

动态背景下的运动目标检测

王天召,徐克虎,黄大山

(装甲兵工程学院 控制工程系,北京 100072)

摘要:针对动态背景下运动目标检测的问题,最大限度地降低背景对运动目标检测的影响,提出了一种基于相位相关法和傅里叶梅林变换的动态背景下运动目标检测算法。动态背景下运动目标检测的主要部分是背景运动补偿,首先利用相位相关法和傅里叶梅林变换估计全局运动参量,然后根据全局运动参量利用双线性内插法进行背景匹配,最后对配准后的图像利用帧间差分法提取运动目标。实验表明,该算法具有一定的鲁棒性,能有效地检测动态背景下的运动目标。

关键词:动态背景;运动目标检测;相位相关;傅里叶梅林

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)07-0104-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.026

Moving Object Detection under Dynamic Background

WANG Tian-zhao, XU Ke-hu, HUANG Da-shan

(Department of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: According to the problem of moving object detection under dynamic background, decreasing the effect of background in moving object detection, a method for moving object detection under dynamic background based on phase correlation and Fourier-Mellin transform is introduced. The main part of moving object detection under dynamic background is background compensation. Firstly, use the algorithm of phase correlation and Fourier-Mellin transform to estimate the global motion vector. Secondly, use bilinear interpolation method and the global motion vector to match the two adjacent frame backgrounds. Finally, use registered images and frame difference algorithm to get the moving object. The result of simulation shows that this algorithm is robust and can detect moving object under dynamic background effectively.

Key words: dynamic background; moving object detection; phase correlation; Fourier-Mellin

0 引言

运动目标的检测、识别和跟踪是视频处理系统的基本和关键环节。按照视频设备和被监视场景的关系,分为静态背景和动态背景。对于静态背景下运动目标的检测,其主要思路是构建背景作为参考帧,然后用当前帧和参考帧相减提取运动目标,比如基于高斯混合模型^[1]目标检测。相对于静态背景,动态背景是视频设备的运动和目标的运动共同产生的。因此,动态背景下运动目标的检测的复杂度大大增加。目前,对于动态背景下运动目标的检测常规方法是考虑视频设备位置的变化或者参数的变化而引起的整个图像变化的补偿,通过补偿全局运动使得动态背景转化为静态背景,最后运用背景减法^[2]或者帧差法^[3]检测运动目标。

首先介绍了动态背景下运动目标检测的基本模

型,提出了运用相位相关算法^[4-6]和傅里叶梅林变换^[7-9]以及双线性内插法来检测运动目标的算法。利用相位相关算法和傅里叶梅林变换进行全局运动参量^[10]的估计,通过双线性内插法和全局运动参量对前一帧和当前帧的背景进行匹配,最后采用背景匹配后图像和前一帧图像差进行运动目标的检测。

1 动态背景下运动目标检测的模型

全局运动是指由于视频设备的运动而导致在视频序列中实际上静止的背景产生的表观运动。一般情况下,全局运动可以用在仿射模型^[11]上,仿射模型是用最多的模型,因为它在一般性和易于实现性上进行了很好的折中。在对某一场景成像时,视频设备的运动使得二维图像中像素点的坐标从前一帧的 (x',y') 变换到当前帧的 (x,y) ,前后两帧中对应像素点的坐

收稿日期:2012-10-12

修回日期:2013-01-15

网络出版时间:2013-04-08

基金项目:装甲兵工程学院创新基金(2012CJ42)

作者简介:王天召(1989-),男,硕士研究生,研究方向为目标检测、识别与跟踪;徐克虎,博士,教授,研究方向为系统仿真。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130408.1600.028.html>

