

·信号与信息处理·

基于缺损目标的CamShift序列图像跟踪方法

李晓冰,王玉梅,张宏艺

(92941部队,辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 在标准CamShift算法对缺损目标进行跟踪的过程中,由于算法不能根据目标的变化实时调整跟踪窗口形状,造成跟踪窗口内包含缺损区域的背景图像信息,降低了目标的匹配能力,导致CamShift算法不能适用于缺损目标的跟踪。针对此问题,文中提出一种新的缺损目标CamShift序列测量图像跟踪方法,将目标模型和候选模型之间的相似性作为权值,对核函数的概率范围进行限制,减少数据集内的数据量,实时调整跟踪窗口的形状,从而提高匹配相似度,解决了经纬仪序列测量图像中缺损目标的稳定跟踪问题。实验结果表明,此算法在目标缺损50%的情况下,仍然能够稳定跟踪。

关键词: CamShift; Mean-Shift; 缺损目标; 目标跟踪

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)06-0075-04

Tracking Method of CamShift Sequence Image Based on Incomplete Object

LI Xiao-bing, WANG Yu-mei, ZHANG Hong-yi

(92941 Army Unit, Huludao 125000, China)

Abstract: The algorithm can not adjust in real time the shape of the tracking window when the incomplete object is tracked by CamShift algorithm. The background image of the incomplete area is included in the tracking window, and the ability of the object matching is reduced, so CamShift algorithm can not track the incomplete object accurately. A new method of CamShift sequence measurement image is proposed, taking the similarity between the object model and the candidate model as the weight, the probability range of the kernel function is limited, the data volume of data set is reduced and the shape of the tracking window is adjusted in real time. The method can improve the matching similarity and solve the problem of stable tracking incomplete object in the theodolite measurement image. The experimental results show that the method can track steadily even when the loss of the object reaches 50%.

Key words: Camshift; MeanShift; incomplete object; object tracking

目标跟踪(object tracking)是测量图像处理领域中一个非常活跃的课题^[1]。其中,MeanShif算法^[2]能够对非刚性目标实时跟踪,对目标的变形、旋转等运动有较好的适用性。因此,目前此算法在目标跟踪领域中得到广泛的应用。但是,由于测量条件的特殊性,目标成像往往不完整,这就要求算法对缺损目标的跟踪具有鲁棒性。然而,MeanShift的原理是通过迭代快速收敛于概率密度函数的局部最大值,因此,对于缺损的目标,往往收敛到局部极值点,产生跟踪

定位误差。为解决此问题,Bradski在MeanShift算法的基础上于1998年提出CamShift算法^[3],它能够根据目标变化自动调节搜索窗的大小和位置,定位被跟踪目标的中心和大小,并利用当前帧定位结果来预测下一帧图像中目标的中心和大小,实现连续跟踪,一定程度上提高了跟踪的鲁棒性。然而,虽然此算法能跟踪窗口的大小,但还是不能调整跟踪窗口的形状,当目标有缺损时,跟踪窗口必然包含缺损区域的背景图像,导致跟踪失败。因此,目前CamShif算法仍然不

收稿日期:2011-11-24

作者简介:李晓冰(1967-),男,河北南宫人,工学硕士,高级工程师,主要研究方向为光学测量图像处理。

能解决目标被遮挡的问题。

文中根据 MeanShift 向量不断沿着概率密度的梯度方向移动的特性,提出一种新的缺损目标 CamShift 序列图像跟踪方法,通过对核函数的概率范围进行限制,减少数据集内的数据量,实时调整跟踪窗口的形状,从而提高匹配相似度,实现缺损目标的稳定跟踪。

1 标准 CamShift 跟踪算法原理及对缺损目标跟踪的缺欠

1.1 MeanShift 跟踪算法

MeanShift 算法是一种基于核密度估计的无参快速模式匹配算法^[4],对于 n 维欧式空间 X 中的有限数据集 A , x 点 ($x \in X$) 附近的样本均值定义为

$$sm(x) = \frac{\sum_a K(a-x)\omega(a)a}{\sum_a K(a-x)\omega(a)} \quad a \in A \quad (1)$$

式中, K 为核函数, ω 为权值函数。差值 $sm(x) - x$ 称为 Mean-shift 量, Meanshift 算法就是反复不断地把数据点朝向 MeanShift 矢量力方向进行移动以致最终收敛。

