

动态成像条件下基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标高精度检测

胡光龙, 秦世引

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院, 北京 100191)

摘要:针对动态成像条件下运动目标检测的难点问题,提出了一种将 SURF 特征和 Mean shift 图像分割相结合的高精度运动目标检测方法.首先利用 SURF 特征进行图像配准,以补偿背景图像的运动漂移;然后利用差分求积二值化和形态学滤波方法检测出运动目标区域;最后结合 Mean shift 图像分割方法实现运动目标的精确检测.通过一系列实拍视频的运动目标检测实验验证了此算法的有效性和可行性.实验结果表明,此方法能精确检测出动态成像条件下所形成的动态背景中的运动目标,而且具有良好的鲁棒性和抗噪能力,对于光照条件和亮度变化等不利因素也有较强的适应能力.

关键词:SURF;图像配准;Mean shift;图像分割;动态背景;目标检测

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-4785(2012)01-0061-08

High precision detection of a mobile object under dynamic imaging based on SURF and Mean shift

HU Guanglong, QIN Shiyin

(School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Taking into account the difficulty of moving-object detection with a dynamic background caused by camera motion, a new method was proposed based on speeded-up robust features (SURF) and Mean shift. First, the image registration based on SURF was applied to compensate the background motion, and then binarization of quadrature by difference method and morphological filters was carried out to detect the moving-object's area so that the accurate detection and segmentation of the moving object was accomplished with Mean shift. Finally, the effectiveness and satisfactory performance were validated through a series of experiments of dynamic videos. The results indicate that the proposed algorithm is characterized by high precision, low false detection, and strong robustness to noises, and thus can be extended to application in practical engineering.

Keywords: speeded-up robust features (SURF); image registration; Mean shift; image segmentation; dynamic background; object detection

运动目标检测是计算机视觉领域的研究热点之一,在目标跟踪、视频监控、生物医学、机器人技术等领域都有着广泛的应用^[1-4].根据摄像机是否运动,运动目标检测方法可分为2类:静态背景目标检测和动态背景目标检测^[5].在静态背景目标检测中,摄像机处于静止状态,产生的是背景静止的图像序

列,进行目标检测较为容易,且计算简单,常用的方法有:帧间差分法、背景差分法、光流法^[6]等.在动态背景目标检测中,由于摄像机处于运动状态,导致图像中的背景和目标同时运动,使目标检测变得非常复杂,是运动目标检测中的难点问题.

动态背景下的运动目标检测方法主要有3类:背景配准法、光流法和相机几何模型法^[7].背景配准法是在没有相机内外参数的情况下,利用图像配准,结合背景差分法,检测出运动目标.光流法中,由于背景和运动速度不同,导致光流存在较大差异,并据此检测出运动物体;但光流法计算量大,且

收稿日期:2011-07-13.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60875072);北京市自然科学基金资助项目(4112035);中澳国际合作项目(2007DFA11530).

通信作者:胡光龙. E-mail: hglgh007@163.com.

有孔径问题. 相机几何模型法利用相机的内外参数计算出像素位置的变化, 实现相机运动的补偿, 但在实际应用中很难实时得到相机内外参数.

图像配准方法有模板匹配、基于特征的方法和基于傅里叶变换的方法 3 类^[8]. 特征匹配法具有计算简单、精度高的特点, 但现有的角点匹配方法受匹配误差和环境变化的影响较大. 2006 年, H. Bay 在分析、总结多种特征检测方法的基础上, 提出了 SURF (speeded-up robust features) 描述算子^[9], 其对图像平移、旋转、缩放等变化具有良好的不变性^[10-11]. 文献[12]利用 SURF 特征进行了图像配准和拼接方面的研究, 取得了良好的效果.

针对动态视频中进行运动目标检测的难点问题, 鉴于 Mean shift 算法在图像分割中的优势^[13], 本文提出了一种基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测方法: 首先利用 SURF 特征进行图像配准以补偿背景运动, 然后利用差分求积二值化和形态学滤波检测出运动目标区域, 最后结合 Mean shift 图像分割的方法, 精确检测出运动目标. 实验结果表明, 该方法能精确检测出运动目标, 有效减少误检、多检情况的发生, 具有良好的鲁棒性和抗噪能力.

1 相关研究工作与发展趋势

目前, 针对动态背景下的运动目标检测, 大多数研究者倾向于使用背景配准法和光流法, 以获得高精度的检测结果, 并尽可能减少误检、多检情况的发生.

利用背景配准法来检测运动目标的重点在于准确补偿背景运动. 文献[14]中提出的基于相位相关和差分求积二值化的运动目标检测方法, 在摄像机

只存在平移和旋转变换时, 能够取得较好的效果, 但无法适应缩放变化. 文献[15]中提出的基于 SIFT 特征和差分求积二值化的运动目标检测方法, 利用 SIFT 特征准确补偿背景运动; 但形态学处理后容易导致目标被割裂, 造成多检情况的发生.

