

基于 meanshift 的目标跟踪系统设计与实现

白 蕾

(陕西工业职业技术学院电气工程学院 咸阳 712000)

摘要: 目标跟踪是指在一段视频序列中寻找和指定目标最相似的部分,是计算机视觉的重要研究内容之一。本文针对视频中运动目标的跟踪问题,提出了一种基于 meanshift 的目标跟踪方法。在跟踪过程中,先确定出目标窗口并建立目标模型,再在视频序列的第 N 帧对应位置处计算候选目标模型,根据 Bhattacharyya 相似度,利用 meanshift 算法在后续帧中迭代地搜索目标模型的最佳候选区域。最后,在 MATLAB 平台上搭建了基于 meanshift 的目标跟踪系统,通过一系列实验表明,该方法具有很好的跟踪性能,且具有较低的时间复杂度,可满足实时处理的需要。

关键词: 计算机视觉;目标跟踪;meanshift 算法;Bhattacharyya 相似度

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Design and realization of the tracking system based on meanshift algorithm

Bai Lei

(Department of Electrical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: Target tracking is to search the most similar parts to target in video sequences, which is an important research in computer vision. Focus on the moving target tracking in video sequences, a method based on meanshift for target tracking is proposed. First, the target area is determined and the target model is constructed in the tracking process. Then, the candidate target model in the N th frame is calculated. Based on the Bhattacharyya similarity function, meanshift algorithm searches iteratively for the best candidate area of the target model in the subsequent frames. Finally, the target tracking system based on meanshift algorithm is built with MATLAB, and through a series of experiments show that this method has a good tracking performance, and has low time complexity, which can meet the need of real-time processing.

Keywords: computer vision; target tracking; meanshift algorithm; Bhattacharyya similarity function

1 引言

目标跟踪是计算机视觉与图像处理中的一个重要问题^[1],是航空航天、智能监控、国防工业、人机交互等应用领域的基础和关键技术,也是当前的研究热点之一^[2]。目标跟踪方法大致可分为以下 3 类^[3]:基于目标分割的跟踪方法、基于目标检测的跟踪方法和基于模型的跟踪方法。由于基于目标分割和基于目标检测的跟踪方法需在每一帧中分割或检测出目标,再对每一帧的目标进行关联^[4]。而跟踪对分割或者检测算法的实时性要求很高,且一般的分割或者检测算法需要借助人的干预或者先验知识,因此这两种方法的应用范围很小^[5]。基于模型的目标跟踪方法主要是依靠对目标边界或区域的表示和描述来实现对目标的跟踪^[6]。由于目标边界和目标区域的信息比较多,因而需要提取出合适的目标特征信息以提高跟踪的速度。目标的颜

色直方图具有计算方法简单、特征稳定、计算量小和抗部分遮挡的特点^[7]。而 meanshift 算法正是一种基于颜色直方图的非参数核密度估计方法^[8],且具有良好的鲁棒性和较高的处理速度^[9]。因此,本文将 meanshift 算法引入到运动目标跟踪系统中,通过采用核概率密度函数来描述目标的特征,再通过相似度度量,利用 meanshift 算法搜索目标的位置,以实现目标的匹配和跟踪。本文通过一系列实验验证了该方法的可行性和有效性,实验结果表明该方法具有很好的跟踪性能,能适应运动目标的大小、形状连续变化,且计算速度快,抗干扰能力强,可以保证系统的实时性和稳定性。

2 基于 meanshift 算法的目标跟踪原理

Meanshift 算法是一种半自动跟踪算法^[10]。首先在跟踪序列的初始帧,采用人工或者其他识别算法确定出目标

窗口,并且构建目标模型;然后用同样的方法在跟踪序列第 N 帧计算出候选目标模型;最后比较这两个模型的相似度,以相似度最大化为原则,使跟踪窗口沿相似度变化最快的方向移动,最终收敛到目标的真实位置,从而达到跟踪的目的。

2.1 目标模型

Meanshift 算法采用特征值的加权概率分布 $q = \{q_u\}$ 来描述目标模型。在跟踪序列的初始帧,通过核函数加权方式来统计目标窗口区域内的各点特征值概率分布。为了使计算量减少,将特征空间量化成 m 个特征值,这样第 u 种特征的值 q_u 可表示为:

$$q_u = C \sum_{i=1}^n k\left(\left\|\frac{X_i - X_0}{H}\right\|^2\right) \delta[b(X_i) - u] \quad (1)$$

式中: $u \in [1, \dots, m], i \in [1, \dots, n], C$ 是一个标准化的常量系数,使得 $\sum_{u=1}^m q_u = 1$ 。 $k(x)$ 为核函数, H 为目标窗口核函数的带宽向量, X_0 为目标窗口中心的坐标向量, X_i 为目标窗口内任意点的坐标向量。函数 $b(X_i)$ 用来求点 X_i 的特征值。