1.2 CamShift 跟踪算法

在 MeanShift 算法快速收敛特性的前提下, CamShift 利用被跟踪物体的直方图特征,使其兼具计算量低、对目标形变不敏感等优势,从而被广泛应用于目标的跟踪及机器人视觉^[5]等多种场合。

MeanShift 针对单幅图像中的目标进行检测,利用的特征是固定概率分布,而目标在序列图像中的概率分布是发生变化的,所以, CamShift 借助目标连续变化的概率分布特征进行计算。它通过每帧图像中搜索窗口内的空间矩进行迭代,使当前搜索窗口中的概率分布趋向于能反映目标特征的分布模式,指导算法自动调整搜索位置以预测出目标在下一帧图像中的尺寸和中心位置等信息,保持跟踪算法持续进行。具体过程如下^[6]:

(1) 手动设定初始搜索窗口;

(2) 计算搜索窗内图像的直方图,并利用其计算概率相似度的查找表;

(3) 利用概率查找表,针对下一帧图像计算相应的反向投影图;

(4) 在反向投影图中利用 MeanShift 算法通过一次或多次迭代计算 0~2 阶矩,用以确定搜索窗口的位置;

(5) 对每帧图像重复进行步骤(3)、步骤(4),直到窗口位置收敛。

从以上算法中可以看到:标准 CamShift 跟踪算法虽然能够根据目标大小实时调整跟踪窗口尺寸,但却不能改变跟踪窗口形状,因此,标准 CamShift 跟踪算法对缺损目标跟踪能力很差。

2 新的 CamShift 缺损目标跟踪方法

从 CamShift 算法跟踪原理可以看到:如果新观测的目标图像产生缺损,必然导致图像中目标模型和候选模型之间的差别,造成目标跟踪失败。因此,为了提高目标跟踪的稳定性,应当从相似性函数入手。目标相似性函数描述目标模型和候选模型之间的相似程度,在跟踪过程中,通过获得新的观测信息对目标状态概率分布进行更新。目前,普遍使用 Bhattacharyya 系数度量这两个模型的相似程度, Bhattacharyya 系数的直接几何意义是 2 个向量间角度的值,直方图的离散密度 $p = \{p^{(u)}\}_{u=1, \dots, m}$;

$q = \{q^{(u)}\}_{u=1, \dots, m}$ 之间的 Bhattacharyya 系数可以定义为

$$\rho[p(y), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p^{(u)} q^{(u)}} \quad (2)$$

两个分布之间的距离即相似度定义为

$$d = \sqrt{1 - \rho[p(y), q]} \quad (3)$$

显然,相似度量越小,样本的权值越大,样本越可靠。为使 $\rho[p(y), q]$ 最大,在当前帧的目标中心先定位为前一帧中的目标中心位置 y_0 ,从这一点开始寻找最优匹配的目标 y ,使得候选区域中心 y_0 移向真实目标区域 y ,即通过 y_0 找到 y 。先计算目标候选模型 $\rho[p(y_0), q]$,对此式在 y_0 处进行泰勒级数展开, Bhattacharyya 系数可近似为

$$\rho[p[y_0], q] \approx \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{p(y_0)q} + \frac{C_h}{2} \sum_{i=1}^n w_i k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \quad (4)$$

其中权值

$$w_i = \sum_{i=1}^m \delta[b(x_i) - u] \sqrt{\frac{q_u}{p_u(y_0)}} \quad (5)$$

式中,只有第二项随 y 变化,分析第二项,可以利用 MeanShift 算法进行最优化,从而得出最优的 y 。从式(5)可以看出,权值 w_i 决定目标模型和候选模型每个像素的相似程度,如果目标缺损,则缺损部分的相似性必然降低,也就是其权值 w_i 必然较小。因此,文中提出一种利用权值 w_i 判断目标的缺损部位的方法,从而在 CamShift 算法进行模版更替时,剔除模板中的缺损部分,消除缺损部分对目标定位的影响。为了实现以上目的,设参数 γ

