

基于改进型的 CamShift 算法在监控视频目标跟踪上的应用

蔡国武、赖武军、李洁

(江西理工大学机电工程学院, 江西 赣州 341000)

摘要: 经典的 CamShift 是一种应用颜色信息进行跟踪的算法, 但该算法的缺陷是对初始位置的要求精度太高, 致使其不能适用于快速运动目标跟踪的场合。为此, 本文设计一种基于贪心算法思想的改进型 CamShift 跟踪算法, 即在 CamShift 算法基础上对搜索窗口的质心利用贪心预测算法进行简单的预测, 并增加二次搜索方法, 提高跟踪的稳定性。实验结果表明, 改进后的 CamShift 算法在恶劣的环境下, 也能实时、稳定地实现对监控视频中的快速运动目标进行跟踪, 具有非常好的实时性和鲁棒性。

关键词: 贪心算法; CamShift 算法; 目标跟踪;

Improved CamShift Algorithms Was Applied To Target Tacking in Monitor Vidio

CAI Guo_Wu Lai Wu_Jun Li Jie

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, JiangXi University Of Science And Technology, GanZhou 341000, china)

Abstract: Classic CamShift is a color-based tracking algorithm, However, it is defect in its high requirement in initial location, which it also result can not be applied to track the fast moving target occasion. So the paper design an improved CamShift tracking algorithm, which are based on the greedy algorithm, which is added by simple motion prediction in search window and twice searching methods to improve tracking stability. The experimental results show that this improved CamShift have a good real-time and robustness to achieve the real-time target tracking on monitor video in the complex circumstances.

Keywords: greedy algorithm; CamShift algorithm; target tracking;

0 引言

目标跟踪广泛应用于视频监控、视频压缩、导弹精确制导等领域, 如何对感兴趣目标进行实时有效的跟踪是计算机视觉中一个极具挑战性的课题, 它涉及到图像处理、模式识别、人工智能以及自适应控制等多领域。目前, 实时目标跟踪技术已成为国内外研究的最热门课题之一。国外许多重要的期刊如 Optical Engineering、IEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence 以及 AD 报告等, 经常刊登有关目标跟踪领域的学术论文。

由于在目标跟踪的过程中目标存在旋转、缩放、遮挡等情况的影响, 故对目标的实时跟踪是十分困难的, 对跟踪的算法既要计算量小, 又要能适应目标和背景的变化。近些年, Mean Shift^[1]算法作为一种高效的模式匹配算法^[2], 因其不需要参数, 不需要进行穷尽搜索, 跟踪精度较高等优点, 已经成功地应用在目标跟踪领域中, 但是 Mean Shift 算法缺乏必要的模型更新, 其固定不变的核函数窗宽影响了跟踪的准确性^[3]。为此, 人们提出 Camshift 算法^[4], 来克服 Mean Shift 算法的缺陷。将 MeanShift 算法扩展到连续图像序列, 就形成了 CamShift 算法, 与 MeanShift 算法不同, CamShift 算法是基于连续图像颜色动态变化概率分布的一种跟踪算法, 可以适应跟踪目标动态变化的情形, 具有鲁棒性强、实时性好, 非常适用与背景相比具有明显色彩差异的彩色目标跟踪^[5,6]。但 Camshift 跟踪算法的致命缺点是对初始位置的要求太高, 若给定的初始值不够精确, 该方法可能无法准确跟踪目标, 甚至丢失目标。

为此, 本文提出一种基于贪心预测算法的改进型 CamShift 快速跟踪算法。它首先利用贪心算法的思想来快速预测视频监控目标在下一时刻的位置, 并将该位置作为 CamShift 迭代起始点, 然后再利用 CamShift 算法在这点的邻域内寻找目标的真实位置, 这样就可以达到快速准确地跟踪被监控的目标, 即很好地解决了 CamShift 算法对初始位置的要求

高的缺陷。

1 经典的 Camshift 跟踪算法

CamShift 算法是根据目标色彩概率分布来跟踪目标的, 通常选择 HSV 颜色空间 H 分量建立目标直方图, 最后再通过反投影建立目标颜色的概率分布值。CamShift 跟踪算法的基本思想是将视频图像的所有帧作 MeanShift 运算并将上一帧的搜索窗口的中心和大小作为下一帧 MeanShift 算法的搜索窗口的初始值, 如此迭代下去, 并重复这个过程, 就可以实现对目标的连续跟踪。

下面是 CamShift 算法的实现步骤, 如下:

Step1 将整幅图像设为搜寻区域。

Step2 初始化搜索窗口的初始位置和大小。

Step3 计算搜索窗口内的彩色概率分布, 此区域的大小比搜索窗口要稍微大一点。

Step4 运行 MeanShift, 获得搜索窗口新的位置和大小。搜索窗口的质心可通过如下计算搜索窗口的矩来得到:

$$\text{零阶矩: } M_{00} = \sum_x \sum_y I_c(x, y) \quad (1)$$

$$x \text{ 和 } y \text{ 的一阶矩: } M_{10} = \sum_x \sum_y x I_c(x, y), \quad M_{01} = \sum_x \sum_y y I_c(x, y); \quad (2)$$

$$\text{搜索窗口的质心为: } x_0 = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \quad y_0 = \frac{M_{01}}{M_{00}}; \quad (3)$$

$$\text{设置搜索窗的大小 } s \text{ 为: } s = 2\sqrt{M_{00}/256} \quad (4)$$

其中, $I_c(x, y)$ 为图像中点 (x, y) 处的像素值, x 、 y 在整个搜索窗口范围内取值。搜索过程结束时, 质心所在的位置就是被跟踪目标当前时刻所在的位置。

Step5 在下一帧视频图像中, 用 Step3 获得的值重新初始化搜索窗口的位置和大小, 再跳转到 Step4 继续运行直至收敛。

Step6 计算跟踪目标的方向和尺度。

利用搜索窗口 (x, y) 的二阶矩和像素值 $I(x, y)$, 可以得到图像中目标的长轴 l 、短轴 w 和目标长轴的方向角 q 。

$$\text{二阶矩为: } M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y), \quad M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y), \quad M_{11} = \sum_x \sum_y xy I(x, y) \quad (5)$$

$$\text{若令: } a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_0^2, \quad b = 2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_0 y_0 \right), \quad c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_0^2 \quad (6)$$

$$\text{长轴和短轴的长度: } l = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}}, \quad w = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (7)$$

$$\text{目标长轴的方向角: } q = \frac{\arctan \left(\frac{2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_0 y_0 \right)}{\left(\frac{M_{20}}{M_{00}} - x_0^2 \right) - \left(\frac{M_{02}}{M_{00}} - y_0^2 \right)} \right)}{2} = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{b}{a-c} \right) \quad (8)$$

其中 Step4 中的 MeanShift 算法是 CamShift 整个实现过程的核心部分, 用于快速从采集的图像中寻找目标所在的位置。由于 CamShift 算法在图像帧内与帧间都是根据上一步得到的 M_{00} 自适应的调整搜索窗口的大小, 因此非常适用于跟踪目标动态变形的情形。

但由于 CamShift 算法对初始预测位置的要求较高, 特别是对快速运动目标的跟踪效果很不好。原因是, 快速运动的目标在相邻帧图像中的质心位置相差较大, 若直接将上一帧的搜索窗口的质心做为当前帧 CamShift 迭代过程的起点, 可能会因起点不够精确, 而无法迭代寻找出目标的真实位置, 导致无法准确跟踪目标, 甚至跟丢目标。

2 改进型的 Camshift 算法

由于经典的 CamShift 算法只利用颜色信息对运动目标进行跟踪, 不对运动物体作任何预测, 在复杂背景中, 当运动目标运动过快或出现遮挡, 当运动目标运动过快或出现遮挡, 就容易导致跟踪失败, 抗干扰能力较差。

考虑到跟踪的实时性, 本文设计了一种基于贪心算法思想的算法来精确、快速地预测运动目标在下一帧视频图像中的位置。并将该位置做为 CamShift 跟踪算法的迭代起始点, 从而大大地减少了 CamShift 算法的搜索区域或迭代次数, 非常适用于高实时性要求的场合。具体的见下面分析。

2.1 贪心预测算法

贪心算法是一种不求追求最优解, 只希望得到较为满意解的方法。它是以当前情况为基础作最优选择, 而不考虑各种可能的整体情况, 这样也就省去了为找最优解要穷尽所有可能情况而必须耗费的大量时间; 也需要回溯或微分积分等复杂的运算, 因此, 可以快速得到较为满意的解。

由于目前市场上大多数监控摄像头的采集频率可达到 30 帧/每秒, 相邻两帧的时间间隔很短, 图像中所有的信息(包括运动目标)的动态变化都很小, 即运动目标最终表现在图像上的移动速度变化也很小。因此, 本文利用贪心算法的思想, 先视运动目标在相邻帧时间内是匀速运动, 以线性方法预测运动目标在下一刻的位置, 之后再通过前两帧对运动目标预测所产生的误差反馈, 进一步对预测的误差补偿, 从而可以达到精确预测运动目标的质心位置。

