法在图像序列中检测运动目标的算法。算法利用瞬时差分法得到当前图像中运动目标的轮廓信息, 在更新背景模型时不更新运动目标轮廓内区域, 避免了由运动目标引起的背景模型更新误差。实验结果表明, 该方法可以实现静止背景下图像序列中运动目标的检测, 具有实时性, 并能得到较好的检测结果。

关键词: 图像融合; 运动目标检测; 背景减法; 对称差分法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)11-0122-03

Space Moving Target Detection Based on Image Sequences Fusion

TIAN Peng-hui^{1,2}, SUI Li-chun¹, CHENG Shao-hui³

(1 College of Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2 School of Computer Science & Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China;

3 Institute of Xianyang City Science, Xianyang 712000, China)

Abstract: A moving object detection algorithm which employs adaptive background subtraction algorithm and the temporal differencing algorithm to the image sequences is presented in this paper. This algorithm obtains outline of the current frame moving object by temporal differencing algorithm, and then updates background without the information inside the outline. This algorithm can avoid updating error caused by moving object. The experiment shows that this algorithm can detect moving object in the video files in real time, and it is getting the satisfactory result.

Key words: image fusion; moving object detection; background subtraction; symmetrical differencing

1 引言

序列图像中目标检测是计算机视觉领域中一个基本的理论研究课题, 它是目标跟踪中非常重要的一项工作, 其任务是从图像序列的每一帧中检测到运动对象存在的位置及分割其占据的区域, 尽可能完整地将其从背景中提取出来。随着计算机技术的发展和计算机视觉原理的广泛应用, 利用计算机图像处理技术对目标进行实时跟踪研究越来越热门, 对目标进行动态实时跟踪定位在智能化交通系统、智能监控系统、军事目标检测及医学导航手术中手

术器械定位等方面具有广泛的应用价值^[1-3]。在各种领域中, 要对跟踪内容进行有效地识别与分析, 其中, 运动目标自动检测是一个重要的内容, 其检测与提取质量的好坏直接关系到分析和识别结果的准确与否^[4]。

由于空间运动目标(如卫星、导弹、飞机等)比较明确, 侦测场景的背景(天空)相对单一, 实时性要求高。针对这些特点, 文中提出一种基于图像融合技术的空间目标检测优化算法。该算法使用背景差法和对称差分法相结合的思路, 将得到的对称差分图像和背景减法图像在每个像素位置进行逻辑"或"运

收稿日期: 2011-01-22; 修回日期: 2011-02-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971306, 40974010)

算,从而检测并提取到比较完整的前景目标。

2 基于背景减除法的目标检测

背景减除法是把图像序列和参考背景模型相减实现运动目标检测的方法^[5]。在复杂背景中存在大量噪声干扰的情况下,基于背景估计的方法是解决静止背景下运动目标检测的一类方法^[6]。基于背景减除法的原理比较简单,假定被监视的背景图像是静止不变的,因此图像背景不随图像帧数而变。该方法可以较好地对静止背景下的运动目标进行分割。运算过程如下:

$$\begin{aligned} bid_k(x, y) &= |f_k(x, y) - b_k(x, y)| \\ &= \begin{cases} 1, & \text{如果 } bid_k(x, y) \geq T \\ 0, & \text{如果 } bid_k(x, y) < T \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, $f_k(x, y)$ 为当前图像, $b_k(x, y)$ 为得到的背景图像。 $bid_k(x, y)$ 取值为 1 和 0 的像素分别对应于前景(运动目标区域)和背景(非运动区域), T 为阈值,其选择的准确与否直接影响到二值图像的质量。背景减除法原理简单,利用该方法可以较好地对静止背景下的运动目标进行分割。

背景减除法速度快,检测准确,其关键是背景图像的获取。但是在有些情况下,静止背景是不易获取的,如对高速公路交通的监控,不可能中断交通来提取背景图像。这就需要通过视频序列多帧图像间的信息来估计和恢复背景,即背景重建。该方法具有一定的抗噪声干扰和自适应能力,重建的背景图像质量较高。目前,背景重建分为基于时间轴滤波和统计模型估计两类方法。

由于空间背景中常常含有轻微扰动的噪声(如天空中的云彩,飞鸟等)以及光线变化等诸多因素,基于时间轴滤波的背景重建方法效果不是很满意。因此,提出使用自适应的混合高斯模型进行背景重建。

