

一种基于相关特征匹配的移动目标检测方法

王明高 王 琰

(沈阳理工大学信息科学与工程学院, 沈阳 110064)

摘要 提出了一种在变化背景中利用相关特征匹配来检测移动目标的方法,该方法利用图像的灰度均值及灰度均方差作为自适应阈值过滤原图像,将图像中的目标物分离;提取特征并将特征参数化,利用特征参数欧式距离检测目标;通过检测连续多帧图像,对图像中非移动目标进行过滤,最终得到移动目标。该方法与相关系数法检测移动目标的方法相比减少了计算量,并且相邻图像中存在部分相同背景的情况不影响检测结果。实验结果证明,该方法能在变化背景图像中有效地检测到运动目标。

关键词 自适应阈值 特征提取 移动目标检测

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)08-1372-05

Detection of Moving Objects Based on Correlative Feature Matched

WANG Ming-gao, WANG Yan

(School of Information Science & Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110064)

Abstract This paper proposes a method of detecting moving objects against changing background based on correlative feature matching. The result of the mean of pixel value minus the variance of pixel value is used as the adaptive threshold to separate the object from the background; the features are extracted and parameterized from the image; using the Euclidean distance between the feature to detect objects; Filtering the static object through three continuous frame. This method reduce the calculation greatly compare to the method using correlative parameter, and the method is not subject to the same background between the neighbouring frames. The validity of the method is proved by experiment.

Keywords adaptive threshold, feature extraction, moving object detection

1 引言

动态图像提供了比静态图像更加丰富的信息。随着技术的发展,动态图像处理也越来越多地被应用到国防和民用等诸多领域,如对空检测中的目标跟踪、机载或弹载红外图像目标检测、交通监控、汽车电子辅助驾驶及气象云图分析等。动态图像分析的基本任务是从图像序列中检测出运动信息,识别与跟踪运动目标和估计3维参数^[1]。

静止背景中运动目标检测的算法主要有相邻帧差的算法和基于背景图像和当前帧差的算法,以及

在背景灰度变化较大的情况下基于差分的改进算法^[2,3]。

变化背景中检测移动目标的一种常用方法是光流法,在光流场中,移动目标的边缘与背景存在明显的速度差,通过微分计算产生速度矢量场,从而确定移动目标。但由于物体本身内部没有速度矢量场,所以往往不能检测物体的完整轮廓,往往通过光流场和其他图像处理的方法结合起来检测目标^[4-6]。相邻图像特定区域相关系数法检测移动目标是移动目标检测的另一种方法,基于相邻图像序列在空间上存在很多的相关特征,所以选定景物特征,利用特征间的相关性检测目标能够排除光流法中的不确定

基金项目:“十五”预研兵器支撑基金项目(YJ0467048)

收稿日期:2005-08-22;改回日期:2006-01-09

第一作者简介:王明高(1976~),男,现为沈阳理工大学信息科学与工程学院计算机软件与理论专业研究生。主要研究方向是图像处理与模式识别。E-mail: wmgao96@sina.com.cn

性。相关系数法就是在相邻图像序列中找到选定的特征点,如果特征点不依赖于灰度信息,则相关系数法能够稳定地检测到移动目标。

本文主要是解决变化背景下移动目标检测,在总结相关系数法目标检测的基础上,对特征提取方法进一步改进,用灰度图像的灰度均值和方差作为单调模板的自适应阈值保留图像的主要信息;利用图像形态学腐蚀、膨胀等运算,将特征有效地分离出来;将原方法中利用相关系数的运算改成对特征信息欧式距离的判断,并通过多帧检测过滤非移动目标特征,最后通过判断特征间位置关系相对稳定性来检测出移动目标。

2 相关系数法

相关系数法检测移动目标一般分为两步。首先要选择合适的特征,这些特征应该对灰度的变化不敏感。然后通过对相同特征区域进行特征相关系数计算来确定对应的特征从而确定移动目标。这里用单调算子进行特征提取。

