

分块投影匹配的运动目标检测方法

程 全¹, 樊 宇², 刘玉春¹, 程 朋³

(1. 周口师范学院 机械与电气工程学院, 河南 周口 466001;
2. 周口师范学院 网络工程学院, 河南 周口 466001; 3. 国机精工有限公司, 河南 郑州 450000)

摘 要: 针对动态场景下图像序列中运动目标检测问题, 首先采用基于分块投影匹配的全局运动参数估计方法, 然后利用估计得到的运动参数补偿背景的全局运动以稳定图像序列, 最后在稳定后的图像序列上采用背景减除法提取运动目标。实验表明, 分块投影匹配的运动目标检测能有效地提取动态背景下的运动目标。

关键词: 目标检测; 运动估计; 背景减除

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3788/IRLA201847.1026004

Moving target detection method based on block projection matching

Cheng Quan¹, Fan Yu², Liu Yuchun¹, Cheng Peng³

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China;
2. College of Network Engineering, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China;
3. Sinomach Precision Industry CO., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Aiming at the moving target detection in image sequence for dynamic scene, block projection and matching were utilized for global motion estimation. Then, the background image was compensated by applying the estimated motion parameters so as to stabilize the image sequence. Finally, background subtraction was employed in the stabilized image sequence to extract moving targets. Experiment tests denote that the proposed moving target detection algorithm based on block projection and matching can efficiently extract moving targets in dynamic scene.

Key words: target detection; motion estimation; background subtraction

收稿日期: 2018-05-05; 修订日期: 2018-06-03

基金项目: 国家自然科学基金(61401526); 河南省科技攻关项目(182102210151, 182102310761);
周口师范学院教育教学改革研究项目(J2016049)

作者简介: 程全(1978-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事智能控制方面的研究。Email: quan8888@126.com

0 引言

运动目标检测的目的是在图像序列中将运动的目标区域从背景中分离出来,目标检测结果的好坏会直接影响到目标跟踪、分类和识别。事实上,由于气候和光照变化、复杂场景中的背景干扰、目标边缘或区域特征不明显、目标遮挡等因素的影响,使运动目标检测变得极为困难^[1-3]。

根据场景是否变化,通常可将运动目标检测方法分为两大类:静态背景下的检测和动态背景下的检测。当成像传感器静止时,运动目标检测相对简单,可以应用背景估计与背景减除技术^[4]。当成像传感器与目标都运动时,即背景是动态变化的,运动目标检测就变得相当困难^[5-6]。由于场景中目标及背景均在变化,所以很难直接应用背景估计与背景减除技术。实际上,图像序列中背景运动是由摄像机运动引起的,而目标运动则独立于摄像机运动,在这种情况下,运动目标检测就是要解决如何区分由摄像机引起的背景整体运动和独立于摄像机的目标局部运动。

解决这类问题的方法目前主要有两种:(1) 分类法,该方法能够实现摄像机运动情况下的目标检测,但需要事先训练目标分类器,仅适用于检测特定类别目标,比如检测行人;(2) 光流法,该方法能够正确区分摄像机引起的背景的全局运动与场景中目标的局部运动,但计算量很大,难以实时应用^[7-10]。如果事先能对图像序列进行全局运动补偿,那么帧间差分法、背景减除法等用于静态背景的目标检测方法就能用于动态背景了。

1 全局运动估计

全局运动指由摄像机运动所引起的图像整体运动,例如,采集图像时由摄像机的平移、旋转、变焦、倾斜等运动引起的图像变化,这类运动可能会影响运动目标检测与跟踪,因此必须估计出由摄像机运动所引起的图像序列帧间运动,并对其做适当补偿。全局运动估计的目的就是根据图像序列寻找摄像机的运动规律,即估计运动参数。

针对运动目标检测对实时性的要求,此节提出一种基于分块投影匹配的快速全局运动估计方法^[11]。

基于块匹配思想的全局运动估计匹配精度高,特别适用于对连续图像序列的全局运动估计,但常见的块匹配方法通常是基于某种匹配准则,如绝对误差和准则、均方误差准则、归一化互相关函数准则等,在给定搜索范围内寻找最相似的图像块,虽然可以通过对搜索策略进行优化而提高运算速度,但仍然相当耗时;灰度投影方法利用图像灰度总体分布的变化规律估计图像运动矢量,虽然不能适用于旋转、缩放等运动情形,但该方法简单、运算快速。为了提高算法的实时性,将灰度投影算法与块匹配法相结合,首先通过灰度投影匹配求取图像子块的平移运动矢量,在此基础上采用 WRANSAC 方法估计全局运动。

假设图像中的景物运动是由摄像机的运动而引起,令对应像素的图像座标在运动前后分别为 x, y ,那么,以六参数仿射运动模型表示的摄像机全局运动可由下式描述:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix}$$

式中: h_1, h_2, h_4, h_5 表示旋转、缩放运动; h_3, h_6 表示平移运动,如果已知图像中若干像素的对应关系,那么全局运动模型参数估计转化为根据对应关系求 H 矩阵。