文献[16]结合光流估计和背景配准方法来实现航拍图像下汽车和行人的检测和跟踪, 取得了较好的效果; 但速度较慢, 且对小目标的检测效果较差. 文献[17]提出了结合光流场的模图像和 Mean shift 图像分割的方法来精确检测运动目标, 取得了较好的结果; 然而光流场计算量大, 且该方法无法检测出大位移运动目标. 但其提出的结合 Mean shift 图像分割来检测运动目标的方法, 可有效减少误检、多检情况的发生.

因此, 结合图像分割和边缘检测等方法来实现运动目标的精确检测, 是动态成像条件下运动目标检测的发展趋势.

2 运动目标高精度检测策略与算法

2.1 算法原理与实现策略

本文提出的算法原理如图 1 所示, 其处理流程为: 对输入视频进行采集得到相邻 4 帧的彩色图像 I_{C1} 、 I_{C2} 、 I_{C3} 、 I_{C4} , 对其进行灰度化处理得到相应的灰度图像 I_{G1} 、 I_{G2} 、 I_{G3} 、 I_{G4} ; 然后通过提取 SURF 特征进行视频帧配准, 可以得到 I_{G3} 配准到 I_{G1} 的图像 I_{G31} 和 I_{G4} 配准到 I_{G2} 的图像 I_{G42} ; 进而利用差分求积二值化和形态学滤波实现运动目标区域的有效检测; 最后结合 Mean shift 图像分割和边缘提取以精确检测出运动目标.

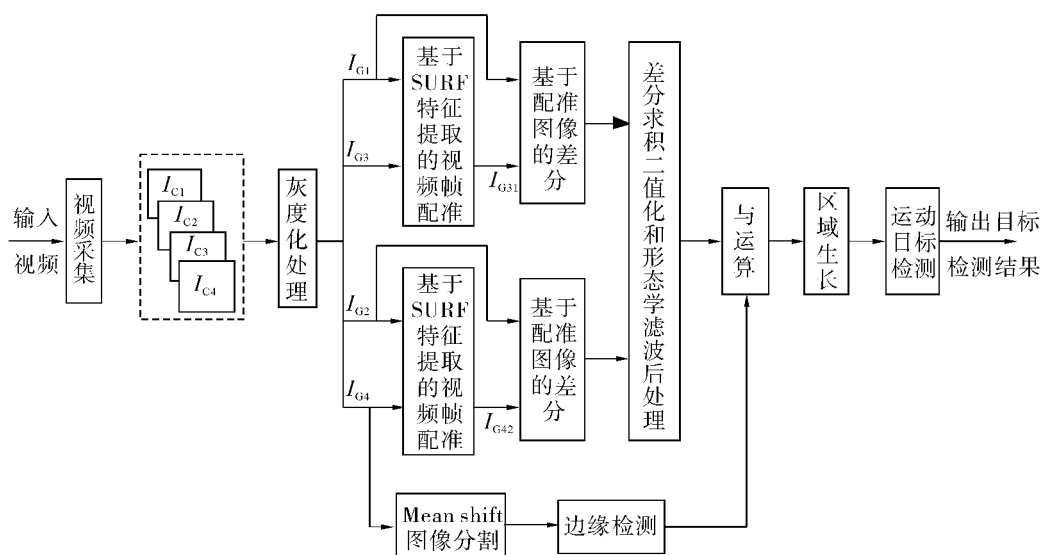


图1 动态成像条件下基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测原理

Fig.1 Principle of moving object detection under dynamic imaging conditions based on SURF and Mean shift

2.2 基于 SURF 特征提取的视频帧配准

基于 SURF 特征提取的视频帧配准需经过以下 3 个步骤:首先,在图像的尺度空间中,提取 SURF 兴趣点,生成特征描述符;其次,在一定的尺度空间范围内,匹配来自不同图像的 SURF 兴趣点;最后,结合 RANSAC 算法和最小二乘法来估计出待配准图像和参考图像间的变换参数。

2.2.1 兴趣点检测

SURF 兴趣点的检测是基于尺度空间理论,采用近似的 Hessian 矩阵来检测兴趣点。对于图像 I 中某点 $X, X=(x, y)$, 该点在尺度 σ 上的 Hessian 矩阵 H 定义为

$$H = \begin{bmatrix} L_{xx}(X, \sigma) & L_{xy}(X, \sigma) \\ L_{xy}(X, \sigma) & L_{yy}(X, \sigma) \end{bmatrix}.$$

式中: $L_{xx}(X, \sigma)$ 是高斯滤波二阶导 $\frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma)$ 与图像 I 卷积的结果, 其中 $g(\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)}$; $L_{xy}(X, \sigma)$ 与 $L_{yy}(X, \sigma)$ 的含义类似。