2.1 单调算子特征提取

经过单调算子处理后得到的特征几乎和照度无关,又能够简单地区分灰度结构。单调算子的计算方法为:确定算子的模板,例如 3×3 的模板,将模板上灰度小于模板中心像素灰度值的像素置为 1;否则置为 0。

$$e(k,l) = \begin{cases} 1 & f(m,n) > f(m+k,n+l) \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

其中, m, n 是模板中心的坐标; k, l 在模板的范围内变化。

计算模板中 1 的个数:

$$M(m,n) = \sum_{k,l} e(k,l)$$

对于 3×3 模板,通过将模板内的灰度进行映射为特定值来提取点、线、边、角等结构特征。

2.2 相关系数确定对应特征

为了在相邻两帧中找到相匹配的特征,需要从第 1 帧图像 $f_1(x,y)$ 中截取小部分区域,将该区域与第 2 帧图像 $f_2(x,y)$ 中特定搜索范围内相同尺寸区域进行匹配。在内积矢量空间中,两个矢量特征如果平行,即两个特征是一样的,此时的 Cauchy-Schwarz 不等式中的等号成立。

$$\int f_1(x,y)f_2(x,y) dx dy \leq \left(\int f_1^2(x,y) dx dy \int f_2^2(x,y) dx dy \right)^{1/2}$$

也就是说互相关系数 $r(m,n)$ 需要极大化,其中 m, n 是该区域的中心的坐标。

$$r^2(m,n) = \frac{\left(\sum_{p,q \in \text{window}} f_{1,m,n}(x+p,y+q) \sum_{p,q \in \text{window}} f_{2,m,n}(x+p+k,y+q+l) \right)^2}{\sum_{p,q \in \text{window}} f_{1,m,n}^2(x+p,y+q) \sum_{p,q \in \text{window}} f_{2,m,n}^2(x+p+k,y+q+l)}$$

p, q 在整个图像上移动; k, l 表示遍历以 m, n 为中心模板时的移动变量。在相关系数达到最大时两个特征即为同一个特征。

3 改进的目标检测算法

相关法将图像二值化,把点、线、边、角等特征信息结构映射,最后利用两帧图像中相关系数来检测移动目标,很明显图像中相同部分的背景将导致误判,并且将灰度图特征化后保留了图像太多细节信息,使检测准确性下降。

为了克服以上问题,利用以下方法改进:

(1) 图像的均方差反映了图像中灰度的波动范围,灰度波动大则均方差大,反之,则小。利用灰度图均值和均方差的差值为自适应阈值去除噪音及细节信息并尽可能保留主要特征。通过该阈值能够很好地过滤图像中相对于背景灰度变化比较大的目标物。阈值的计算方法为

$$T = \text{abs}(\text{mean}(f(x,y)) - \text{sqrt}(f(x,y)))$$

$\text{mean}(f(x,y))$ 是图像灰度均值, $\text{sqrt}(f(x,y))$ 为图像均方差, $f(x,y)$ 为图像的灰度值:

$$\text{mean}(f(x,y)) = \frac{\left(\sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n f(x,y) \right)}{(m \times n)}$$

$$\text{sqrt}(f(x,y)) = \left(\frac{\left(\sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n f(x,y) - \text{mean}(f) \right)^2}{(m \times n - 1)} \right)^{1/2}$$

m, n 分别是图像的长宽。

(2) 进行膨胀、腐蚀和自差分运算,运算后的图像特征更加简单,减少了运算量。

(3) 特征参数化,将特定区域相关系数的计算改为相关特征参数欧式距离的计算,加快检测速度。

3.1 特征提取

灰度均方差是描述图像灰度值偏离均值情况的量,本文将图像灰度均值与均方差的差作为自适应阈值 T ,保留目标主体特征,并将图像二值化:

$$f(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) > T \\ 0 & f(x,y) < T \end{cases}$$

对二值化图像进行上下左右自差分来获得特征轮廓,对得到的边缘进行形态学膨胀和腐蚀操作,将间隔较小的断点连接起来,减少细小特征的干扰。

特征的参数为曲线面积 $Area$,即像素的个数;曲线的中心的 Cx 坐标和 Cy 坐标;曲线所占像素的高 H 和宽 W 。

首先对图像中的曲线进行标定^[7],对图像标定后就可以直接在图像中寻找标定的区域;其次对标定区域计算特征的 5 个参数,并将特征参数存入特征向量列表

$$P_i = [Area, Cx, Cy, W, H]^T$$

其中,下标 i 表示特征向量的个数。

提取特征的详细方法步骤如下:

(1) 对图像中特定灰度值的曲线进行标定,标定值为 P_1, P_2, \dots, P_n 。用标定值作为区别该特征与其他特征的标志;

(2) 对标定值进行跟踪,并对像素坐标进行累加,计算标定的像素个数作为该特征曲线面积 $Area$,计算该区域像素坐标均值作为该曲线中心坐标 Cx, Cy ;

(3) 分别找出该区域在 x 和 y 方向上的坐标最大和最小值,计算在两个方向上最大和最小值之差,得到该曲线区域长 H 和宽 W ;

(4) 设定阈值 T_{Area}, T_W, T_L ,判断该区域特征参数是否满足作为特征的条件,如果满足 ($|p_i \cdot Area| \geq T_{Area}$ and $|p_i \cdot W| \geq T_W$ and $|p_i \cdot L| \geq T_L$) 则保存特征到特征向量列表;否则继续寻找特征。

3.2 目标检测及整合

相邻 3 帧图像进行特征提取并且保留参数后形成两个特征数据的数据集:

$$M_1 = \{p_1^{(1)}, p_2^{(1)}, \dots, p_k^{(1)}\}$$

$$M_2 = \{p_1^{(2)}, p_2^{(2)}, \dots, p_m^{(2)}\}$$

$$M_3 = \{p_1^{(2)}, p_2^{(2)}, \dots, p_n^{(2)}\}$$

在两个特征数据集中遍历特征,通过以下的约束关系检测目标,如果满足下式则该特征为目标特征,并保留特征参数。

$$\begin{cases} |p_i^{(2)} \cdot Area - p_j^{(1)} \cdot Area| < \Delta A \\ |p_i^{(2)} \cdot Cy - p_j^{(1)} \cdot Cy| < \Delta t_h \\ |p_i^{(2)} \cdot Cx - p_j^{(1)} \cdot Cx| < \Delta t_w \end{cases}$$

其中, $p_i^{(n)}$ 是特征曲线, ΔA 为特征面积的阈值; Δt_h 为特征高度阈值; Δt_w 为特征宽度阈值。

当前帧图像的参数分别与前一帧和后一帧的特征参数进行匹配,将两次匹配的结果进行比较并保

存,并将在前后检测结果中都出现的特征作为最终移动目标的特征,从而确定移动目标。

对于同一个运动目标由于特征提取的原因会输出多个目标轮廓,由于刚体在运动中的不变性,同一个运动目标的多个特征轮廓在运动过程中位置保持相对不变。这里通过对 3 帧中都出现的特征的 Cx, Cy 来比较多个特征轮廓在 3 帧图像中的位置关系,将相对位置没有明显变化的特征轮廓确定为同一个移动目标的不同部分;最后将各部分整合成一个目标输出。

4 实验结果及分析

为验证本文提出的检测方法,用该方法对运动中的车辆图像进行实验。实验用的处理器为 P4 2.4 的 CPU,处理图像的大小为 480×360 的 BMP 图像,相机和目标都是做相向平移运动。