2.2 候选目标模型

在跟踪序列的第 N 帧,假设候选目标在以 Y 为中心的搜索窗口内,则候选目标模型 $p(Y)$ 可表示为:

$$p(Y) = \{p_u(Y)\} = \left\{ C_h \sum_{i=1}^{n_h} k\left(\left\|\frac{X_i - Y}{H_h}\right\|^2\right) \delta[b(X_i) - u] \right\} \quad (2)$$

式中: $u \in [1, \dots, m], i \in [1, \dots, n_h], C_h$ 是一个标准化的常量系数,使得 $\sum_{u=1}^m p_u(Y) = 1$ 。 $p_u(Y)$ 是候选目标的特征分布, H_h 是搜索窗口核函数的带宽向量。

2.3 相似性函数

相似性函数 ρ 用来描述目标模型与候选目标模型之间的相似程度,在理想情况下这两个模型的概率分布是一样的。本文采用的是 Bhattacharyya 系数^[11]:

$$\rho(Y) = \rho[p(Y), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(Y) q_u} \quad (3)$$

$\rho(Y)$ 的值在 $0 \sim 1$ 之间,其值越大,则两个模型就越相似。在当前帧中,不同的候选区域计算得到的候选模型,使 $\rho(Y)$ 最大的候选区域即为在本帧中目标的位置。

2.4 目标定位

为了使 $\rho(Y)$ 最大,以前一帧的搜索窗口中心 Y_0 为起始点开始寻找最优匹配的目标,将 $\rho(Y)$ 在 Y_0 附近进行泰勒展开,可推导出 meanshift 向量:

$$m_{H_h, g}(Y_0) = Y_1 - Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_i \tau_i g\left(\left\|\frac{X_i - Y_0}{H_h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n_h} \tau_i g\left(\left\|\frac{X_i - Y_0}{H_h}\right\|^2\right)} - Y_0 \quad (4)$$

$$\tau_i = \sum_{u=1}^m \sqrt{\frac{q_u}{p_u(Y_0)}} \delta[b(X_i) - u] \quad (5)$$

式中: Y_1 为目标的新中心坐标; $g(x) = -k'(x)$ 。通过反复迭代,当 $|m_{H_h, g}(Y_0)|$ 小于给定常数 ϵ 时,则完成了目标定位。

3 基于 meanshift 算法的目标跟踪系统设计与 matlab 仿真

3.1 基于 meanshift 算法的目标跟踪系统设计

假设目标模型为 $\{q_u\}_{u=1 \dots m}$, 在前一帧中搜索窗口位于 Y_0 处,则基于 meanshift 算法的目标跟踪系统设计步骤为:

- 1) 在当前帧 Y_0 位置处,利用式(2)计算目标的概率特征 $\{p_u(Y_0)\}_{u=1 \dots m}$, 并且计算 $\rho[p(Y_0), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(Y_0) \cdot q_u}$;
- 2) 利用式(5)计算 $\{\tau_i\}_{i=1 \dots n_h}$;
- 3) 根据 meanshift 向量,利用公式 $Y_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_i \tau_i w_i g\left(\left\|\frac{X_i - Y_0}{H_h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n_h} \tau_i w_i g\left(\left\|\frac{X_i - Y_0}{H_h}\right\|^2\right)}$ 计算新的位置 Y_1 ;
- 4) 计算候选目标的概率特征 $\{p_u(Y_1)\}_{u=1 \dots m}$, 并计算 $\rho[p(Y_1), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(Y_1) \cdot q_u}$;
- 5) 如果 $\|Y_1 - Y_0\| < \epsilon$, 则终止循环。否则 $Y_0 \leftarrow Y_1$, 执行第 2)步,继续寻找最佳的候选目标位置。

停止阈值 ϵ 的选择应该使 Y_1 和 Y_0 的距离小于一个像素距离。若 ϵ 取得更小,则可取得亚像素级的精确度。停止阈值 ϵ 选择的越小,搜索结果就会越精确,但相应的迭代次数会增加,时间复杂度也会增加。为了保证跟踪过程的实时性,可以限制整个迭代过程执行的次数,一般迭代次数取在 20 次之内,而在实验中发现实际的迭代次数一般不超过 4 次。图 1 为跟踪算法的整个流程图。