$$\gamma_i = \begin{cases} 1 & w_i > T \\ 0 & w_i < T \end{cases} \quad (6)$$

其中, T 为权值的门限,一般采用对模板区域的 w_i 值求取阈值的方式即可,取阈值方法可采用最大类间方法。但是,实际应用中,存在着模板边界部分像素的权值 w_i 明显较小,与缺损部位像素比较相似的问题。因此,如果机械地利用权值进行判断,必然造成目标边缘信息的损失,从而失去 MeanShift 算法的意义。为了避免此情况,在判断之前,对权值 w_i 进行中值滤波,其滤波模板大于目标边缘即可,并无特殊要求,滤波得到 w'_i ,于是式(6)改为

$$r_i = \begin{cases} 1 & w'_i > T \\ 0 & w'_i < T \end{cases} \quad (7)$$

由此,式(1)最后改为

$$sm(x) = \frac{\sum_a K(a-x) w_i \gamma_i a}{\sum_a K(a-x) w_i \gamma_i} \quad (8)$$

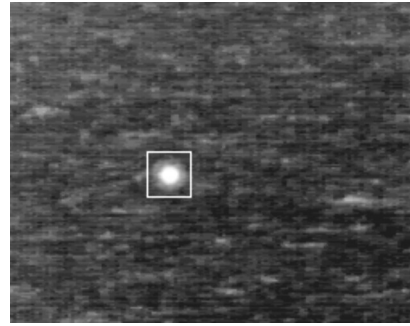
这样,在 CamShift 跟踪方法实现模版更替时,即可通过 γ 值剔除模板缺损的部分,从而提高目标跟踪的稳定性。当然,由于修正后的模板与原模板中心会产生偏离,因此,有可能产生跟踪误差,但是,由于原模板已知,所以,此误差很容易根据原模板信息进行修正。

3 实验结果与分析

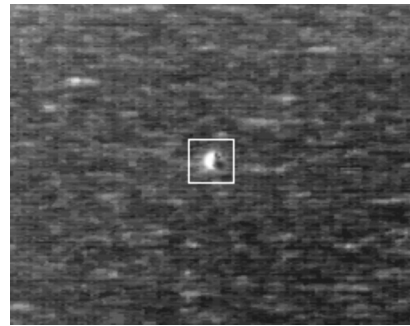
采用 50 帧 8 位灰度经纬仪序列测量图像进行实验,图 1 分别为序列图像中第 1 帧和第 28 帧的跟踪结果,其中,图 1b 的第 28 帧图像中有一个大于目标 50% 面积的缺损,将图 1a 的第一帧图像目标坐标作为初始位置,由于目标较小,因此,文中将跟踪窗口扩大,其跟踪窗口中心的位置即为目标跟踪中心位

置,其跟踪效果如图 1。

从图 1 中可以清晰地看出,文中将目标的第 1 帧作为目标模板,其模板中心为目标中心,如图 1a 所示,第 28 帧图像中的目标有一个明显的缺损,如图 1b 所示,很明显:如果采用原模板的圆形目标进行匹配,其跟踪窗口中心一定偏移目标中心。然而,从文中匹配的结果可以看出,目标跟踪窗口中心仍然与原来的圆形目标中心重合,说明其检测到的目标中心准确,说明算法是按调整后的模板进行匹配的,当然,本算法的初步跟踪中心是加上缺损图像尺寸后得到的最后匹配中心的。因此,实验证明:文中算法在目标缺损 50% 的情况下,仍然能够稳定跟踪。解决了标准 CamShift 算法缺损目标跟踪的问题,提高了 CamShift 算法测量图像目标跟踪的稳定性。



(a) 第 1 帧图像



(b) 第 28 帧图像

图 1 跟踪结果

4 结束语

针对标准 CamShift 跟踪算法不能改变跟踪窗口形状,导致不能对缺损目标进行稳定跟踪的问题。提出一种新的缺损目标 CamShift 序列图像跟踪方法,根据目标模型和候选模型之间的相似性,利用模板区域每个像素的权值对目标模板进行实时修正,消除了目标缺损区域的影响。实验证明:文中算法

在目标缺损 50%的情况下,仍然能够稳定跟踪。解决了标准 CamShift 算法缺损目标跟踪的问题,实现了经纬仪序列测量图像中缺损目标的稳定跟踪。当然,当目标缺损部分超过 50%时,有效部分必然减少,修正模板的有效信息随之减少,导致跟踪能力下降,因此,对于缺损部分超过 50%的目标跟踪算法是将来的研究方向。