首先将图像划分为 $M \times N$ 块,通过投影匹配计算相邻两帧图像对应子块间的平移矢量,将其作为该子图像中心点的位移矢量,然后提出一种评估函数以估计平移运动矢量的准确性,最后采用稳健估计方法计算全局运动模型参数,并根据参数对 F_{k-1} 进行运动补偿,得到 F_{k-1}' 。

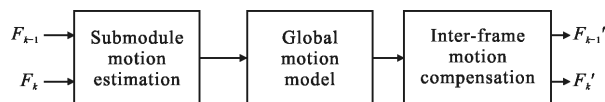


图 1 全局运动补偿

Fig.1 Global motion compensation

对于动态场景的图像序列,如果对其进行全局运动补偿,则静态背景下的运动目标检测方法也能适用。

2 目标检测

采用高斯模型背景减除法进行目标检测^[12-14]。首先建立背景模型,然后将当前帧图像的每一像素与

背景模型中对应像素的分布进行比较,不符合该点统计分布特征的像素将被认为属于运动目标,流程如图 2 所示。

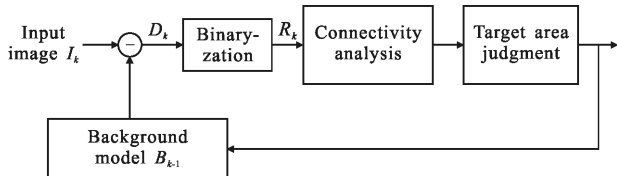


图 2 背景减法处理流程

Fig.2 Background subtraction division process

首先将第 k 帧图像与当前所能得到的背景模型 B_{k-1} 做差,得到差分图像 D_k :

$$D_k(x, y) = |I_k(x, y) - B_{k-1}(x, y)|$$

然后对差分图像 D_k 进行二值化,当差分图像中某一像素的灰度值大于给定阈值 T 时,便认为该像素属于目标区域,反之则认为其属于背景区域:

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 0 & D_k \leq T \\ 1 & D_k \geq T \end{cases}$$

在实际应用中,背景通常随时间而变化,此时需要对背景进行更新,常用下式实时更新背景图像,缺点是会使目标图像在一定程度上叠加到背景图像上。

$$B_k = (1 - \alpha)B_{k-1} + \alpha I_k$$

为提高背景更新方法的有效性,也可以仅对背景部分更新,而对于检测为目标的部分不更新。常用高斯统计模型对背景图像进行估计和更新。如以下公式所示,在较长时间段内统计图像序列中每一像素的平均亮度 μ_0 和像素亮度的方差 σ_0^2 :

$$\mu_0(x, y) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T I_i(x, y)$$

$$\sigma_0^2(x, y) = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T [I_i(x, y) - \mu_0(x, y)]^2$$

由 μ_0 和 σ_0^2 组成的具有高斯分布的图像 B_0 作为初始背景估计图像。当背景估计图像初始化后,根据每一帧新来的图像,对背景进行更新,如以下公式所示:

$$\alpha = K \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times \sigma_{k-1}} \exp\left(-\frac{(\mu_{k-1} - I_k)^2}{2}\right)^2$$

$$\mu_k = (1 - \alpha)\mu_{k-1} + \alpha I_k$$

$$\sigma_k^2 = (1 - \alpha)\sigma_{k-1}^2 + \alpha(I_k - \mu_k)^2$$

在得到背景的统计模型后,根据下式对场景中

的目标进行检测。

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 0 & |I_k(x, y) - \mu_k(x, y)| < \omega_0 \sigma_k(x, y) + \omega_1 \\ 1 & \text{other} \end{cases}$$

式中: ω_0 和 ω_1 为两常数。

3 目标定位

由于噪声干扰,检测到的二值图像表示的目标区域可能存在偏差,为了对目标进行精确定位,首先利用图像形态学操作消除噪声干扰,然后再进行连通性分析精确提取目标质心及大小。首先采用腐蚀算子将二值图像的孤立噪声点去除,然后采用膨胀算子对图像进行运算对其恢复。

通过矩方法确定目标的质心,如以下公式所示:

$$x_c = \frac{m_{10}}{m_{00}}, y_c = \frac{m_{01}}{m_{00}}, m_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y), m_{10} = \sum_x \sum_y xI(x, y),$$

$$m_{01} = \sum_x \sum_y yI(x, y)$$

根据图像的二阶中心确定目标大小,定义图像中心距:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - x_c)^p (y - y_c)^q I(x, y)$$

如果用椭圆表示运动目标,那么椭圆主轴定向角 ϕ 及长轴 α 定义为以下公式:

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{2(\mu_{20} + \mu_{02} \pm \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2})}{\mu_{00}}}$$