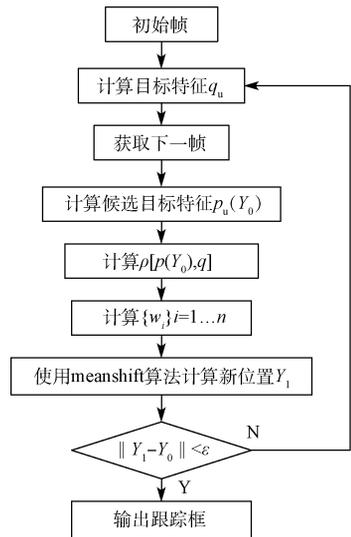


图 1 基于 meanshift 算法的目标跟踪系统流程图

3.2 MATLAB 仿真

为了验证基于 meanshift 的目标跟踪方法的可行性和有效性,本文分别在背景环境复杂和跟踪目标与背景颜色相似这两种不同情况下对视频序列进行了跟踪测试。实验的运行环境为 MATLAB7.9.0,通过鼠标选择要跟踪的目标区域,阈值 ϵ 的选择使得 Y_1 和 Y_0 的距离小于一个像素间距,并且限制整个迭代过程的执行次数在 20 次以内。

3.2.1 背景环境复杂情况下的目标跟踪

实验选取了一段背景环境复杂的视频序列进行了跟踪测试。此段视频序列一共有 156 帧,帧率是 25 f/s,分辨率是 768×576 。基于 meanshift 算法对运动目标进行跟踪实验,结果如图 2 所示。



图 2 在背景复杂情况下的跟踪结果图

从跟踪过程可以看出,尽管在背景复杂情况下有其他车辆等的干扰,但跟踪核窗始终能将目标车辆保持在跟踪窗口的中心位置,跟踪效果很好。

3.2.2 跟踪目标与背景颜色相似情况下的目标跟踪

实验采用了一段跟踪目标和背景颜色相似、并且存在阻碍物情况下的视频序列进行了测试。这段视频序列一共有 60 帧,帧率是 25 f/s,分辨率是 288×384 。基于 meanshift 算法对运动目标进行跟踪实验,结果如图 3 所示。



图 3 在跟踪目标与背景颜色相似情况下的跟踪结果图

从跟踪过程可以看出,在跟踪目标和背景颜色相似、并且存在阻碍物的情况下依旧能够很好地对目标人物进行跟踪。整个跟踪过程能适应目标人物的大小、形状的不断变化,抗干扰能力强,稳定性好。

化,抗干扰能力强,稳定性好。

4 结 论

本文将 meanshift 算法引入到运动目标跟踪系统中,通过对目标模型和候选模型相似度的比较,使跟踪窗口沿相似度变化最快的方向移动,从而达到跟踪的目的。通过一系列实验,验证了该方法的可行性和有效性,实验结果表明该方法在背景环境复杂的情况下和跟踪目标与背景颜色相似的情况下都具有很好的跟踪性能,并且能适应运动目标的大小、形状的不断变化,计算速度快,抗干扰能力强,可以保证系统的实时性和稳定性。

参考文献

- [1] 高文,朱明,贺柏根,等. 目标跟踪技术综述[J]. 中国光学, 2014(3):365-375.
- [2] SONG Y C, LIU B, LI M. An overview of moving target abnormality behavior identity technology in video sequence [C]//Applied Mechanics and Materials, 2013, 397: 2223-2226.
- [3] MATHE Z, MARAIS C C, PEEPER C, et al. Systems and methods for processing an image for target tracking: U. S. Patent 8,988,432[P]. 2015-3-24.
- [4] 刘松松,张辉,毛征,等. 基于 HRM 特征提取和 SVM 的目标检测方法[J]. 国外电子测量技术, 2014(10): 38-41.
- [5] PAPA ZOGLOU A, FERRARI V. Fast Object Segmentation in Unconstrained Video [C]//Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Computer Vision. IEEE Computer Society, 2013:1777-1784.
- [6] 吕铁军,蒋宏,梁国威,等. 基于多模型的联合目标跟踪与分类算法[J]. 电光与控制, 2013(8):18-23.
- [7] 王栋,朱虹,康凯,等. 基于背景补偿引导的动态场景下目标跟踪算法[J]. 仪器仪表学报, 2014(6): 1433-1440.
- [8] 谢捷. 一种扩展带权值的 Mean shift 跟踪算法[J]. 电子测量技术, 2013(4):44-47.
- [9] CHEN R. Image segmentation and target tracking based on meanshift algorithm [C]//International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics. Atlantis Press, 2015.
- [10] 谢捷. 一种尺度自适应的 Mean shift 跟踪算法[J]. 国外电子测量技术, 2013, 32(4):69-72.
- [11] LI B Z. Mean Shift-based Target Tracking for Moving Spherical Object in Video [J]. Applied Mechanics & Materials, 2014, 623:156-160.

作者简介

白蕾,硕士,助教,主要研究方向为图像处理、工业机器人、电力电子技术、自动控制等。

E-mail:532659675@qq.com