贪心预测算法^[44] 的具体模型的设计如下:

$$(1) \text{初始化: } x_{-1} = y_{-1} = 0, x_{-2} = y_{-2} = 0, x_{21} = y_{21} = 0 \quad (9)$$

$$(2) \text{当前帧与上一帧图像中的目标的位置偏差: } \Delta x = x_0 - x_{-1}, \Delta y = y_0 - y_{-1} \quad (10)$$

$$(3) \text{误差补偿: } r(x) = (x_{-1} - x_{21}) + (x_0 + x_{-2} - 2x_{-1}), r(y) = (y_{-1} - y_{21}) + (y_0 + y_{-2} - 2y_{-1}) \quad (11)$$

(4) 预测运动目标在下一帧图像中的位置, 并将该位置(坐标)置为下一帧图像的新搜索

$$\text{窗口的质心位置: } x_{22} = x_0 + \Delta x + r(x), y_{22} = y_0 + \Delta y + r(y) \quad (12)$$

(5) 下一帧图像采集之前, 将目标在上一帧与当前帧图像中的位置往前移一帧:

$$x_{-2} = x_{-1}, y_{-2} = y_{-1}; x_{-1} = x_0, y_{-1} = y_0 \quad (13)$$

$$(6) \text{同理, 将当前目标的预测位置}(x_{22}, y_{22}) \text{赋给}(x_{21}, y_{21}): x_{21} = x_{22}, y_{21} = y_{22} \quad (14)$$

只要循环(2)~(6)步, 就可以快速、精确预测出运动目标在下一帧图像中的位置。显然, 从上面可看出, 贪心预测算法模型简单、计算量极小, 算法也易通过程序设计实现。

其中, (x_0, y_0) 、 (x_{-1}, y_{-1}) 与 (x_{-2}, y_{-2}) 分别表示运动目标在当前帧、前一帧及前前二帧图像中的搜索窗口的实际质心坐标; (x_{21}, y_{21}) 与 (x_{22}, y_{22}) 分别表示对上一帧和当前帧图像中的运动目标质心的预测坐标; $\rho(x)$ 与 $\rho(y)$ 对预测质是坐标 (x_{22}, y_{22}) 的误差补偿, 由预测误差补偿和实际线性误差累积补偿构成。

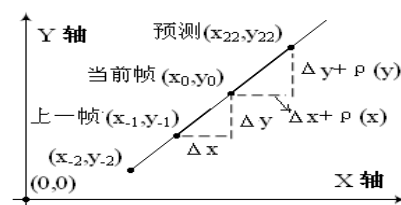


图1 误差补偿

贪心预测算法的主要优点是: 该算法不需所有观测数据, 只需利用前 2 次运动目标的实际质心位置, 就可以简单、快速地预测出下一次运动目标。即算法极其简单、计算量小、与初始参数设定无多大关联。因此, 可以大大提高跟踪的实时性。

2.2 融合贪心预测算法的改进型 CamShift 跟踪算法

为提高 CamShift 算法跟踪目标的实时性和鲁棒性, 可将贪心预测算法与 CamShift 跟踪算法相融合。即在 CamShift 跟踪算法的基础上增加了利用贪心预测算法, 对前两帧图像中目标的位置信息对当前帧图像中目标出现的位置进行预测; 然后再利用 CamShift 算法来快速寻找目标的真实位置。

由于被监控目标在运动过程中, 难免会受到外界的种种干扰, 为提高跟踪的可靠性和抗干扰能力, 改进型的 CamShift 跟踪算法增加了对以下两种常见的干扰情况进行处理。

情况 1: 当监控目标在整幅图像中所占的比重不大, 而帧间位移较大时, CamShift 算法中根据上一帧图像跟踪结果得到的新搜索窗口可能与目标没有联接, 导致跟踪丢失。

解决方法: 假设初始选择窗口时得到的目标零阶矩为 \overline{M}_{00} , 若后续跟踪过程中得到

$M_{00} < 0.2\overline{M}_{00}$, 则认为该次跟踪丢失。由于在搜索的过程中, 只要有一部分目标像素落在搜索窗口中, CamShift 算法就会继续工作。又由于目标本身运动的不规则性和受到各种外界环境干扰的影响, 使得搜索窗口可能因此而收缩至局部最小值的区域内, 致使目标即使重新出现, 由于搜索窗口很小与目标没有联接, 新的跟踪也不会发生。为解决这一问题, 当搜索窗口的尺寸小于某个值时, 自动将搜索窗口的尺寸扩大到一个固定值, 进行二次 Camshift 搜索, 等目标重新出现时, 搜索窗口与目标联接, 开始新的跟踪。