实验中阈值设定为:在目标确定的过程中 ΔA 为 150、 Δt_h 为 15、 Δt_w 为 15。图 1 ~ 图 8 为实验结果。



图 1 第 1 帧

Fig. 1 The first frame



图 2 第 2 帧

Fig. 2 The second frame



图 3 第 3 帧
Fig. 3 The third frame



图 6 第 3 帧二值化
Fig. 6 Binarization result of the third frame



图 4 第 1 帧二值化
Fig. 4 Binarization result of the first frame

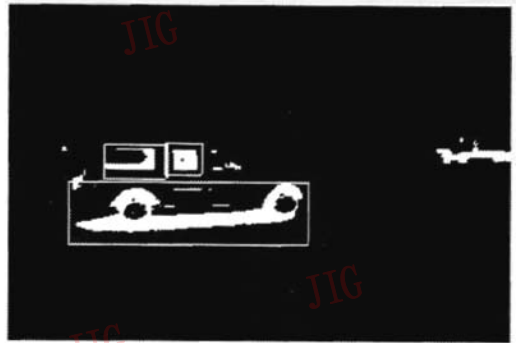


图 7 第 1 帧检测结果
Fig. 7 Detection result on the first frame



图 5 第 2 帧二值化
Fig. 5 Binarization result of the second frame



图 8 第 3 帧检测结果
Fig. 8 Detection result on the third frame

经过实验证明,该方法能够有效地检测到图像中运动目标,相比较利用相关系数的检测方法,该方法能在两帧图像中存在相同背景图像序列中稳定运行,并且受背景物的干扰不大,但对于相隔较远、不存在相同背景的图像序列中该方法失效。

5 结 论

本文提出一种新的利用相关特征匹配在变化背景中检测运动目标的方法。该方法是利用灰度均值和灰度均方差作为图像二值化自适应阈值,对于灰

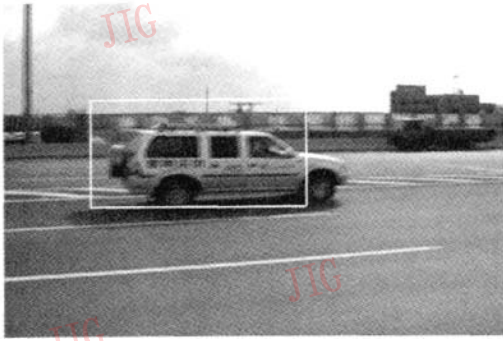


图 9 第 2 帧整合后输出结果

Fig. 9 The integrated output on second frame

度变化范围比较大的图像能保留图像主体特征;对二值化后的图像进行特征提取,并将特征参数化,利用特征参数匹配结果检测目标,由于该算法省去了全图遍历及相关系数的计算,大大减少了运算量;最后通过判断目标间相对位置关系,将位置相对稳定特征组合输出作为移动目标。该方法的检测结果受目标物在图像中显著程度影响,对于比较模糊的图像检测结果只能显示移动目标的部分特征,需要进一步研究改进。

参考文献 (References)

1 Li Zhi-yong, Shen Zhen-kang, Yang Wei-ping, *et al.* Dynamic

Image Analysis [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1999. [李智勇, 沈振康, 杨卫平等. 动态图像分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.]

- 2 Zhang Shi-you, Fei Shu-min, Long Fei. A new algorithm of moving target detection in image sequence based on the lifting scheme[J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(5): 596 ~ 602. [郑世友, 费树岷, 龙飞. 基于小波提升框架的图像序列中运动目标检测算法[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(5): 596 ~ 602.]
- 3 Cho Ju-Hyun, Kim Seong-Dae. Object detection using multi-resolution mosaic in image sequence [A]. In: Signal Processing: Image Communication [C], 2005, 20: 233 ~ 253.
- 4 Liu Ya, Ai Hai-zhou, Xu Guang-you. A visual surveillance system based on principal motion analysis for open country——motion target detection, tracking and panorama generation [J]. Robot, 2001, 21(3): 250 ~ 255. [刘亚, 艾海舟, 徐光祐. 基于主运动分析的野外视觉侦察系统——运动目标检测、跟踪及全景图的生成[J]. 机器人, 2001, 21(3): 250 ~ 255.]
- 5 Atsushi Nagai, Yoshinori Kuno, Yoshiaki Shirai. Detection of moving objects against a changing background [J]. Systems and Computers in Japan, 1999, 30(11): 107 ~ 116.
- 6 Zhang Ze-xu, Li Jin-zong, Li Ning-ning. Detection of moving object using a fusion method based on segmentation of optical flow field and edge extracted by canny's operator [J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 31(9): 1299 ~ 1302. [张泽旭, 李金宗, 李宁宁. 基于光流场分割和 Canny 边缘提取融合算法的运动目标检测[J]. 电子学报, 2003, 31(9): 1299 ~ 1302.]
- 7 Sifakis E, Tziritas G. Moving object localization using a multi-label fast marching algorithm [J]. Signal Processing: Image Communication, 2001, 16: 963 ~ 976.