H. Bay 等提出用框状滤波器来近似代替高斯滤波二阶导(图 2 为 9×9 框状滤波器模板, 图中灰色部分模板值为 0), 然后用积分图像来加速卷积, 以提高计算速度。将框状滤波器与图像卷积的结果 D_{xx}, D_{xy}, D_{yy} 分别代替 L_{xx}, L_{xy}, L_{yy} 得到近似 Hessian 矩阵 H_{approx} , 其行列式为

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (wD_{xy})^2.$$

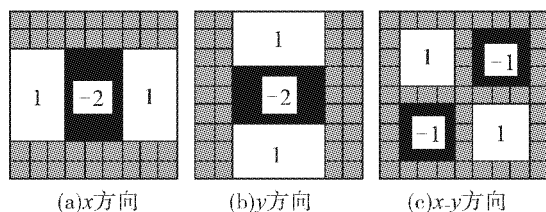


图 2 9×9 框状滤波器模板

Fig. 2 Box filters with 9×9

尺度空间是按阶分层形成的, SURF 采用增大方框滤波器的尺寸来达到尺度空间分层的效果。尺度空间的建立是从 9×9 的滤波器开始, 每一阶分 4 层。图 3 为建立 4 阶的尺度空间, 图中方框内的数字表示框状滤波器模板的尺寸, 对数横坐标表示相应的尺度, 如滤波器模板尺寸为 $N \times N$, 则对应的尺度为 $s = 1.2 \times N/9$ 。

对于某一像素点, 用近似的 Hessian 矩阵求出极值后, 其上一尺度、下一尺度及本尺度可构造一个 $3 \times 3 \times 3$ 的立体邻域。在三维尺度空间 (x, y, s) 中, 进行非最大值抑制, 只有比临近的 26 个点的响应值

都大的点才被选为兴趣点。然后利用三维 2 次函数拟合法^[18]对兴趣点精确定位, 至此可以得到兴趣点的位置和尺度信息 (x, y, s) 。

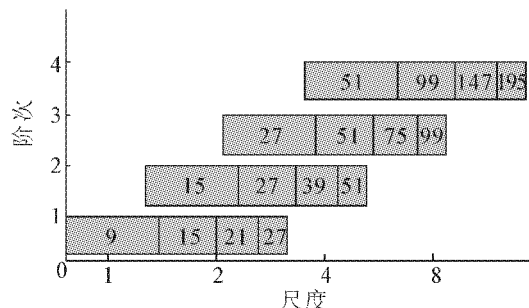


图 3 4 阶尺度空间框状滤波器的尺寸

Fig. 3 Box filters size for four different octaves in scale space

2.2.2 兴趣点描述和匹配

为保证旋转不变性, SURF 兴趣点描述分 2 步来实现:

1) 以每一个兴趣点为圆心, 计算半径为 $6s$ (s 为其尺度值) 的邻域内的点在 x, y 方向的 Haar 小波 (Haar 小波边长取 $4s$) 响应, 并给这些响应值赋予高斯权重系数。再将 60° 范围内的响应相加形成新的矢量, 然后遍历整个圆形区域, 选择模长最长的矢量的方向为该兴趣点的主方向。

2) 以兴趣点为中心, 将坐标轴旋转到主方向, 按照主方向选取边长为 $20s$ 的正方形区域, 并将该区域分成 4×4 的子区域。在每一个子区域内, 按照 5×5 的大小进行采样, 分别计算相对于主方向的水平和垂直方向上的 Haar 小波响应, 记为 d_x 和 d_y , 同样赋予权重系数。然后对每个子区域的响应以及响应的绝对值求和, 在每个子区域可以得到一个 4 维向量 $V = (\sum d_x, \sum |d_x|, \sum d_y, \sum |d_y|)^T$, 这样 16 个子区域可形成一个 64 维的描述向量。

在获得参考图像和待配准图像的兴趣点及其描述向量后, 采用最近距离比次近距离的方法进行兴趣点匹配。设 N_1, N_2 分别为图像 I_1, I_2 用 SURF 方法提取的兴趣点集合, 对 N_1 中的任一兴趣点 n_{1i} , N_2 中与 n_{1i} 的欧氏距离最近和次近的 2 个兴趣点分别为 n_{2j}, n'_{2j} , 对应距离分别为 d_{ij}, d'_{ij} , 如果 $d_{ij} \leq \lambda \times d'_{ij}$, 则 n_{1i} 与 n_{2j} 为匹配点对, 遍历 I_1 中的兴趣点, 找出所有潜在的匹配点对。这是可利用 Hessian 矩阵迹的正负性来加速匹配, 提高匹配效率^[11]。

2.2.3 透视变换模型参数估计

获得 2 帧图像间的匹配点对后, 就可以计算图像间的变换关系。对于存在旋转、缩放、平移变化的运动模型, 可用透视变换模型近似。透视变换矩阵 M 为

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_1 & m_2 & m_3 \\ m_4 & m_5 & m_6 \\ m_7 & m_8 & m_9 \end{bmatrix}.$$

设 $\mathbf{p} = (x_1, y_1)$ 和 $\mathbf{q} = (x_2, y_2)$ 是匹配的兴趣点对, 则有

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_1 & m_2 & m_3 \\ m_4 & m_5 & m_6 \\ m_7 & m_8 & m_9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

由于最近距离比次近距离匹配方法得到的匹配点对中, 还可能误匹配, 因此本文结合 RANSAC 算法和最小二乘法计算得到图像间的透视变换关系^[19].

