

# Kalman 滤波的人体运动位置跟踪算法

黄建新

(华侨大学数学系, 福建 泉州 362011)

**摘要** 基于视频的人体运动跟踪是当前计算机视觉研究的热点, 具有广泛的应用领域. 文中提出一种基于 Kalman 滤波的跟踪算法. 合理使用自适应背景颜色模型, 能够准确地对人体运动位置进行跟踪.

**关键词** 人体运动跟踪, Kalman 滤波, 自适应背景颜色模型

**中图分类号** TP 391.41 TN 713

**文献标识码** A

跟踪视频中的运动人体对象是计算机视觉研究的活跃领域之一, 它可以广泛地应用在计算机动画、互动游戏、实时监控和虚拟现实等领域. 目前, 人们提出的一些算法如光流法<sup>[1]</sup>, 只能对背景光线亮度不变的情况下的人体位置进行跟踪. 本文提出的算法, 可以有效地解决在背景亮度发生变化的条件下人体运动位置跟踪的问题. 它利用人体运动约束方程使用 Kalman 滤波器<sup>[2-3]</sup>和自适应背景颜色模型<sup>[4]</sup>.

## 1 自适应背景颜色模型

我们对图象中属于背景的象素颜色模型采用高斯模型, 即 $[\mu_r, \mu_g, \mu_b, \sigma_r^2, \sigma_g^2, \sigma_b^2]$ , 其中  $\mu_r$ ,  $\mu_g$  和  $\mu_b$  分别是象素 RGB 的均值,  $\sigma_r^2$ ,  $\sigma_g^2$ ,  $\sigma_b^2$  是它们的方差. 在跟踪开始时, 我们录入一些不含任何运动人体的纯背景图象, 来计算这些模型参数的初始值. 然后, 使用简单的递归方法计算下一帧中每一个象素的模型参数值. 更新算法为

$$\mu_{r(k+1)} = \alpha r + (1 - \alpha) \mu_{r(k)}, \quad (1)$$

$$\sigma_{r(k+1)}^2 = \alpha(r - \mu_{r(k)})^2 + (1 - \alpha) \sigma_{r(k)}^2. \quad (2)$$

而  $\mu_g$ ,  $\mu_b$ ,  $\sigma_g^2$  和  $\sigma_b^2$  的更新算法跟上述一样. 在递归计算出某一帧的背景模型之后, 即作前景提取算法. 若  $r - \mu_r > \sigma_r$ , 则该象素属于前景. 同样地, 如果  $g$  和  $b$  值满足类似的上述条件, 则该象素也视为前景.

## 2 使用 Kalman 滤波进行预测

我们使用矩形框表示被跟踪的运动人体对象区域. 描述矩形框的参数使用中心点坐标

收稿日期 2002-11-17

作者简介 黄建新(1969-), 男, 讲师, E-mail: jc\_huang@hqu.edu.cn

基金项目 华侨大学科研基金资助项目(02HZR15)

$[xCenter, yCenter]$ 、宽度 Width 和高度 Height. 在跟踪过程中, 我们将它看作一个线性动态系统. 为了描述中心点的运动情况, 这里使用中心点在  $x$  和  $y$  方向上的位移偏差  $\Delta_x$  和  $\Delta_y$ . 所以, 状态向量定义为  $S = [\Delta_x, \Delta_y, Width, Height]$ . Kalman 滤波的状态方程定义为

$$S(k+1) = F S(k) + \eta(k). \quad (3)$$

观测方程为

$$Z(k) = H S(k) + W(k), \quad (4)$$

$$F = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

状态预测方程为

$$S_b(k) = F S_a(k-1) \quad (5)$$

上述方程中下标 a 和 b 分别表示“修改以前”和“修改以后”, 它们在下面方程的含义也一样. 协方差预测方程为

$$P_b(k) = F(k-1) P_a(k-1) F^T(k-1) + Q(k). \quad (6)$$

Kalman 增益方程为

$$K(k) = P_b(k) H^T(k) (H(k) P_b(k) H^T(k) + R(k))^{-1}. \quad (7)$$

状态修改方程为

$$S^a(k) = S_b(k) + K(k) [Z(k) - H(k) S_b(k)]. \quad (8)$$

协方差修改方程为

$$P^a(k) = P_b(k) - K(k) H(k) P_b(k). \quad (9)$$

### 3 跟踪实现算法

根据上述思想, 跟踪算法如下有 6 个步骤. (1) 步骤 1. 首先设置方差  $Q$ ,  $R$  和协方差  $P$  的初始值. (2) 步骤 2. 根据 Kalman 滤波, 预测第  $k+1$  帧的状态向量. 根据预测的  $(\Delta_x, \Delta_y)$  和已知的第  $k$  帧中心点坐标值, 求出第  $k+1$  帧矩形框的中心点预测坐标值. (3) 步骤 3. 根据方程 (1), (2), 计算第  $k+1$  帧的背景颜色模型. (4) 步骤 4. 对已预测的第  $k+1$  帧中矩形框的参数值  $[xCenter, yCenter, Width, Height]$  进行修正, 即对人体位置进行精确地定位, 求出它的观察值  $Z(k+1)$ . 修正方法以矩形框顶边为例. 根据上述提取前景的方法, 计算顶边中属于前景的像素数目. 如果它小于 (或大于) 给定的阈值, 则顶边向下 (或向上) 移动一个像素的位置, 直至属于前景的像素数目大于 (或小于) 给定的阈值. 其他边也进行类似地处理. 经过这种修正方法获得的矩形框所覆盖的范围就是要跟踪的人体位置. (5) 步骤 5. 将第  $k+1$  帧的观察值  $Z(k+1)$  代入方程 (6), (7), (8) 和 (9) 中. (6) 步骤 6. 如果继续跟踪下一帧, 则返回步骤 2.

### 4 实验结果

果如图 1 所示.



(a) 第 4 帧的跟踪结果



(b) 第 30 帧的跟踪结果

图 1 图像系列中人体运动位置跟踪结果

## 5 结束语

实验证明, 本文提出的人体运动跟踪算法具有较准确的跟踪结果和速度, 能够被应用在复杂背景下人体运动位置的跟踪. 我们下一步工作就是利用跟踪结果进行人体运动行为分析.

## 参 考 文 献

- 1 Tekalp A M 著. 数字视频处理[M]. 崔之祜等译. 重庆: 电子工业出版社, 1990. 1~50
- 2 Wren C R, Jani A A, Darrel T, et al. Prinder: Real-time tracking of the human body[J]. IEEE PAMI, 1997, 19(7): 780~785
- 3 罗忠祥, 庄越挺, 潘云鹤等. 基于双摄像机的视频特征跟踪算法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(7): 646~649
- 4 Akita K. Image sequence analysis of real world human motion[J]. Pattern Recognition, 1984, 17(1): 73~83

## A Tracking Algorithm Based on Kalman Filtratron for Tracking Kinematic Position of Human Body

Huang Jianxin

(Dept. of Math., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou, China)

**Abstract** Tracking the motion of human body based on video is one of hot spots in computer vision research. It has a wide application. The author presents here a tracking algorithm based on Kalman filtration. By using a model of adaptive background color, the kinematic position of human body can be exactly tracked.

**Keywords** tracking the motion of human body, Kalman filtration, model of adaptive background color