

基于粒子滤波图像帧的视觉跟踪算法研究

孔素然^{1,2}

(1 宁波大红鹰学院, 浙江 宁波 315175; 2 复旦大学 信息科学与工程学院, 上海 200433)

摘 要: 研究目标物体的图像准确跟踪定位问题. 本文主要针对传统的目标跟踪算法中由于视频图像的复杂性, 同时运动突变性的存在, 使得运动间的关联性被大幅降低, 跟踪结果出现较大偏差, 难以准确跟踪视频图像, 提出了一种粒子滤波优化图像帧视觉跟踪新技术. 算法引入了随机分布的运动突变影响算子, 在运动估计过程中作为惩罚因子出现, 同时采用粒子滤波视觉目标采样视频图像, 从而得到实时的跟踪. 实验结果表明, 提出的方法避免了传统跟踪算法的延时, 能够精确实时定位目标物体.

关键词: 目标跟踪; 粒子滤波; 视觉跟踪; 惩罚因子; 视频图像

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)11-0177-03

Particle Filter Based Visual Tracking Algorithm of Image Frames

KONG Su-ran^{1,2}

(1 Ningbo Dahongying University, Ningbo 315175, China;

2 School of Information Science and Technology, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Research the object image accurately tracking problem. This article mainly aims at the traditional target tracking algorithm for video image complexity, while movement mutation existence, making movement between relevance is substantially reduced, tracking results appear larger deviation, it is difficult to accurately track the video image, proposes a kind of particle filter optimization of image frames for visual tracking of new technologies. The algorithm introduced random motion mutations affecting the operator, in the motion estimation process as the penalty factor, at the same time using particle filter visual target sample video image, so as to obtain the real time tracking. The experimental results show that the method proposed in this paper, to avoid the traditional tracking algorithm for delay, can accurate real-time positioning objects.

Key words: object tracking; particle filter; visual tracking; penalty factor; video image

1 引言

近年来, 计算机视觉的研究重点已逐渐从静态图像的研究过渡到动态图像序列的研究. 动态图像序列的运动目标跟踪是模式识别、图像处理、计算机视觉等领域的综合应用. 对图像中的目标进行实时跟踪在军事、工业、科学研究方面都具有重要的意义. 例如虚拟现实环境、模拟训练、自动导航、机器人目标捕获等方面^[1-2].

人们对图像序列中运动目标的跟踪做了大量深入的研究, 提出了许多行之有效的方法. 但时至今

日, 一个稳健准确并且高性能的方法依然是一个具有明显挑战意义的研究课题. 这种挑战绝大多数是来自图像序列中的图像变化和多个运动物体存在. 图像变化的主要因素有: 运动目标的位置变化或目标变形、照明条件的变化、背景干扰(如在风中摇摆的树木)、摄像机的抖动、运动目标的阴影以及运动目标的自遮挡或互遮挡现象等^[3]. 常用的解决方法是采用多特征以及兴趣点跟踪的方法. 但目前所有的流行方法都不足以做到对光照、多运动目标的鲁棒性^[4], 跨越这几个技术障碍的总体趋势是将多个(颜色、轮廓)综合各类方法(混合高斯模型、人工智

能等)与统计学习方法相结合^[5].

粒子滤波算法一直被广泛应用在目标跟踪领域,其核心思想是利用相关的加权的随机样本 $\{X_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$ 来近似的表示视觉目标后验的概率 $p(X_k | Z_{1:k})$, 粒子滤波视觉跟踪算法通常包括了三个步骤,包括了图像视觉目标状态采样和转移、状态样本加权求值以及目标状态估计的输出.

本文提出了一种粒子滤波优化图像帧视觉跟踪新技术,算法引入了随机分布的运动突变影响算子,在运动估计过程中作为惩罚因子出现^[6],同时采用粒子滤波视觉目标采样视频图像,从而得到实时的跟踪.

2 粒子滤波视觉目标跟踪技术

2.1 视觉目标跟踪原理

运动物体目标跟踪算法的目的就是对视频中的图像的序列进行分析,计算出目标图像在每一帧上的位置,也就是说一句区域分割过程给出的目标质心位置,计算出目标物体的位移^[7],同时依据图像质心的位置的变化判断出物体目标的下一帧运动的位置以及运动的方向,确定运动目标是否在观察窗口.