标变换关系满足仿射变换模型:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \sigma \begin{pmatrix} \cos\theta_0 & -\sin\theta_0 \\ \sin\theta_0 & \cos\theta_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中, σ 为缩放运动参数, θ_0 为旋转角度, (x_0, y_0) 为平移运动参数。确定这些参数也就得到了前一帧和当前帧的关系。因此, 关键就是准确估计这些参数。为了判断参数是否合理, 引入目标能量函数 E :

$$E = \sum_{x,y} e(x,y)^2 = \sum_{x,y} [I(x,y) - I'(x',y')]^2 \quad (2)$$

其中, I, I' 分别是当前帧、前一帧图像亮度值。判断的准则是目标能量函数值 E 能否取得一个最小值。

动态背景下运动目标的检测可以归纳为以下三个步骤:

(1) 全局运动参量估计: 首先对当前帧和前一帧进行傅里叶变换, 利用相位相关算法和傅里叶梅林变换估计全局运动参量。

(2) 背景匹配: 根据步骤(1)中估计出的全局运动参量, 通过双线性内插法对当前帧和前一帧的背景进行匹配。

(3) 目标检测: 采用背景匹配后的图像和前一帧图像差进行目标检测。

2 相位相关和 Fourier-Mellin 变换估计全局运动参量

相位相关算法是由 Kuglin 和 Hines 在 1975 年提出来的, 是一种基于傅里叶功率谱的频域相关技术, 它只利用了互功率谱中的相位信息, 减少了对图像内容的依赖性, 对图像的亮度变化不敏感, 具有一定的抗干扰能力, 具有较高的匹配精度。

假设图像 $f_1(x, y)$ (前一帧) 在 x 和 y 方向分别平移 x_0 和 y_0 后的图像为 $f_2(x, y)$ (当前帧), 则:

$$f_2(x, y) = f_1(x - x_0, y - y_0) \quad (3)$$

$f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 的傅里叶变换^[12] $F_1(u, v)$ 和 $F_2(u, v)$, 有:

$$F_2(u, v) = F_1(u, v) e^{-j2\pi(ux_0 + vy_0)} \quad (4)$$

图像 $f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 的傅里叶互功率谱为:

$$\frac{F_1^*(u, v) F_2(u, v)}{|F_1^*(u, v) F_2(u, v)|} = e^{-j2\pi(ux_0 + vy_0)} \quad (5)$$

$$L^{-1}(e^{-j2\pi(ux_0 + vy_0)}) = \delta(x - x_0, y - y_0) \quad (6)$$

其中, $F_1^*(u, v)$ 为 $F_1(u, v)$ 的复共轭, L^{-1} 为傅里叶逆变换。互功率谱的傅里叶逆变换为一个二维脉冲

函数 $\delta(x - x_0, y - y_0)$, 根据 δ 函数的位置来确定平移参数 x_0 和 y_0 。如图 1 所示, $x_0 = 20, y_0 = 0$ 。

假设图像 $f_1(x, y)$ 以 σ 为参数进行缩放, 然后逆时针旋转 θ_0 , 再平移 (x_0, y_0) 得到 $f_2(x, y)$, 则:

$$f_2(x, y) = f_1[\sigma(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0) - x_0, \sigma(-x\sin\theta_0 + y\cos\theta_0) - y_0] \quad (7)$$

$f_1(x, y)$ 和 $f_2(x, y)$ 的傅里叶变换 $F_1(u, v)$ 和 $F_2(u, v)$ 的幅值谱满足:

$$|F_2(u, v)| = \sigma^{-2} |F_1[\sigma^{-1}(u\cos\theta_0 + v\sin\theta_0), \sigma^{-1}(-u\sin\theta_0 + v\cos\theta_0)]| \quad (8)$$



(a) 图像 $f_1(x, y)$

(b) 图像 $f_2(x, y)$

(c) 二维脉冲函数

图 1 互功率谱的傅里叶逆变换

其中, $| |$ 表示幅值谱。从式(8)知, 幅值谱只和旋转角度 θ_0 和缩放参数 σ 有关, 与平移量 (x_0, y_0) 无关。

用 Fourier-Mellin 算出旋转角度 θ_0 和缩放参数 σ 。Fourier-Mellin 变换的理论基础是傅里叶变换和对数极坐标变换, 图像对数极坐标变换是将笛卡尔坐标系下的图像匹配为对数极坐标下的图像匹配, 原坐标系下的尺度和旋转变换, 相应地被转化为平移变换, 如图 2 所示, 然后利用相位相关法就可以将尺度和旋转角度检测出来。

