

均值漂移框架下基于背景差分的运动目标跟踪

燕 莎

(西安理工大学 高等技术学院, 陕西 西安 710082)

摘 要: 提出了一种基于背景差分法原理的均值漂移 MS 跟踪算法。使用距离度量函数判断目标是否失去跟踪, 当 MS 跟踪目标位置发生较大偏移时, 通过使用背景差分法提取的目标形心位置对其进行修正。实验结果表明, 该方法应用于实时运动目标的跟踪时具有良好的跟踪效果。

关键词: 图像序列; 目标提取; 目标跟踪; 均值漂移

中图分类号: TP393.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)19-0052-02

Moving target tracking based on background subtraction in the framework of Mean Shift

Yan Sha

(Faculty of High Vocational Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710082, China)

Abstract: This paper adopts an MS tracking algorithm based on background method principle. Using metric distance function determines whether a target tracking loses, when MS tracking is in great deviation of target location, it's position can be amended by the use of background difference method. The experimental results show that the method has good tracking effect when applying in the real-time tracking of moving targets.

Key words: image sequence; target extraction; target tracking; Mean Shift

近年来, 目标跟踪是机器视觉领域比较活跃的研究课题, 在车辆跟踪、智能机器人、人机交互、智能家居以及生物医学图像分析等行业有着潜在的应用^[1-2]。学者们提出了大量的运动目标跟踪算法, 在这些算法中, 基于统计迭代思想的均值漂移 MS (Mean Shift) 算法经常被应用于聚类、图像平滑、图像分割和跟踪等各种不同场合。该方法计算量不大, 能够进行实时目标跟踪^[3]。

基于 MS 的目标跟踪算法要求相邻两帧间目标位置必须有重合, 因此当目标的运动速度较小时, 能够获得比较理想的跟踪结果。当目标运动速度较快且目标较小导致相邻两帧间的目标位置无重合时, 该方法往往失效。背景差分法是常用的目标提取算法, 可以快速有效地提取出目标的轮廓。利用背景差分法提取出目标的轮廓, 进而计算出目标的形心位置, 从而为 MS 跟踪算法提供准确、可靠的目标位置。

本文主要研究动态复杂背景下图像序列中运动目标的跟踪技术, 通过将 MS 理论和背景差分法目标提取算法相结合, 实现了运动目标的实时跟踪。通过对行驶

中的小汽车的跟踪, 验证了本文算法的有效性和稳健性。

1 背景差分目标提取

背景差分法也叫背景相减法, 是用待提取目标图像减去没有目标的静止背景图像提取出运动目标, 属于图像分割技术范畴, 其原理与帧差法类似, 都是利用图像像素的差分法运算实现目标提取。

1.1 背景差分法原理

基于像素灰度信息的背景差分算法速度快、提取准确, 是实时运动目标提取首选算法。假定函数 $b_k(x, y)$ 表示背景, $f_k(x, y)$ 表示待提取图像, 则 $bid_k(x, y)$ 为提取结果:

$$bid_k(x, y) = |f_k(x, y) - b_k(x, y)| = \begin{cases} 1, & bid_k(x, y) \geq T \\ 0, & bid_k(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

其中, k 代表第 K 帧; T 为阈值, 其选择的准确与否直接影响到目标识别的灵敏度。由式(1)可知, 提取结果 $bid_k(x, y)$ 是一个只有黑白颜色的二值图像, 前景目标位置取 1, 背景区域取值为 0。图 1 为背景差分法进行目标提取效果。



(a)第 N 帧原始图像 (b)前 N 帧重建的背景(c)背景差分法提取的目标

图1 背景差分法目标提取

1.2 背景差分算法步骤

(1) 图像预处理: 主要目的是去除图像的随机噪声和校正因传感器角度造成的图像偏差。一般地, 采用滤波和配准等方法对原始视频进行预处理。

(2) 背景建模: 通过对 N 帧视频图像序列的每一帧的像素信息进行统计和估计, 从而得到背景图像, 在算法开始时, 通常采用第 1 帧图像作为初值背景。

(3) 前景提取: 传感器采集到的当前帧图像与步骤(2)重建的背景作差分运算, 即可求得待提取的运动目标。

(4) 背景更新: 当目标由当前帧运动到下一帧时, 背景像素也跟着发生变化, 不能以当前背景图像作为下一帧的背景, 背景图像需要重新估计, 即背景更新。在整个目标提取过程中, 背景是动态变化的。