2.2 视觉跟踪技术

视觉跟踪通过分析图像序列恢复目标物体的位姿,视觉伺服利用视觉信息对系统进行闭环控制.而主动视觉则是根据环境的变化主动改变观察角度和位置的.视觉跟踪、视觉伺服和主动视觉之间有着紧密的联系.粒子滤波算法一直被广泛应用在目标跟踪领域,其核心思想是利用相关的加权的随机样本 $\{X_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$ 来近似的表示视觉目标后验的概率 $p(X_k | Z_{1:k})$, 粒子滤波视觉跟踪算法通常包括了三个步骤,包括了图像视觉目标状态采样和转移、状态样本加权求值以及目标状态估计的输出.

2.3 粒子滤波视觉目标跟踪

粒子滤波视觉目标跟踪主要包括三个方面:

(1)视觉目标状态采样与转移:视频图像状态采样从定义上分布 $q(X_k^{(i)} | X_{k-1}^{(i)}, Z_k)$ 中提取出当前状态的样本 $X_k^{(i)}$. 这里,状态转移是指视频图像控件状态理论中的基本概念,主要是用来描述了目标物体状态的动态变化的过程.所以说,一般的状态转移模型都可以用来刻画视觉目标在连续的相应的两帧帧之间的运动特性^[8]. 通常来说,目标物体的状态转移模型都可以用概率化来表示,表示为有限阶的状态转移概率 $p(X_k | X_{j,k-1})$ (这里, $0 < j < k-1$). 若

把建议分布改为有限阶的状态转移概率分布,则目标状态采样 $X^{(i)}$ 的转移过程就和粒子滤波的采样过程是相同的.

(2)目标状态样本加权:目标样本的权值通常决定了这个样本对目标视频图像状态的近似能力,通常来说权值越大,那么这个样本越接近实际的状态值.所以,对样本的权值计算是非常有必要的.

这里目标观测概率 $p(Z_k | X_k)$ 被定义为某种视觉图像目标特征跟踪的概率分布,对概率 $p(Z_k | X_k)$ 的计算,取决于视频图像的视觉目标的统计描述.从视觉特征定义中可以看出,该特征视觉中的颜色,状态以及纹理等特征是区别于其他不同背景图像特征的.

(3)状态目标的估计输出:定义在 k 时刻,加权粒子集 $\{X_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$ 可近似表示视觉目标的状态后验分布 $p(X_k | Z_{1:k})$, 这里目标状态 X_k 的最小均方误差(MMSE)估计可以表示为:

$$\hat{X}_k = X_k^{\text{MMSE}} = E(X_k | Z_{1:k}) \doteq \sum_{i=1}^N w_k^{(i)} X_k^{(i)} \quad (1)$$

其最大后验估计值表示为:

$$\hat{X}_k = X_k^{\text{MAP}} = \operatorname{argmax}_{X_k} p(X_k | Z_{1:k}) \doteq \operatorname{argmax}_{X_k} w_k^{(i)} \quad (2)$$

粒子滤波视觉目标跟踪主要步骤如下:

①状态初始化:设 $k=0$, 首先手动选取参考视觉目标值 X_c , 同时计算该视觉目标的颜色分布 $\{q^{(u)}\}_{u=1, \dots, B}$, 根据先验概率分布 $p(X_0)$ 来建立初始状态样本集 $\left\{X_0^{(i)}, \frac{1}{N}\right\}_{i=1}^N$.

②粒子滤波中粒子状态迁移:依据随机漂移粒子模型以及粒子 $X_{k-1}^{(i)}$, 计算粒子 $\tilde{X}_k^{(i)}$.

③计算粒子的权值:依据公式(2), 计算样本 $\tilde{X}_k^{(i)}$ 的权值 $w_k^{(i)}$, 同时一起归一化处理, 那么得到权值 $w_k^{(i)} = \frac{w_k^{(i)}}{\sum_{i=1}^N w_k^{(i)}}$.

④目标状态估计输出:计算 k 时刻的最大后验估计值 $\hat{X}_k = \sum_{i=1}^N w_k^{(i)} \tilde{X}_k^{(i)}$.

⑤目标状态的重采样:依据粒子的权 $w_k^{(i)}$ 以及粒子集 $\{\tilde{X}_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$, 重新选取 N 个粒子, 首先计算计算粒子集 $\{\tilde{X}_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$ 的累积权值, $c_k^{(i)} = c_k^{(i-1)} + w_k^{(i)}$; 然后在区间 $[0, 1]$ 上均匀分布, 在粒子集 $\{\tilde{X}_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N$ 中搜索最小的 j , 使得 $c_k^{(j)} \geq u$ 达到最

小,形成新的粒子集 $\{X_k^{(i)}, w_k^{(i)}\}_{i=1}^N = \left\{X_k^{(i)}, \frac{1}{N}\right\}_{i=1}^N$, 最后令 $k=k+1$, 返回步骤②。