设 t 时刻,图像的每个像素点 (x, y) 的颜色 $I_t(x, y)$ 可由 K 个高斯分布描述, K 通常为 3~7,当前帧像素观测值的概率为:

$$\begin{aligned} p(I_t(x, y)) &= \sum_{i=1}^K w_i^t(x, y) \cdot \\ &N(I_t(x, y), \mu_i^t(x, y), \sigma_i^t(x, y)) \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $i \in [1, 2, \dots, K]$ 。 $w_i^t(x, y)$ 是像素 (x, y) 在 t 时刻的第 i 个高斯模型的权值。 $N(I_t(x, y))$ 是均值为 $\mu_i^t(x, y)$, 方差为 $\sigma_i^t(x, y)$ 的高斯分布,各高斯混合模型的均值与方差,可以通过对背景信息进行统计分析得到。

当对每个像素利用高斯模型进行建模后,就可以通过模型匹配的方法来检测当前帧每个像素是否为背景。假定在 t 时刻,当前帧像素点 (x, y) 的特征值为 $I_t(x, y)$, 对第 i 个高斯混合模型有:

$$E_i^t(x, y) = \begin{cases} 1, & |I_t(x, y) - \mu_i^t(x, y)| < D\sigma_i^t(x, y) \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

其中, D 为置信参数, $D \in [2, 3]$ 。如果 $E_i^t(x, y)$ 值为 1, 则认为像素点的 (x, y) 的颜色特征与背景的高斯混合模型匹配,此时认为该像素属于背景,并利用该像素的颜色特征更新背景的高斯混合模型的参数;如果 $E_i^t(x, y)$ 值为 0, 则认为像素点 (x, y) 属于前景像素,此时各个高斯混合模型的参数保持不变。

背景重建可以利用到更多帧图像的信息。该方法适合于复杂背景情况下的目标检测,并且抗干扰性好,但其只对长图像序列较为有效,当图像序列数不足时,会出现“残像”噪声^[7]。

3 基于差分法的目标检测

在简单的二维平移运动模型中,如果目标为刚体,没有旋转运动,并且运动方向平行于图像平面,则认为目标各部分在图像平面上的灰度基本保持不变。实际中,当视频采集系统的采样频率足够高时,可将刚体运动看作符合这种假设的模型。在该模型中,设 t_1 时刻的图像为 $f_1(x, y)$, t_2 时刻的图像为 $f_2(x, y)$, 当目标在 t_1 到 t_2 之间发生运动时,得到下式^[8]:

$$f_2(x, y) = f_1(x - \Delta x, y - \Delta y) \quad (4)$$

由公式(4)的模型,可得到差分法的算法原理:直接比较图像序列中两帧图像相同位置对应像素点的灰度值,如果差异较大,该像素点即为运动目标。

帧差法(也叫瞬时差分法)是对图像序列中较近的两帧图像作“相减”运算。相邻两帧图像间差分是常用的瞬时差分法,利用公式(5),可计算两帧图像之间的差,得到差分图像 $bid_k(x, y)$

$$bid_k(x, y) = |f_k(x, y) - f_{k-1}(x, y)| \quad (5)$$

其中, $f_{k-1}(x, y)$ 和 $f_k(x, y)$ 为第 $K-1$ 帧、第 K 帧图像, $bid_k(x, y)$ 是运动对象,当然, $bid_k(x, y)$ 也可能是由噪声或者光照变化引起。为此,需要设置一个合理的阈值 T , 对运动对象 $bid_k(x, y)$ 进行二值化处理,即:

$$bid_k(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{如果 } bid_k(x, y) > T \\ 0, & \text{如果 } bid_k(x, y) \leq T \end{cases} \quad (6)$$

这里取值为 1 像素代表前景,取值为 0 像素代表背景. 图像差分法要求两帧图像之间配准的非常精确,否则会产生较大误差.