2 MS 框架下的背景差分法目标跟踪

MS 算法是一个不断进行迭代运算的步骤, 即先算出当前点的偏移均值, 移动该点到其偏移均值, 然后以此为新的起始点继续移动, 直到满足一定的条件结束。MS 算法以其优良的性能在目标跟踪中得到了很好的应用, 它是一种无参数的密度估计算法, 最早由 FUKUNAGA K 和 HOSTETLER L D 提出^[4], 应用于模式识别问题。COMANICIU D 等人将 Mean Shift 方法用于解决目标跟踪问题^[5]。

2.1 MS 跟踪算法

假设运动目标中心位于 x_0 , 利用灰度或颜色分布来描述这个运动对象, 则该运动目标可以表示为:

$$\hat{q}_u = C \sum_{i=1}^n k(\|x_i^s\|^2) \delta[b(x_i^s) - u] \quad (2)$$

其中, C 为归一化常数, 使得所有的 \hat{q}_u 之和为 1; $k(\cdot)$ 为核函数的轮廓函数; $\delta(\cdot)$ 为 Kronecker delta 函数; $b(x_i^s)$ 表示坐标为 x_i^s 的像素在二维直方图中的索引。 $C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k(\|x_i^s\|^2)}$

由此知道, 候选的位于 y 的目标可以描述为:

$$\hat{p}_u(y) = C_h \sum_{i=1}^{n_h} k\left(\left|\left|\frac{y-x_i^s}{h}\right|\right|^2\right) \delta[b(x_i^s) - u] \quad (3)$$

于是, 运动目标的跟踪可以简化为寻找使得 $\hat{p}_u(y)$ 与 \hat{q}_u 最相似的最优解 y 。

而 $\hat{p}_u(y)$ 与 \hat{q}_u 的最相似性通常用 Bhattacharyya 系数 $\hat{\rho}(y)$ 度量来, 即

$$\hat{\rho}(y) \equiv \rho[\hat{p}(y), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y), \hat{q}_u} \quad (4)$$

Bhattacharyya 系数 $\hat{\rho}(y) \in [0, 1]$, 其值越大, 表明 $\hat{p}_u(y)$ 与 \hat{q}_u 相似度越高。

式(3)在 $\hat{p}_u(\hat{y}_0)$ 点进行 Taylor 展开可得:

$$\rho[p(y), q] \approx \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{p(y_0)q_u} + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m p_u(y) \sqrt{\frac{q_u}{p_u(y_0)}} \quad (5)$$

把式(3)带入式(5), 整理可得:

$$\rho[p(y), q] \approx \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{p(y_0)q_u} + \frac{C_h}{2} \sum_{i=1}^n w_i k\left(\left|\left|\frac{y-x_i^s}{h}\right|\right|^2\right) \quad (6)$$

$$\text{其中, } w_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i^s) - u] \sqrt{\frac{q_u}{p_u(y_0)}} \quad (7)$$

选择 $k(x)$ 为 Epanechnikov 核函数的轮廓函数, 则有:

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} w_i x_i^s}{\sum_{i=1}^{n_h} w_i} \quad (8)$$

2.2 改进跟踪算法步骤

基于 MS 的改进目标跟踪算法的流程如下。

算法的输入: 目标的颜色概率分布 \hat{q}_u 及初始位置 y_0 。

(1) 设定终止迭代阈值为一个极小正数, 依据目标中心初始位置 y_0 计算候选目标的概率分布 $\hat{p}_u(y_0)$ 以及巴氏相似系数 $\rho[\hat{p}(y_0), \hat{q}]$;

(2) 依据式(7)计算权重 w_i ;

(3) 依据式(8)计算新的位置 y_1 ;

(4) 计算 y_1 处候选目标的概率分布 $\hat{p}_u(y_1)$ 以及巴氏相似系数 $\rho[\hat{p}(y_1), \hat{q}]$, 如果 $\rho[\hat{p}(y_1), \hat{q}] < \rho[\hat{p}(y_0), \hat{q}]$, 则 $y_1 = 1/2(y_0 + y_1)$; 再重新计算 $\rho[\hat{p}(y_1), \hat{q}]$;

(5) 如果 $|y_1 - y_0| < C$, 则迭代结束, 否则 $y_0 = y_1$, 跳到步骤(1)继续进行;