3 粒子滤波图像帧目标视觉跟踪

以上方法中的运动模型没有充分考虑特征像素发生不定向突变带来的弊端,因此该模型存在缺陷。为此,可在模型中加入方向突变因子,用来描述目标运动物体存在的突变因素影响,具体运算步骤如下。

在得到上述的跟踪模型的基础上,假设:

$$X_t = A_2 X_{t-2} + A_1 X_{t-1} + C_0 + B_0 W_t \quad (3)$$

A_2, A_1 和 B_0 表示传统模型中运用到目标物体后,方向系数矩阵, C_0 为表示坐标系下的有效偏移, W_t 误差系数,其是在一个区域内的随机变化系数,表示误差分布。通过不间断的运动目标采集,采集视频图像中的运动的物体图像,在完成初始化工作后,提取各帧中最有代表性的像素特征点,根据点模型创建原理,组成一个运动点模型集合为 $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ 。在建立后,加入突变因子,计算步骤为:

对计算得到的模型,进行方向逆向运算,表示前后突变因子的大小

$$\tilde{X}_1 = X_2 - X_1$$

$$\tilde{X}_2 = X_3 - X_2$$

...

$$\tilde{X}_{N-1} = X_N - X_{N-1}$$

得到一个逆向突变因子的值记作 $\{\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \dots, \tilde{X}_{N-1}\}$ 。

计算突变因子中的方差和便准差的值:

$$E\{\tilde{X}_t\} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left[X_i - \frac{N_b}{N_t} X_{t-1} \right] P(e)$$

$$\text{Var}\{\tilde{X}_t\} = \frac{N_t r_t^2}{N_b^2} [P(e) - P^2(e)]$$

式中, $E\{\tilde{X}_t\}$ 和 $\text{Var}\{\tilde{X}_t\}$ 分别是帧差中突变因子的方向估计误差和速度突变因子方差, N_b 和 N_t 是突变因子的变化系数, $P(e)$ 错误概率。

其中 N_b 和 N_t 表示突变因子的变系数,在发生变化的情况下,各个系数的计算方法如下:

$$N'_t = \frac{\tilde{X}_t - X_t}{X_N - X_t} P(e) - P(e)$$

$$N'_b = \frac{\tilde{X}_t - N_t}{X_N - N_t} P(e) - P(e)$$

$$E\{\tilde{X}_t\} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \left[X_i - \frac{N'_b}{N'_t} X_{t-1} \right] P(e)$$

$$\text{Var}\{\tilde{X}_t\} = \frac{N'_t r_t^2}{N'_b^2} [P(e) - P^2(e)]$$

这样通过传统模型中加入突变因子,将突变性的因素逼近到最精确的值,使得像素中的关键特征参数加入了影响因子,与一般像素更好的区分,结果如图1所示。

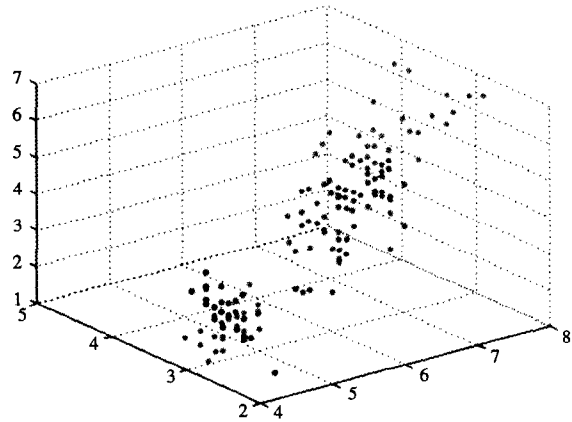


图1 加入突变因子的像素分类

4 实验结果及对比

本文实验在 Pentium IV 2.8GHz、内存 2G 的 PC 机上采用 MATLAB 7.0 软件平台实现的。待跟踪的视觉目标的参考目标模型在图像序列第一帧手动选定。同时,这里视觉的目标的颜色量化等级表示为 $8 \times 8 \times 8$, 粒子数目选择 $N=100$ 。

实验场景为交通视频图像,被跟踪的车辆跟踪在大量的车流路上。实验视频序列长度为 400 帧,每帧图像的大小为 300×240 ,被跟踪车辆的大小为 28×20 。可以看出,本文算法能够有效的在复杂背景中对目标物体进行实时跟踪。