在差分图像中,非零值的像素并不都属于运动物体,为更好地利用多帧图像相关性,获得更可靠的运动信息,提出利用相邻 3 帧图像两两差分,做二值化处理,然后将两差分图像做“与”运算,可确定目标对象在中间那一帧的位置,这种运算叫做对称差分法(即多帧差分法). 为此,对公式(5)进行改进,设第 $K-1$ 帧 $f_{k-1}(x,y)$ 与第 K 帧 $f_k(x,y)$ 之间的差分图像为 $bid_k(x,y)$,设第 K 帧 $f_k(x,y)$ 与第 $K+1$ 帧 $f_{k+1}(x,y)$ 之间的差分图像为 $bid_{k+1}(x,y)$,则对第 K 帧图像的对称差分表示如下:

$$sid_k(x,y) = bid_k(x,y) \cap bid_{k+1}(x,y) \quad (7)$$

表明只有 $bid_k(x,y) = 1$ 和 $bid_{k+1}(x,y) = 1$ 同时成立时, $sid_k(x,y) = 1$ 才成立.

差分法能够实时确定目标在图像中的位置,算法简单、运算速度快且利于硬件实现,适用于实时性强的应用环境. 但当视频场景中,背景自身含有运动的物体存在时(如天空中的飞鸟,云彩等),检测到的目标会出现“虚影”和内部“空洞”的现象,出现大量的误检测信息,因而不能检测到完整的目标.

4 基于图像融合的运动目标检测

经过以上研究,发现对称差分图像可以检测到运动目标的轮廓,背景减法可以得到目标大部分的前景,因此结合这两种方法,取长补短,在每个像素位置将对称差分图像 $d_k(x,y)$ 和背景减法图像 $b_k(x,y)$ 进行逻辑“或”运算,从而得到比较完整的当前运动目标图像:

$$F_k(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{当 } d_k(x,y) \cup b_k(x,y) = 1 \text{ 时} \\ 0, & \text{当 } d_k(x,y) \cup b_k(x,y) = 0 \text{ 时} \end{cases} \quad (8)$$

4.1 算法实现流程

图 1 给出算法原理的流程图. 在空间运动目标的检测过程中,首先利用统计原理的高斯混合模型从前 N 帧(例如 $N=90$) 图像中估计出背景图像,并进行二值化和形态学滤波,从而得到估计的背景图像,然后以第 $K-1$ 、 K 、 $K+1$ 相邻 3 帧图像, $f_{k-1}(x,y)$ 、 $f_k(x,y)$ 、 $f_{k+1}(x,y)$ 进行对称差分运算;再按照公式(8)结合图 1 的流程,检测出目标图像 $F_k(x,y)$.

4.2 实验结果

图 2 给出了以上融合算法的主要处理过程和目

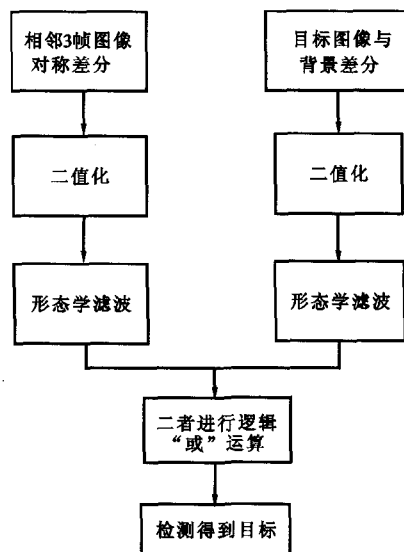


图 1 图像融合的运动目标检测过程

标检测结果. 其中(a)是取视频序列前 90 帧经过高斯混合模型估计得到的背景图像,(b)为第 90 帧图像,图(c)是利用背景减法检测到的目标,(d)为图(c)二值化的结果,图(e)为对称差分法的结果,从图中看到,对称差分法得到目标的大体轮廓,目标内部存在明显的“空洞”,(f)为融合图(d)和(e)的结果.

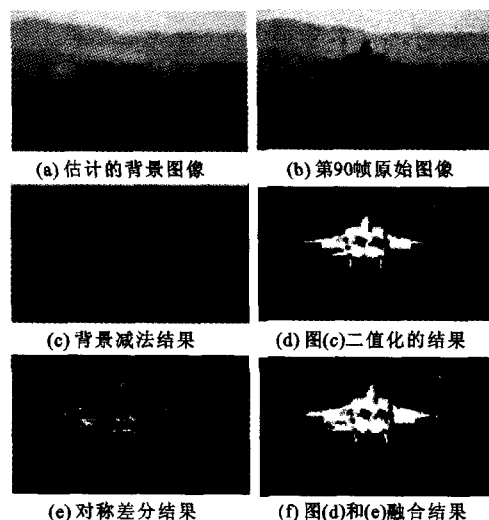


图 2 融合算法的检测结果

5 结束语

文中提出了一种对运动目标进行检测与提取的算法. 实验表明,算法在目标和背景的对比较低时可以得到较好的结果. 该算法需要调整的参数较少,易于实现,通用性强. 在空间运动目标特征识别领域可以获得有效运用. 在阴影存在情况下,算法检测出的轮廓不够精确. 这是下一步需要研究的问题.