2.2.4 视频帧配准

在完成透视变换模型参数的求解之后, 就要利用得到的透视变换矩阵 \mathbf{M} 把待配准视频帧中的每一点映射到参考图像的坐标系中. 对待配准的视频帧进行插值重采样, 就可以得到同一坐标系下的配准结果. 常用的插值方法有最近邻法、双线性法、双三次卷积法等, 本文采用双线性插值的方法.

2.3 差分求积二值化与形态学滤波

2.3.1 差分求积二值化运动目标区域检测

确定了相邻帧之间的透视变换关系后, 将后一帧按此变换关系与前一帧图像配准, 再进行差分运算, 以减掉背景图像. 理论上对于差分图像来说, 只有运动重叠部分对应的像素值非零, 但由于噪声的影响, 差分图像中存在很多虚假的运动目标. 为解决这一问题, 考虑差分图像之间必然存在运动重叠区域, 采用多帧差分求积二值化的方法使差分图像中运动边缘的相关峰更加尖锐, 这样就能有效排除噪声, 正确检测出运动目标区域. 因此, 采用相邻 4 帧差分求积二值化的方法, 算式如式(1):

$$F'(x, y) = |f_1(x, y) - f_3(x, y)| \times |f_2(x, y) - f_4(x, y)|. \quad (1)$$

式中: $f_1(x, y)$ 为第 1 帧图像, $f_2(x, y)$ 为第 2 帧图像, $f_3(x, y)$ 为第 3 帧配准到第 1 帧得到的图像, $f_4(x, y)$ 为第 4 帧配准到第 2 帧得到的图像, $F'(x, y)$ 为差分求积图像. 如果图像中没有运动物体, 则 2 幅图像灰度差为零, 只有运动重叠区域会在差分图像中产生高的相关峰, 按阈值 α 分割得到二值图像 $F(x, y)$, 检测出运动目标.

$$F(x, y) = \begin{cases} 1, & F'(x, y) \geq \alpha; \\ 0, & F'(x, y) < \alpha. \end{cases}$$

与其他方法相比, 该方法具有计算简单、精度高和抗噪性强的优势.

2.3.2 形态学滤波后处理

经过差分求积二值化处理后, 得到了包含不规则

轮廓的运动目标图像, 在该图像中仍可能残留一些孤立的噪声点. 利用形态学滤波处理技术对差分图像进行后处理, 通过形态学开、闭运算弥补断裂的轮廓线和填补空洞, 并滤除残留的噪声点, 以检测出运动目标区域.

2.4 基于 Mean shift 的图像分割与精确检测

由于差分运算会把运动目标区域扩大, 经过上述差分求积二值化检测得到的包含运动目标区域的图像, 很容易出现将背景当做运动目标区域的误检情况. 此外形态学开运算容易将连接纤细的运动目标区域割裂开来, 造成多检情况的发生. 为此, 采用结合 Mean shift 图像分割方法来精确提取运动目标轮廓.

基于 Mean shift 的图像分割与图像平滑非常类似, 只需要把收敛到同一点的起始点归为一类, 然后把这一类的标号赋给这些起始点. 在图像分割中有时还需要把包含像素点太少的区域去掉. 该分割方法能有效得到图像中物体的轮廓^[20].

2.5 运动目标检测实现算法

综合上述内容, 给出 SURF 特征与 Mean shift 图像分割相结合的运动目标检测实现算法.

算法: 动态成像条件下基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测.

输入: 连续 4 帧视频图像 $I_{C1}, I_{C2}, I_{C3}, I_{C4}$.

输出: 运动目标检测结果 R .

1) 基于 SURF 特征的视频帧配准. 先将连续 4 帧的原始视频图像 $I_{C1}, I_{C2}, I_{C3}, I_{C4}$ 转化成灰度图像 $I_{G1}, I_{G2}, I_{G3}, I_{G4}$.

a) 对连续 4 帧图像 $I_{G1}, I_{G2}, I_{G3}, I_{G4}$ 分别进行 SURF 兴趣点检测和描述;

b) 将 I_{G1} 和 I_{G3}, I_{G2} 和 I_{G4} 中的兴趣点分别进行匹配, 得到匹配的兴趣点对;

c) 根据 I_{G1} 和 I_{G3}, I_{G2} 和 I_{G4} 之间匹配的兴趣点对, 进行透视变换模型参数的最小二乘估计;

d) 利用双线性插值方法, 将 I_{G3} 配准到 I_{G1} 图像坐标系下、 I_{G4} 配准到 I_{G2} 图像坐标系下, 配准结果分别为 I_{G31}, I_{G42} .