图像 $f(x, y)$ 到 $f(\rho, \theta)$ 的对数极坐标变换定义为:

$$\rho = \log_{10} \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (9)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{y - y_0}{x - x_0}\right) \quad (10)$$

其中, (ρ, θ) 分别为对应对数极坐标系的极径和极角, (x_0, y_0) 是变换中心。

式(7)经过对数极坐标变换后得到:

$$f_2(\log_{10}\rho, \theta) = f_1(\log_{10}\rho - \log_{10}\sigma, \theta - \theta_0) \quad (11)$$

从式(11)可以看出, 经过对数极坐标变换后, $f_2(\log_{10}\rho, \theta)$ 相对于 $f_1(\log_{10}\rho, \theta)$ 只存在平移关系, 因此可以利用相位相关算法得到 $\log_{10}\sigma$ 和 θ_0 , 从而得到 σ 。

3 双线性内插法背景匹配及目标检测

通过相位相关算法估计出全局运动参量后, 以前一帧 $f_1(x, y)$ 为基准, 对当前帧 $f_2(x, y)$ 背景进行配准。在实际计算时, 得到的坐标值不是整数, 所以采用双线性内插法进行背景匹配变换。把当前帧的像素点

的坐标 (x,y) 和估计得到的全局运动变量 $\sigma, \theta_0, (x_0, y_0)$ 代入式(1)得:



(a) 参考图像

(b) 参考图像旋转 3.56 度, 放大 0.9 倍, 平移 (10, 10)



(c) 图 (a) 的对数极坐标图像

(d) 图 (b) 的对数极坐标图像

图 2 对数极坐标变换图

$$Z(x,y) = ((x_0 + \alpha_x), (y_0 + \alpha_y)) \quad (12)$$

其中, $Z()$ 为仿射变换, x_0 和 y_0 分别表示计算得到的横、纵坐标值的整数部分, α_x 和 α_y 为小数部分。经灰度双线性内插变换后的匹配背景为:

$$I(x,y) = (1 - \alpha_x)(1 - \alpha_y)I(x_0,y_0) + \alpha_x(1 - \alpha_y)I(x_0 + 1,y_0) + (1 - \alpha_x)\alpha_y I(x_0,y_0 + 1) + \alpha_x\alpha_y I(x_0 + 1,y_0 + 1) \quad (13)$$

背景匹配后,将前一帧图像和配准后的图像进行帧间差分就可以分割出运动目标。假设 $f_1(x,y)$ 是配准后的前一帧图像, $f_2(x,y)$ 是配准后的当前帧图像,帧间差分后,通过阈值 T 处理可得到运动目标的二值图像 $d(x,y)$,即

$$d(x,y) = \begin{cases} 1 & |f_1(x,y) - f_2(x,y)| > T \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (14)$$

经过差分得到的二值图像 $d(x,y)$ 是不规则的运动目标图像,对二值图像进行形态学图像处理,经过膨胀腐蚀处理后可以填补轮廓线中的断裂,消除小的空洞,还可以消除残留的噪声点,最终得到运动物体的准确分割结果。

4 动态背景下运动目标检测算法流程

根据上述基本原理,动态背景下运动目标检测的具体算法流程如下:

步骤 1:取视频序列第 k 帧图像 $f_k(x,y)$ 和第 $k+1$ 帧图像 $f_{k+1}(x,y)$,并且进行相应的傅里叶变换得到

$F_k(u,v)$ 和 $F_{k+1}(u,v)$ 。

步骤 2:全局运动参量估计。

(1)根据式(11)进行傅里叶逆变换计算旋转角度 θ_0 和缩放参量 σ 。

(2)在(1)的基础上,根据式(6)计算平移量 (x_0, y_0)

步骤 3:以 $f_k(x,y)$ 为基准,根据估计得到的全局运动变量 $\sigma, \theta_0, (x_0, y_0)$,通过双线性内插法对 $f_{k+1}(x,y)$ 进行背景匹配。