参考文献

- [1] 高波,包国彬.基于动态图像处理技术的动目标检测与跟踪[J].光电技术应用,2010,25(4):73-76.
- [2] COMANICIU D, RAMESH V, MEER P. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5):564-577.
- [3] Bradski G R. Computer Video Face Tracking for use in a Perceptual User Interface[EB/OL].
- [4] Fukunaga K, Hostetler L D. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition [J]. IEEE Trans Information Theory, 1975, 21(1):32-40.
- [5] A Kokaram, R Morris, W Fitzgerald, et al. Interpolation of missing data in image sequences[J]. IEEE Trans. Image Processing, 1995, 4(11):1509-1519.
- [6] 蒋雯丽,郑世宝.电影胶片中霉斑噪声的数字处理技术[J].中国图像图形学报,2007,12(10):1926-1930.
- [7] 李金亮,高文静,王垒.采用 Mean-Shift 算法的目标跟踪系统设计[J].光电技术应用,2011,26(1):5-7.
- [8] 杨伟,柴奇.基于 Mean-Shift 的多目标粒子滤波跟踪算法设计[J].光电技术应用,2009,24(4):67-70.
- [9] 李睿,刘涛.基于 Mean Shift 的粒子滤波算法在遮挡目标跟踪中的应用[J].科学技术与工程,2008,8(14):3957-3960.
- [10] 梁静,支靖.基于 Mean Shift 的抗遮挡运动目标跟踪算法[J].电视技术,2008,32(12):82-85.
- [11] 张宏志,张金换,等.基于 CamShift 的目标跟踪算法[J].计算机工程与设计,2006,27(11):2011-2014.
- [12] 童刚,陈灵芝.基于 CamShift 的跟踪系统设计[J].计算机技术与发展,2008,18(10):194-196.

(上接第 57 页)

- (1) 超强的热传导(冷却)能力;
- (2) 恒温特性,在冷却中,在不同温度区域有不同的冷却强度,有效减小镜面热梯度;
- (3) 消除了冷却水带来压力和振动冲击;
- (4) 适合连续长时间工作。

根据工作温度、使用场合、具体要求合理选择热管的工质、直径、长度及外型形状,换热量可以通过增加热管的数量来提高。

3 结束语

利用热管超强的热传导(冷却)能力,采用恒温微热管将腔镜吸收热量导出,再进行强制水冷方法冷却强激光腔镜,以期完全消除冷却水压力和扰动对镜面产生变形,并克服镜体空间对冷却流体流量的限制。有效地抑制了镜面温度升高产生热变形。

参考文献

- [1] 李适民.激光器件原理与设计[M].北京:国防工业出版社,1998:230-280.
- [2] 陈佳元.高功率 TEA CO₂激光器腔镜热稳定性研究[D].武汉:华中科技大学,2009:20-29.
- [3] 吴金星,韩东方,曹海亮.高效换热器及其节能应用[M].北京:化学工业出版社,2009:155-193.
- [4] 史美中,王中铮.热交换器原理与设计[M].南京:东南大学出版社,2009:177-191.
- [5] 伍志坚.相变制冷在激光腔镜中应用研究[D].大连:大连海事大学,2003:10-28.
- [6] 赵耀华,王宏燕.平板微热管阵列及其传热特性[J].化工学报,2011,62(2):337-342.
- [7] 宋小鹿,韦光.热管在 LD 端面泵浦固体激光器散热系统中的应用[J].上海交通大学学报,2009,43(3):397-407.
- [8] 夏金安.强激光系统中铜镜微变形实验研究[J].中国激光,1996,23(7):461-466.
- [9] 程祖海,张耀宁.回流式水冷超薄多层镜的研究[J].强激光与粒子束,1997,9(3):418-422.
- [10] 于德利,桑凤亭.高能量密度激光器腔镜有限元分析[J].强激光与粒子束,2001,13(2):129-132.
- [11] 孙峰,程祖海.激光器腔镜夹持方式对热变形的影响[J].强激光与粒子束,2003,15(8):751-754.
- [12] 梦林,郭劲.控制高功率激光器腔镜与窗口微变形技术的探讨[J].电光与控制,2007,11(1):81-84.