2) 差分求积二值化分割与形态学滤波处理.

a) 将配准后的图像 I_{G31}, I_{G42} 分别与原始图像 I_{G1}, I_{G2} 做差分运算, 得到差分后的图像 I_{G5}, I_{G6} ;

b) 将 I_{G5}, I_{G6} 相乘, 并按阈值 α 分割得到二值图像 I_{G7} ;

c) 对 I_{G7} 进行形态学滤波处理, 结果为 I_{G8} .

3) 基于 Mean shift 的图像分割与边缘检测. 分别用 x_i 和 $z_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示 I_{G4} 和 I_{G4} 分割后图

像中的像素点. 对每一像素点:

a) 初始化 $j=1$, 并且使 $y_{i,1} = x_i$;

b) 运用 Mean shift 算法计算 $y_{i,j+1}$ 直到收敛, 记收敛后的值为 $y_{i,c}$;

c) 将收敛到同一点的起始点归为一类, 把这一类的标号赋给这些起始点, 把包含像素点太少的区域去掉, 将每个类之间的边界点赋值 0, 其余点赋值 1, 就得到分割结果 I_{G9} ;

d) 对 I_{G9} 进行边缘检测, 结果为 I_{G10} .

4) 基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测.

a) 将 I_{G8} 和 I_{G10} 做相与运算, 得到具有重叠区域的轮廓图像 I_{G11} ;

b) 以 I_{G11} 中的非零像素点为种子点, 在 I_{G10} 中进行区域生长, 精确得到运动目标轮廓 I_{G12} .

5) 输出运动目标检测结果 R . 根据 I_{G12} 中非零像素点的坐标, 在 I_{G4} 中检测得到运动目标轮廓, 输出运动目标检测结果 R .

该算法在运行过程中, 差分求积二值化中的阈值 α 影响着分割后的结果, 过小容易将背景噪声扩大, 过大容易将运动目标区域减小.

3 实验结果与分析

根据前文所述的基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标高精度检测算法, 在 Visual Studio 2008 的环境下和 OpenCV 2.1 的基础上, 编写应用程序. 为验证该算法的有效性, 进行了面向航拍序列图像和手持摄像机序列图像的运动目标检测 2 组实验.

3.1 面向航拍序列图像的运动目标检测实验

实验选取的航拍视频来自卡耐基梅隆大学的标准视频库, 该视频共 438 帧, 分辨率为 320×240 像素大小, 帧频为 23 帧/s. 图 4 为视频中的第 157 ~ 160 帧原始图像.

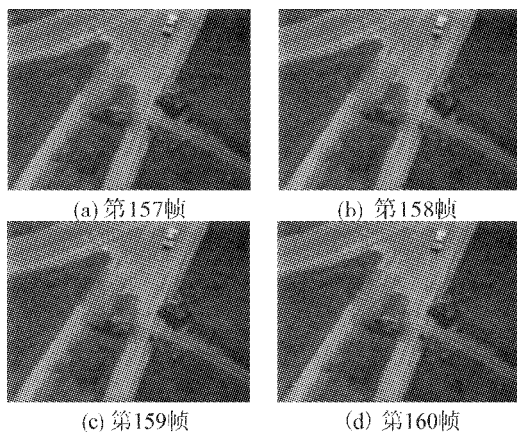


图4 原始航拍图像

Fig.4 Original aerial images

实验步骤如下:

1) 基于 SURF 特征的视频帧配准, 如图 5 所示.

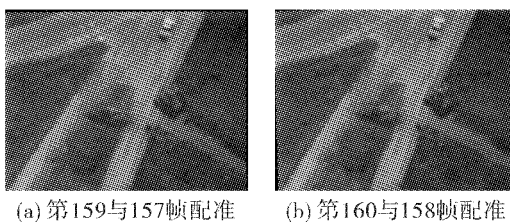


图5 基于 SURF 特征的视频帧配准

Fig.5 Registration of video frames based on SURF

2) 差分求积二值化分割与形态学滤波处理. 分别将第 157 帧与配准后的第 159 帧图像 I_{159r} 、第 158 帧与配准后的第 160 帧图像 I_{160r} 做差分运算, 差分结果如图 6 所示. 然后并将差分图像相乘, 按阈值 α (本文所设阈值 $\alpha = 64$) 来分割得到二值图像 I_0 , 形态学滤波处理结果为 I_1 , 并据此在第 160 帧原始图像中检测得到运动目标轮廓, 如图 7 所示.