4 实验结果与分析

对 PETS2005 数据库测试图像序列进行实验,结果如图 3 和图 4 所示。实验时首先采用分块投影匹

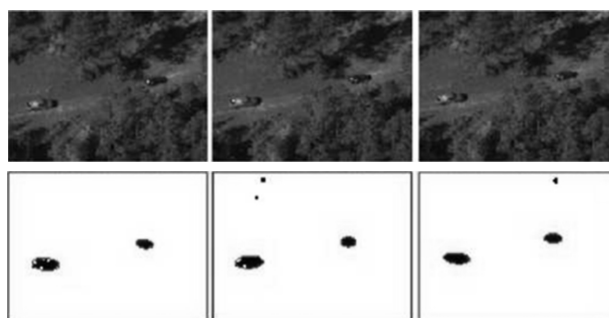


图 3 运动目标检测示例

Fig.3 Moving target detection example

配进行全局运动估计和补偿,然后采用图像差分技术进行运动检测,实验结果显示了这种方法的有效性,实验结果表明,文中方法能有效提取动态背景下的运动目标。

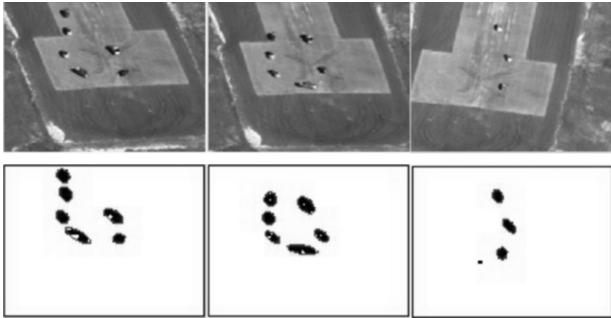


图 4 运动目标检测示例

Fig.4 Moving target detection example

5 结 论

基于投影匹配的全局运动参数估计方法只能应用于序列中只存在平移运动的情况,但运算速度快,文中将该方法应用于块匹配方法中的匹配过程,在不影响匹配精度的前提下,提高了运算速度,当图像序列间只存在少量旋转或缩放时,该方法较好地解决了估计精度与速度之间的矛盾。由于文中采用了改进的随机一致参数估计算法,在进行全局运动参数估计时能自动舍弃含有运动目标的分块,从而提高了全局运动的估计精度。背景建模法能快速准确地检测场景中运动的目标,检测过程中不需人为干预,自主性好,但对场景要有一定的先验知识。实验表明,基于分块投影匹配的运动目标检测能有效地提取动态背景下的运动目标。

参考文献:

[1] Tang Cong, Ling Yongshun, Zheng Kedong, et al. Object detection method of multi-view SSD based on deep learning [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2018, 47(1): 0126003. (in Chinese)

[2] Ding Peng, Zhang Ye, Jia Ping, et al. Ship detection on sea surface based on multi-feature and multi-scale visual attention[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2017, 25(9):

2462-2468. (in Chinese)

[3] Wang Yonghong, Lv Youbin, Gao Xinya, et al. Research progress in shearography and its applications [J]. *Chinese Optics*, 2017, 10(3): 300-309. (in Chinese)

[4] Weng M, Huang G, Da X. A new interframe difference algorithm for moving target detection[C]//Proceedings of the 2010 3rd IEEE International Congress on Image and Signal Processing, 2016: 285-289.

[5] Sens T, Evangelio R H, Siko R A. Detecting people carrying objects based on an optical flow motion model [C]// Proceedings of the 2011 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2011: 301-306.

[6] Li Zhengzhou, Cao Lei, Shao Wanxing, et al. Detection of small target in sea clutter based on spatio-temporal chaos analysis[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2018, 25(1): 193-199. (in Chinese)

[7] Arel I, Rose D, Karnowski T. Deep machine learning-A new frontier in artificial intelligence research [J]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2015, 5(4): 13-18.

[8] Fu Wenlong, Zhang Mengjie. Low-level feature extraction for edge detection using genetic programming [J]. *IEEE Transactions Cybernetics*, 2014, 44(8): 1459-1472.

[9] Zhang Yongxiang, Wang Jian, Zhang Weigong, et al. An improved algorithm of electronic image stability based on block matching [C]//2010 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 2016: 1924-1927.

[10] Ma Junkai, Luo Haibo, Chang Zheng, et al. Visual tracking algorithm based on deformable parts model [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2017, 46(9): 0928001. (in Chinese)

[11] Xiong Jingying, Dai Ming, Zhao Chunlei. Dejitter design for infrared laser vehicle cloud platforms [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2018, 47(1): 0126002. (in Chinese)

[12] Xiong Jingying, Dai Ming, Zhao Chunlei. Dejitter design for infrared laser vehicle cloud platforms [J]. *Chinese Optics*, 2017, 10(6): 719-725. (in Chinese)

[13] Rakibe R S, Patil B D. Background subtraction algorithm based human motion detection [J]. *International Journal of Scientific and Research Publication*, 2013, 3(5): 1-4.

[14] Bharti T T. Background subtraction techniques-review [J]. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 2013, 2(3): 166-168.