本文比较了传统的粒子滤波视觉目标跟踪算法,算法跟踪误差性能比较如图2所示。

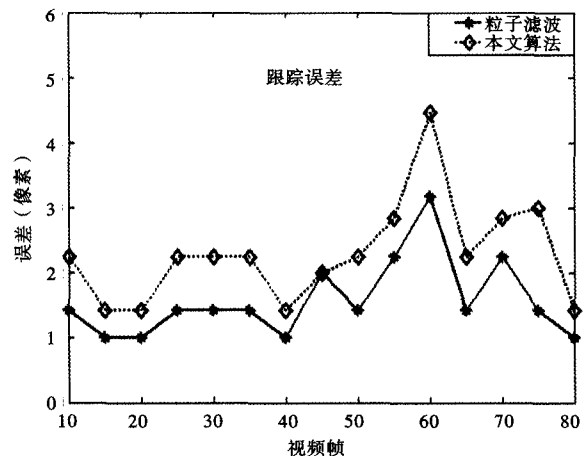


图2 算法性能比较图

(下转第184页)

踪,使得检测跟踪的准确度提高到 90.2%,有效描述船舶运动目标,准确完成了船舶的检测跟踪,取得了理想的结果。

5 结束语

提出了特征融合的船舶检测跟踪方法,将船舶的灰度特征和运动特征融合来描述运动船舶目标,避免传统单一灰度特征方法不能有效描述特征不明的船舶目标问题,并利用粒子滤波算法构建观测概率模型,完成运动船舶的检测跟踪。实验表明,特征融合的方法能够有效描述船舶运动目标,准确完成船舶的检测跟踪,为实际应用提供了可靠的参考。

参考文献:

- [1] Slob. W. Determination of risks on inland waterways [J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, 61(1-3): 363-370.
- [2] Talley, W. K., D. Jin, and H. Kite-Powell. Determinants of the severity of cruise vessel accidents [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2008, 13(2): 86-94.

- [3] 赵江. 红外探测技术的现状与发展趋势[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(1): 323-326.
- [4] 刘延武. 舰船红外图像的传输与识别[J]. 计算机仿真, 2011, 28(2): 316-319.
- [5] Xide C, Zuyuan L. Trajectory optimization for ship navigation safety using genetic annealing algorithm [C] // Third International Conference on Natural Computation, [s. l.]: IEEE, 2007: 385-392.
- [6] 张长城, 杨德贵, 土宏强. 红外图像中弱小目标检测前跟踪算法研究综述[J]. 激光与红外, 2007, 37(2): 104-107.

作者简介:



李 斌 男, (1978—), 硕士, 讲师. 研究方向为图像检索和计算机网络与通信。

孙华峰 男, (1955—), 副教授. 研究方向为多媒体和数据库。

(上接第 179 页)

5 结束语

目标跟踪技术一直是国内外研究的热点难点问题, 本文提出了一种粒子滤波优化图像帧视觉跟踪新技术. 算法引入了随机分布的运动突变影响算子, 在运动估计过程中作为惩罚因子出现, 同时采用粒子滤波视觉目标采样视频图像, 从而得到实时的跟踪. 算法具有非常高的实时性能。

参考文献:

- [1] 张根耀, 赵宗涛. 图像法识别运动目标技术[J]. 山西师范大学学报, 2002, (1): 33-37.
- [2] 毕华军, 梁家红, 吴冰. 粒子滤波器在图像序列目标跟踪中的应用[J]. 计算机仿真, 2006, 23(1): 184-186.
- [3] Wanc Xiaopeng. Aerodynamic parameter identification of fight vehicles based on adaptive genetic algorithm [J]. Journal of Astronautic, 2003, (3): 303-308.
- [4] 舒建生, 武键, 赵建波, 等. 基于改进粒子群算法的巡航高度优化[J]. 电光与控制, 2010, (2): 5-9.

- [5] S. Arulampalam and S. A. Maskell. Tutorial on Particle Filters for On-line Non-linear Non-Gaussian Bayesian Tracking [J]. IEEE Trans of Signal Processing (SI053-587X), 2002, 50(2): 174-188.
- [6] Miguez J, Bugallo M F, Djuric P M. A new class of particle filters for random dynamic systems with unknown statistics[J]. URASIP Journal on Applied Signal Processing, 2004(15): 2278-2294.
- [7] Iyengar R, Sikdar B. Scalable and distributed GPS free positioning for sensor networks [J]. Proc of IEEE Int'l Conf on Communications, Anchorage: IEEE Communications Society, 2003, 338-342.
- [8] Sundaram N, Ramanathan P. Connectivity based location estimation scheme for wireless ad hoc networks [J]. IEEE Global Telecommunications Conf, Taipei: IEEE Communications Society, 2002: 143-147.

作者简介:

孔素然 女, (1978—), 硕士. 研究方向为计算机图形图像。