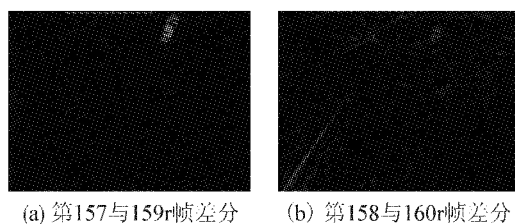
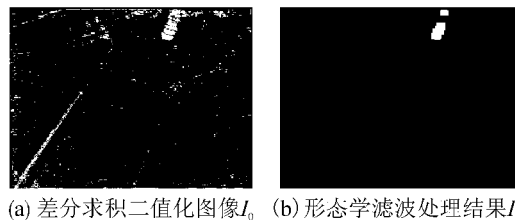


图6 差分结果图像

Fig.6 Images of differential results



(a) 差分求积二值化图像 I_0 . (b) 形态学滤波处理结果 I_1



(c) 第160帧原始图像中检测得到运动目标轮廓

图7 基于 SURF 的运动目标区域检测结果 I_1

Fig.7 Area detection result I_1 of moving object based on SURF

3) 基于 Mean shift 的图像分割与边缘检测, 结果为 I_2 , 如图 8 所示.

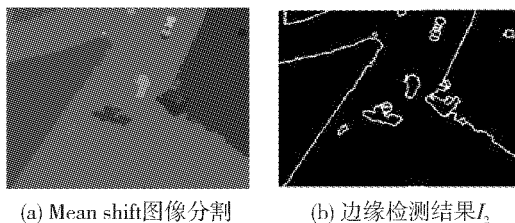


图8 基于 Mean shift 的图像分割与边缘检测结果 I_2

Fig.8 Result I_2 of image segmentation and edge detection based on Mean shift

4) 基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测. 将 I_2 与 I_1 进行与运算, 结果为 I_3 ; 以 I_3 中的非零像素点为种子点, 在 I_2 中进行区域生长, 结果为 I_4 , 如图 9 所示.



(a) I_1 和 I_2 的与运算结果 I_3 (b) 基于 I_3 的 I_2 区域生长结果 I_4

图9 基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测结果 I_4

Fig.9 Moving object detection result I_4 based on SURF and Mean shift

5) 根据 I_4 中的非零像素点, 在第 160 帧原始图像中检测运动目标, 最终结果为 R_0 , 如图 10 所示.



图10 运动目标检测最终结果 R_0

Fig.10 Final result R_0 of moving object detection

从实验结果来看, 简单差分运算可以分割出运动目标区域, 但是受匹配误差等的影响, 差分图像中存在许多噪声, 如图 6(a)、(b) 所示. 差分求积二值化技术能够有效滤除噪声, 增强运动目标区域, 如图 7(a) 所示. 经过形态学滤波处理后, 图像中的运动目标区域更加清晰; 但此时存在误检情况, 如图 7(c) 所示. 采用本文方法后, 可精确得到运动目标轮廓, 避免误检情况的发生, 如图 9(b)、10 所示.

3.2 面向手持摄像机序列图像的运动目标检测实验

利用手持摄像机拍摄同时存在平移、旋转和缩

放的轮式机器人运动. 摄像机型号为 Canon IXUS 105, 拍摄得到的视频分辨率为 640×480 像素大小、帧频为 30 帧/s、共 523 帧. 下面选取视频的第 97 ~ 100 帧原始图像进行实验, 如图 11 所示.

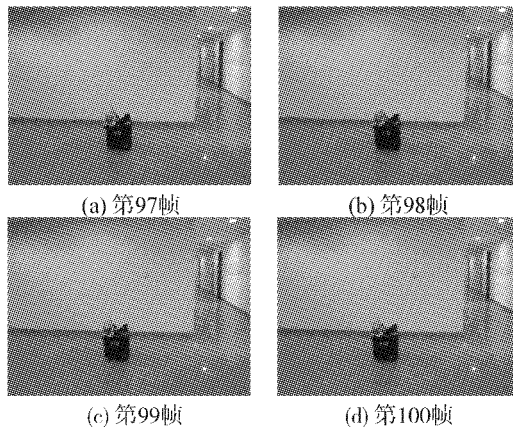
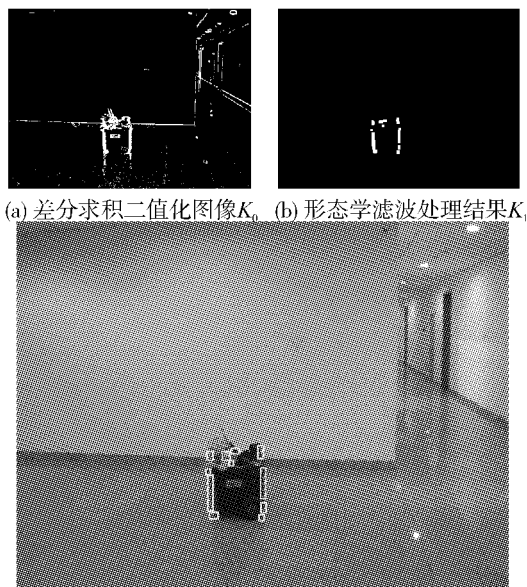