(下转第 128 页)

表 2 传统算法与改进算法模块比较

模块	传统 SVPWM 算法	改进 SVPWM 算法
扇区判断	V_a, V_b, V_c 合成 $\vec{V}_{ref}$	
	$\vec{V}_{ref}$ 正交分解为 V_α, V_β	根据估计得到的角度值 θ 判断 $\vec{V}_{ref}$ 所在的扇区
	V_α, V_β 构成辅助变量 V_1, V_2, V_3	
	根据 V_1, V_2, V_3 判断 $\vec{V}_{ref}$ 所在的扇区	
电压矢量作用时间	V_a, V_b, V_c 合成 $\vec{V}_{ref}$	
	$\vec{V}_{ref}$ 正交分解为 V_α, V_β	根据 V_α, V_b, V_c 求得作用时间 T_i, T_{i+1}
	根据 V_α, V_β 求得	
	作用时间 T_i, T_{i+1}	

参考文献:

[1] 王成元, 夏加宽, 杨俊友, 等. 电机现代控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
[2] 李世敬. 基于正弦波模式的高品质直流变频压缩机驱动模式的关键技术研究[D]. 上海: 同济大学, 2001.

(上接第 124 页)

参考文献:

[1] Peter Mountney, Danail Stoyanov, Yang Guang-zhong. Three-dimensional tissue deformation recovery and tracking; introducing techniques based on laaroscopic or endoscopic images [J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2010, 27(4): 14-24.
[2] Collins R T, Lipton A J. Introduction to the special section on video surveillance[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 745-746.
[3] 谢晓飞, 邵斌. 运动车辆非正常路径的数学形态学检测研究[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(10): 131-133.
[4] Liu Guixi, Shao Mingli, Liu Xianhong, et al. Video moving object auto-extraction in real scene[J]. Acta Optica Sinaca, 2006, 26(8): 1150-1155.
[5] 郑江滨, 张燕宁. 视频监控中运动目标的检测与跟踪算法[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(10): 34-37.

[3] Zhang Yihai, Wang Songsong, Xia Haixia, et al. A novel SVPWM modulation scheme[J]. APEC 2009 Twenty-Fourth Annual IEEE, 2009: 128-131.
[4] 严伟, 龚幼民. 空间矢量控制算法电路实现[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(7): 153-159.
[5] 祝琴, 钟祥微, 章鸿. SVPWM 原理及其 Simulink 仿真[J]. 电器技术, 2005(4): 49-51.
[6] 谭子尤, 唐圣学, 孟凡斌, 等. 位流 PID 控制器及其在直流电机中应用[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(2): 41-44.

作者简介:

毕 卉 女, (1985-), 硕士研究生. 研究方向为直流电机驱动算法、音频编解码算法及相关 DSP 应用.
任雁鹏 男, (1984-), 助理研究员. 研究方向为直流电机驱动算法、音频编解码算法及相关 DSP 应用.
梁利平 男, (1969-), 研究员, 博士生导师. 研究方向为高性能 DSP 及 SoC 设计.

[6] 刘亚, 艾海舟. 一种基于背景模型的运动目标检测与跟踪算法[J]. 信息与控制, 2002, 31(4): 315-319.
[7] Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]// IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Ft. Collins, CO, 1999: 246-252.
[8] 李冠军, 丁喆. 视频多运动目标提取的新方法[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(1): 141-143.

作者简介:

田鹏辉 男, (1975-), 博士, 讲师. 研究方向为地理信息系统、空间目标识别与跟踪.
隋立春 男, (1963-), 教授. 研究方向为影像分析、InSAR 及激光雷达数据处理等.
程少辉 男, (1973-). 研究方向为城市规划及设计.