步骤 4:对配准后的图像 $f_1(x,y)$ 和 $f_2(x,y)$ 进行差分得到二值图像 $d(x,y)$,同时运用形态学图像处理,提取出运动目标。

步骤 5: $k=k+1$,返回步

骤 1 继续执行。

5 实验仿真

根据上文介绍的动态背景下运动目标的检测,用matlab编写实验程序进行仿真,实验选用的视频只存在平移,但是在同时存在旋转和缩放运动的情况下效果也好。取视频的第 50 帧和第 54 帧(因为相邻两帧背景变化不明显),视频帧大小是 320×240 。实验仿真结果如图 3 所示。

图中,(a)是视频的第 50 帧图像,(b)是视频的第 54 帧图像,(c)是(a)的对数极坐标图像,(d)是(b)的对数极坐标图像,(e)是两对数极坐标图像的互能量谱图,(f)是傅里叶反变换曲线显示角度与比例系数,比例系数 $\sigma=1$,旋转角度 $\theta_0=0$,(g)是(a)和(b)的配准后的图像,平移量 $x_0=20, y_0=0$,(h)是利用帧间差分法检测出的运动目标。

6 结束语

相关法和傅里叶梅林变换的方法可以在摄像机运动的情况下,实现运动目标的检测。与其他的图像配准算法相比较,相位相关算法只利用了图像的幅值谱和互功率谱信息,减少了对图像内容的依赖,有效地增强了抗噪能力。实验结果表明了该方法的可行性。

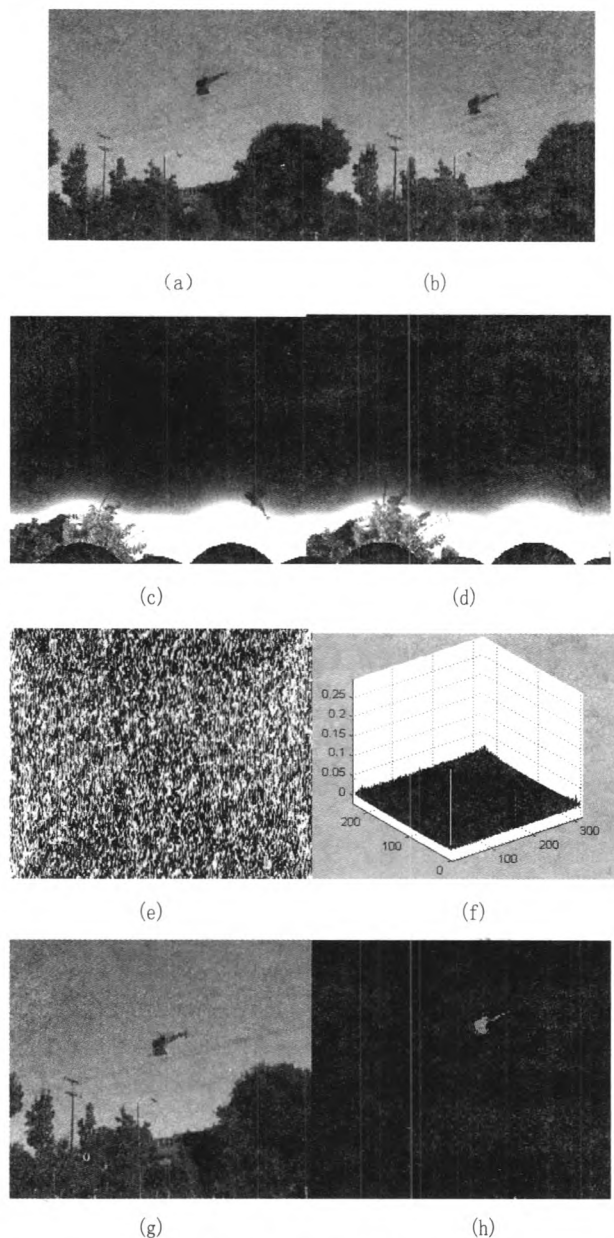


图 3 实验仿真结果

参考文献:

- [1] 黄鑫娟,周洁敏,刘伯扬. 自适应混合高斯背景模型的运动目标检测方法[J]. 计算机应用,2010,30(1):71-74.
- [2] Huang Zhongwen, Qi Feihu, Cen Feng. Background Subtraction and Frame Difference Based Moving Object Detection for Real-time Surveillance[J]. Journal of Donghua University, 2003,20(1):15-19.
- [3] 严晓明. 一种基于改进帧差法的运动目标检测[J]. 莆田学院学报,2011,18(5):69-72.
- [4] 郑志彬,叶中付. 基于相位相关的图像配准算法[J]. 数据采集与处理,2006,21(4):444-449.
- [5] 王福田,吴福虎,罗 斌,等. 基于相位相关的电力红外热像拼接[J]. 计算机技术与发展,2012,22(5):150-152.
- [6] Kuglin C, Hines D. The phase correlation image alignment method[C]//Proc. of IEEE Conference on Cybernetics and Society. New York; [s. n.], 1975.
- [7] 郭晓新,许志闻,卢奕南. 基于 Fourier-Mellin 不变量的图像配准方法[J]. 仪器仪表学报,2004,25(4):421-424.
- [8] 王 珏,肖 斌,马建峰. 基于 Radon 和解析 Fourier-Mellin 变换的尺度与旋转不变目标识别算法[J]. 中国图象图形学报,2008,13(11):2157-2162.
- [9] Chen Q S, Defrise M, Deconinck F. Symmetric Phase-only Matched Filtering of Fourier-Mellin Transforms for Image Registration and Recognition[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, 16(12):1156-1168.
- [10] Wang D, Wang L. Fast and robust algorithm for global motion estimation[C]//Proc. of SPIE Conf. on Visual Communications and Image Processing. San Jose, CA, USA; [s. n.], 1997:1144-1151.
- [11] 王思珏,赵 建,韩希珍. 基于放射变换的快速全局运动估计算法[J]. 液晶与显示,2012,27(2):263-266.
- [12] 强赞霞,彭嘉雄,王洪群. 基于傅里叶变换的遥感图像配准算法[J]. 红外与激光工程,2004,33(4):307-311.

(上接第 103 页)

参考文献:

- [1] 危疆树. 图像处理算法分析及其并行模式研究[D]. 成都:电子科技大学,2006.
- [2] MPICH Forum. MPICH[EB/OL]. 2012-12-20. <http://www.mpich.org/>.
- [3] 吕 捷,张天序,张必银. MPI 并行计算在图像处理方面的应用[J]. 红外与激光工程,2004,33(5):496-499.
- [4] Gonzalez R C. 数字图像处理[M]. 阮秋琦,译. 第 3 版. 北京:电子工业出版社,2011.
- [5] 刘振安,章守信,刘胜璞. 并行图像处理算法的设计与实现[J]. 测控技术,2003,22(5):5-6.
- [6] 余 霞,葛 红,何 俊,等. 基于 MPI 的并行医学图像处理[J]. 计算机工程与科学,2009,31(3):32-34.
- [7] 王勇超,张 璟,王新卫,等. 基于 MPICH2 的高性能计算集群系统研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(9):101-104.
- [8] Braunl T. Parallel Image Processing 并行图像处理[M]. 李俊山,李新社,焦 康,译. 西安:西安交通大学出版社,2003.
- [9] 孙 敏. 图像处理并行算法研究与实现[D]. 绵阳:西南科技大学,2011.
- [10] 蒋 英,雷永梅. 基于 MPI 的几种算法的并行编程通用算法[J]. 计算机工程与应用,2003,39(3):139-141.

动态背景下的运动目标检测

作者：[王天召](#)，[徐克虎](#)，[黄大山](#)，[WANG Tian-zhao](#)，[XU Ke-hu](#)，[HUANG Da-shan](#)

作者单位：[装甲兵工程学院控制工程系, 北京, 100072](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013, 23(7)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307026.aspx