图11 手持式摄像机拍摄得到的原始图像

Fig.11 Original images captured by handheld camera

与 3.1 节方法类似, 将第 97 帧与配准后的第 99 帧图像、第 98 帧与配准后的第 100 帧图像分别做差分运算, 然后利用差分求积二值化得到包含噪声和运动目标区域的检测结果 K_0 , 其形态学滤波处理结果为 K_1 , 并据此在原始第 100 帧图像中检测得到运动目标轮廓, 如图 12 所示.

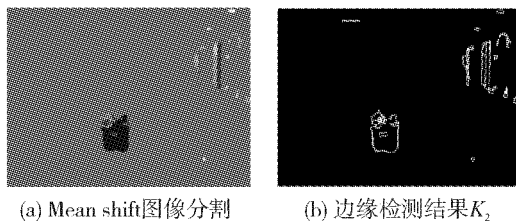
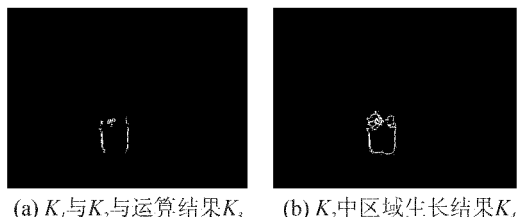


(c) 第100帧原始图像中检测得到运动目标轮廓

图12 基于 SURF 的运动目标区域检测结果 K_1

Fig.12 Result K_1 of moving object area detection based on SURF

图 13 为基于 Mean shift 图像分割和边缘检测的结果 K_2 . 将 K_2 与 K_1 做与运算, 结果为 K_3 , 并以 K_3 中的非零像素点为种子点, 在 K_2 中进行区域生长, 结果为 K_4 , 如图 14 所示.

图 13 基于 Mean shift 的图像分割与边缘检测结果 K_2 Fig. 13 Result K_2 of image segmentation and edge detection based on Mean shift图 14 基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标检测结果 K_4 Fig. 14 Result K_4 of moving object area detection based on SURF and Mean shift

根据区域生长结果 K_4 , 最终输出运动目标检测结果图像 R_1 , 如图 15 所示。

图 15 运动目标最终检测结果 R_1 Fig. 15 Final result R_1 of moving object detection

实验结果表明,该方法同样适用于手持摄像机运动情况下的运动目标检测,能够避免多检情况的发生(如图 12(c)所示),精确提取出运动目标轮廓(如图 14(b)、15 所示)。

3.3 比较分析

上述 2 组实验表明,本文所提出的方法能实现动态成像条件下的运动目标高精度检测,具有良好的适应能力。其中,面向航拍序列图像运动目标检测的实验表明,该方法可有效地避免将背景误认为目标区域这一误检情况的发生;面向手持摄像机序列图像运动目标检测的实验表明,该方法可有效地避免将目标割裂成多个目标这一多检情况的发生。

4 结束语

针对动态成像条件下运动目标检测的应用背景

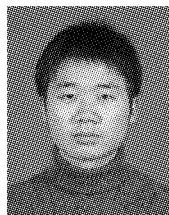
和难点问题,本文提出了一种基于 SURF 和 Mean shift 的高精度运动目标检测方法。首先,利用 SURF 特征提取完成图像配准,通过求解透视变换模型参数,补偿背景运动;然后,用差分求积二值化和形态学滤波处理检测出运动目标区域;最后,结合 Mean shift 图像分割,实现运动目标轮廓的精确提取。实验结果表明,与单一的基于 SURF 特征提取的目标检测方法相比,该方法检测精度高,鲁棒性强,可有效避免误检、多检情况的发生,并能适应多种动态成像条件下的运动目标检测,具有普适性的实际意义。不过,在研究中还发现,图像分割的结果会对后续轮廓的提取产生影响,为提高轮廓提取精度,就应当在图像分割方面需进一步的研究。

参考文献:

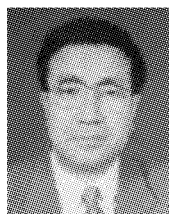
- [1] 李劲菊,朱青,王耀南. 一种复杂背景下运动目标检测与跟踪方法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(10): 2242-2247.
LI Jinju, ZHU Qing, WANG Yaonan. Detecting and tracking method of moving target in complex environment[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(10): 2242-2247.
- [2] 郝久月,李超,高磊,等. 智能监控场景中运动目标轨迹聚类算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2009, 35(9): 1083-1087.
HAO Jiuyue, LI Chao, GAO Lei, et al. Moving object trajectory clustering method in intelligent surveillance video[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2009, 35(9): 1083-1087.
- [3] HE L, PENG Z, EVERDING B, et al. A comparative study of deformable contour methods on medical image segmentation[J]. Image and Vision Computing, 2008, 26(2): 141-163.
- [4] BONIN-FONT F, ORTIZ A, OLIVER G. Visual navigation for mobile robots: a survey[J]. Journal of Intelligent & Robotics Systems, 2008, 53(3): 263-296.
- [5] 谢凤英,赵丹培. Visual C++ 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 449-463.
- [6] YILMAZ A, JAVED O, SHAH M. Object tracking: a survey[J]. ACM Computing Surveys, 2006, 38(4): 1-45.
- [7] KIM I S, CHOI H S, YI K M, et al. Intelligent visual surveillance: a survey[J]. International Journal of Control, Automation, and Systems, 2010, 8(5): 926-939.
- [8] ZITOVA B, FLUSSER J. Image registration methods: a survey[J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(11): 977-1000.
- [9] BAY H, TUYTELAARS T, GOOL L V. SURF: speeded up robust features[C]//Proceedings of the European Confer-

- ence on Computer Vision. Graz, Austria, 2006: 404-417.
- [10] 张锐娟, 张建奇, 杨翠. 基于 SURF 的图像配准方法研究[J]. 红外与激光工程, 2009, 38(1): 160-165.
ZHANG Ruijuan, ZHANG Jianqi, YANG Cui. Image registration approach based on SURF[J]. Infrared and Laser Engineering, 2009, 38(1): 160-165.
- [11] 谢凡, 秦世引. 基于 SIFT 的单目移动机器人宽基线立体匹配[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(11): 2247-2252.
XIE Fan, QIN Shiyin. Wide baseline stereo vision matching approach for monocular mobile robot based on SIFT[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(11): 2247-2252.
- [12] 卜珂. 基于 SURF 的图像配准与拼接技术研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009: 33-58.
BO Ke. Research on image registration and mosaic based on SURF[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2009: 33-58.
- [13] COMANICIU D, MEER P. Mean shift: a robust approach toward feature space analysis[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 603-619.
- [14] 周许超, 屠大维, 陈勇, 等. 基于相位相关和差分求积二值化的动态背景下运动目标检测[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(5): 980-983.
ZHOU Xuchao, TU Dawei, CHEN Yong, et al. Moving object detection under dynamic background based on phase-correlation and differential multiplication[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(5): 980-983.
- [15] 王梅, 屠大维, 周许超. SIFT 特征匹配和差分求积二值化融合的运动目标检测[J]. 光学精密工程, 2011, 19(4): 892-899.
WANG Mei, TU Dawei, ZHOU Xuchao. Moving object detection by combining SIFT and differential multiplication[J]. Optics and Precision Engineering, 2011, 19(4): 892-899.
- [16] XIAO Jiangjian, YANG Changjiang, HAN Feng, et al. Vehicle and person tracking in aerial videos[M]//Multimodal Technologies for Perception of Humans. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2008: 203-214.
- [17] 赵文哲, 秦世引. 一种高精度视频目标检测与分割新方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2010, 36(12): 1490-1494.
ZHAO Wenzhe, QIN Shiyin. Novel approach to video object detection and precise segmentation[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 36(12): 1490-1494.
- [18] BROWN M, LOWE D G. Invariant features from interest point groups[C]//British Machine Vision Conference. Cardiff, UK, 2002: 656-665.
- [19] FISCHLER M A, BOLLES R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting with application to image automated cartography[J]. Communication of the ACM, 1981, 24(6): 381-395.
- [20] 王晏, 孙怡. 自适应 Mean shift 算法的彩色图像平滑与分割算法[J]. 自动化学报, 2010, 36(12): 1637-1644.
WANG Yan, SUN Yi. Adaptive Mean shift based image smoothing and segmentation[J]. Acta Automatica Sinica, 2010, 36(12): 1637-1644.

作者简介:



胡光龙, 男, 1988 年生, 硕士研究生, 主要研究方向为运动目标检测与跟踪、机器人技术。



秦世引, 男, 1955 年生, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为复杂系统的智能控制、图像处理与模式识别等。作为负责人主持完成(或在研)国家攀登计划项目的子课题、国家“973”计划项目的子课题、国家“863”计划项目、国家自然科学基金项目等 20 余项。1999 年获全国优秀科技图书奖暨科技进步奖(科技著作)一等奖, 同年获国家第 5 届工程设计优秀软件金奖。发表学术论文 180 余篇, 出版学术著作 1 部、研究生教材 1 部、译著 2 部。