(6) 利用背景差分法提取目标, 并计算目标新的形心位置 x_1 ;

(7) 如果 $|x_1 - y_1| \leq R$ (R 为初始时手动选定的目标半径), 则以 y_1 为新的目标位置, 否则以 x_1 作为新的目标位置;

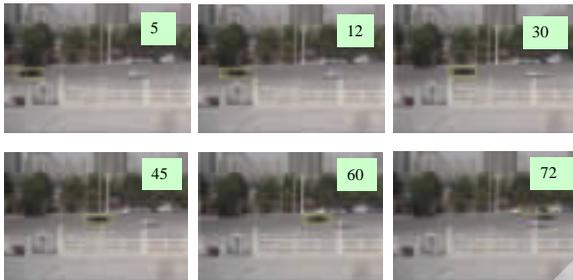
(8) 回到步骤(1)继续进行计算, 一直到目标跟踪结束。

3 实验结果与分析

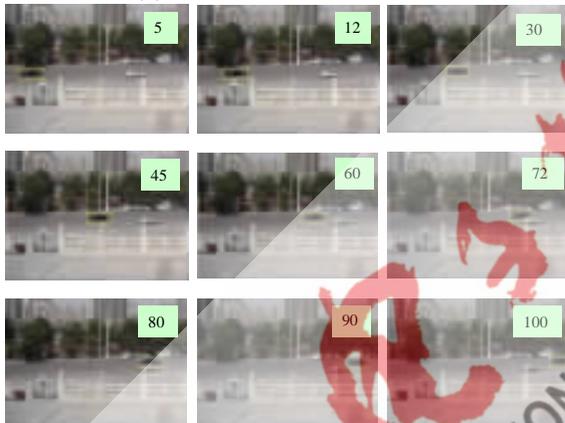
为了验证本文所提出的目标跟踪算法的性能, 采用一组自己用佳能数码相机拍摄的视频图像进行测试, 并比较 MS 跟踪算法和本文跟踪算法的跟踪效果。所有算法均在 Intel Pentium-4 3.0 GHz CPU、2 GB 内存计算机, Windows XP 系统下用 MATLAB 7.9 编程实现。图像中方框表示估计的目标位置, 在图像序列中待跟踪目标的初始位置手动给定。

图2是对一段长为100帧的640×480像素的视频中行驶的黑色小汽车的跟踪实验结果。前71帧中MS算法和本文算法跟踪结果基本一致。到第72帧时,由于目标被前面的白色汽车遮挡,跟踪目标丢失,MS算法失效。改进算法中,利用背景差分法提取的目标中心位置对MS跟踪的目标位置进行修正,从而保证算法能够一直正确地跟踪目标。

本文提出了一种改进MS算法的背景差分法目标跟



(a)用MS算法跟踪黑色汽车结果



(b)改进的MS算法跟踪黑色汽车结果

图2 行驶中的小汽车跟踪结果

踪方案。通过背景差分法进行目标提取并计算目标的形心坐标,对MS算法进行自动修正。使用距离度量函数判断目标是否失去跟踪,在目标丢失时,通过背景差分法修正跟踪位置,重新进行目标定位来获得稳定的跟踪。这种方法在跟踪偏移的情况下能够调整算法的目标模型分布,从而修正MS的跟踪过程。实验结果表明,本文所提出的方案实现了对目标的实时提取与跟踪,同时对于目标遮挡、丢失的情况是稳健的。

参考文献:

- [1] 蔡荣太.非线性自适应滤波器在电视跟踪中的应用[D].北京:中国科学院,2008.
- [2] 王亮,胡卫明,谭铁牛.人运动的视觉分析综述[J].计算机学报,2002,25(3):225-237.
- [3] COMANIEIU D, RAMESH V. Mean Shift and optimal prediction for efficient object tracking[C]. Proceedings of the IEEE Conference on Image, 2000(3):70-73.
- [4] FUKUNAGA K, HOSTETLER L D. The estimation of the gradient of a density function with applications in pattern recognition[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1975, 21(10): 32-40.
- [5] COMANICIU D, MEER P. Mean Shift: a robust approach toward feature space analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2002, 24(5): 564-577.

(收稿日期:2013-07-24)

作者简介:

燕莎,女,1975年生,讲师,主要研究方向:电子信息。