情况 2: 如果在跟踪过程中, 目标遭遇大比例的遮挡而导致目标跟踪失效。

解决办法: 通过残差的大小来判断是否出现了大比例的遮挡, 残差由贪心预测算法求出的预测值 (x_{22}, y_{22}) 与 MeanShift 算法求出的目标真实位置 (x_0, y_0) 两部分构成。

其定义为:
$$\Delta r = \sqrt{(x_{22} - x_0)^2 + (y_{22} - y_0)^2} \quad (15)$$

显然, 如果是正常跟踪, 那么经过一些帧后, 贪心预测算法关于目标位置的估计值和 CamShift 算法得到的目标真实位置值很接近, Δr 较小。如果遇到较大比例的阻挡情况, 由于当前帧搜索窗口中融入了很多的背景信息, 如果仍然利用贪心预测算法的预测目标的位置做为 CamShift 起始点进行跟踪, 可能导致无法精确跟踪, 这时, 若残差远大于平时的 Δr , 则认为目标可能遇到了大的阻挡, 贪心预测算法已经失效。这时可以设一个门限值 T , 如果 $\Delta r > T$, 则暂停贪心预测算法的工作, 并使用经典的 CamShift 算法继续跟踪运动目标; 同时, 仍然计算 Δr , 若 $\Delta r < T$, 则下一帧贪心预测算法重新开始工作。

改进后的 CamShift 跟踪算法的实现框图如下面图 2 所示:

3 实验结果与分析

为了验证本文提出算法的有效性, 本文利用视频监控器拍摄的实际图像序列, 对序列

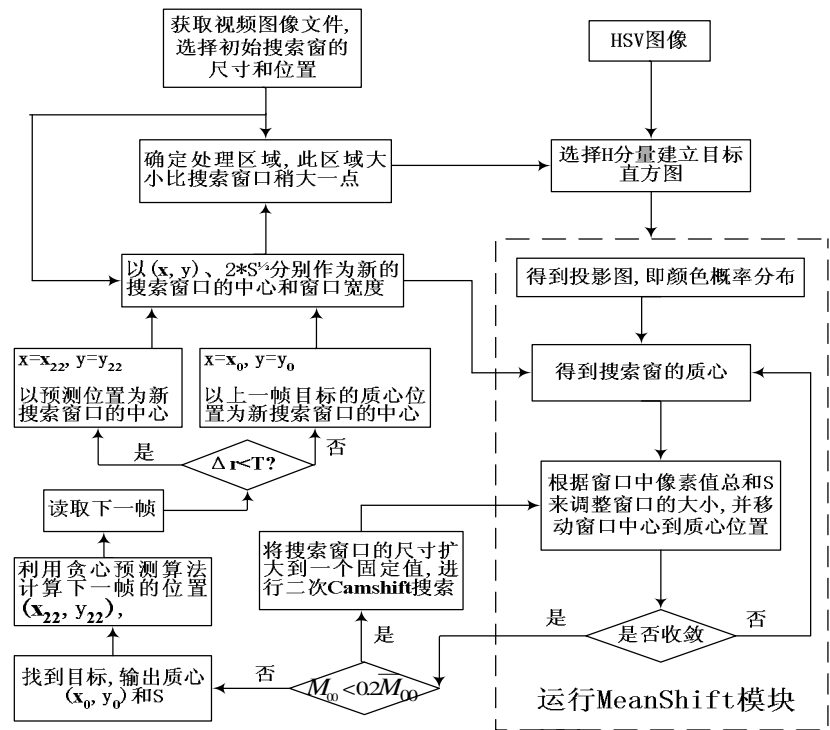


图 2 改进后的 CamShift 跟踪算法框图



图 3a 改进型的 CamShift 跟踪算法效果图

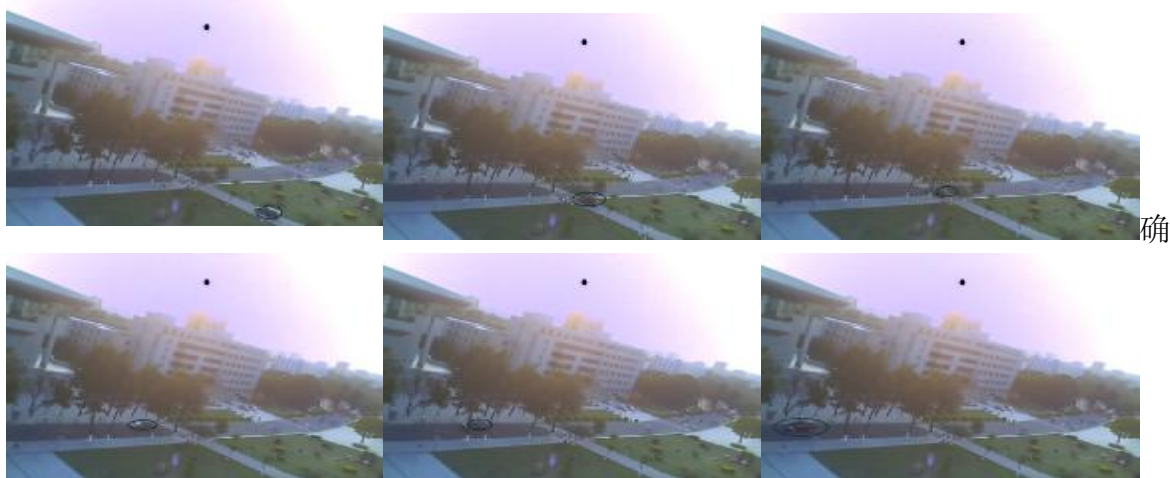


图 3b 经典的 Camshift 跟踪算法效果图

中的运动目标进行跟踪测试实验, 并利用 VC++ 和 Interl 公司的图像处理函数库 OpenCV 编写程序进行调试。为了验证系统算法的有效性, 本文选取有受太阳光干扰的复杂自然环境下, 对汽车在不同速度和不同场景下的跟踪效果进行对比。

图中, 视频序列的顺序是自左向右, 自上而下。显然, 由于汽车刚开动, 速度较小, 且也没有受到被遮挡, 故在图 3a 和图 3b 的第 1 帧两种算法都很好地跟踪目标(汽车)。在第 2、3、4 帧中, 虽然汽车处于拐弯状态, 速度较慢, 但由于受到树的不同程度的遮挡, 使得经典的 Camshift 跟踪算法的搜索窗口无法找出精确的真实目标, 如在第 3 帧中的搜索窗口出现收缩到局部最小值的现象。其主要原因是没有对目标的运动进行预测, 由此可能造成无法通过迭代找出精确的目标位置。在第 6 帧, 汽车速度较快, 使得经典的 Camshift 跟踪算法, 由于实时性跟不上, 搜索窗口还来不及收敛, 就到了读取下一帧图像的时间了。如果长时间出现这种情况, 利用 Camshift 跟踪算法将失效。从图 3a 可以看到, 即使在第 3 帧目标被大比例的遮挡, 但利用改进后的 CamShift 跟踪算法仍可以在精确的正常跟踪目标, 实验结果表明, 改进后的 CamShift 跟踪算法比经典的 Camshift 跟踪算法具有更好的实时性和鲁棒性。

4 结语

本文提出一种基于贪心预测算法的改进型 Camshift 算法, 最后通过实验表明, 该改进型的 Camshift 跟踪算法, 在复杂的自然环境条件下, 也能实现对监控视频中感兴趣的目标进行实时跟踪, 能满足跟踪的高可靠性、实时性及鲁棒性的要求。

主要参考文献

- [1] Y. Cheng • Mean shift, mode seeking, and clustering • IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel., 1995, 17: 790~799.
- [2] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift [C]//Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Hilton Head Island, South Carolina:IEEE, 2000. 2: 142-149.
- [3] 朱胜利, 朱善安. 快速运动目标的 Mean shift 跟踪算法[J]. 光电工程. 2006, (05): 66-70
- [4] Rong J, Yi W. Corpus-based Unit Selection for Natural-sounding Speech Synthesis[D]. Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- [5] 王亮亮, 孙即祥, 谭志国. 基于人脸检测和 CAMSHIFT 算法的人脸跟踪系统[J]. 微计算机应用, 2008, (2): 29-32
- [6] 彭娟春, 顾立忠. 基于 Camshift 和 Kalman 滤波的仿人机器人手势跟踪[J]. (上海交通大学学报. 2008, (7): 40-44

作者简介:

第一作者简介: 蔡国武, 男, 1984.12-, 福建莆田, 硕士,
专业: 控制理论与控制工程. 研究方向: 智能机器人(视觉图像处理);

第二作者简介: 赖武军, 男, 硕士,
专业: 控制理论与控制工程. 研究方向: 嵌入式系统

第三作者简介: 李洁, 女, 硕士,
专业: 控制理论与控制工程. 研究方向: 嵌入式系统

通讯地址: 江西省赣州市江西理工大学(本部) 535 信箱
或江西省赣州市江西理工大学(本部) 智能机器人实验室
电话: 15970082322 0792_8312049 Email: cgw585@126.com