

基于分块运动估计的对象跟踪方法

严晓玲 梁博 曾贵华

(上海交通大学, 上海 200240)

摘要 针对摄像机运动和场景光照突变的情况,提出了一种基于分块运动估计的对象跟踪算法。首先,对图像进行分块角点匹配,得到各块运动参数,然后对各块进行分块运动补偿和光照补偿;对补偿后的图像进行相邻帧差分得到目标的近似质心位置;跟踪过程则融合运动目标加权颜色直方图和梯度直方图作为目标特征,以所得质心为初始搜索点,采用螺旋搜索算法,进行目标模板和候选目标相似性检测,搜索最佳匹配点得到目标对象在当前帧的准确位置。实验结果表明,该算法能够有效克服光照剧烈变化,在动态背景下能达到对对象的准确跟踪。

关键词 分块角点匹配 运动补偿 光照补偿 特征融合

中图法分类号: TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2008)10-1869-04

Object Tracking Method Based on Block Motion Estimation

YAN Xiao-ling, LIANG Bo, ZENG Gui-hua

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

Abstract The author puts forward one object tracking method based on block motion estimation which can overcome sudden light change and obtain good tracking performance in dynamic background. Firstly, block motion compensation and light compensation are processed according to the parameters acquired by block Harris corner match. Then based on the multi-feature fusion, combining the color histogram and HOG as the object feature, the algorithm will search for the candidate, with the math point calculated with inter-frame difference as the original searching point, which matches the model in the best way. The experiments show that this algorithm can realize accurate and real time tracking in dynamic background and can overcome sudden light change as well.

Keywords block corner matching, motion compensation, light compensation, multi-feature fuse

1 引言

对象跟踪实现的就是当对象在场景中移动时,在图像平面上估计其运动轨迹的过程。对象跟踪是计算机视觉中的一个重要课题,在基于运动的行为识别、自动监控、视频索引、人机交互、交通监控、道路导航等很多方面都有着广泛的应用。目前常用的算法有:Kalman 滤波器^[1],均值平移算法^[2]和置信区域算法^[3]。另外,对象从3维空间向2维图像映射中存在信息丢失,场景中光强变化,对象运动复杂,摄像机的运动,对象的非刚体运动等特性,使得

对象跟踪成为一个非常复杂的问题。

针对摄像机运动和场景光照突变的情况,提出了一种基于分块运动估计的对象跟踪技术。实验结果显示,该算法能够有效克服光照剧烈变化,在动态背景下能达到对对象的准确跟踪。

2 分块运动估计

在光流法基础之上提出基于Harris角点的分块运动估计。

Harris角点法是一种常用的特征点提取算法,由其提取出来的特征点较为均匀合理且不受摄像机姿

态以及光照影响。首先采用 Harris (哈里斯) 角点检测法^[4]对图像进行角点提取,然后采用类似文献[5]中所提出的旋转不变的归一化角点匹配。匹配方法为对每个角点,将其周围半径 r 像素的圆形区域作为角点域,提取该区域内特征,然后采用对于旋转不敏感的拉普拉斯高斯滤波器来对角点域滤波,得到每个角点总滤波图像像素值与平均滤波图像像素值,它们与滤波之前图像的角点域内的总图像像素值和平均图像像素值构成表征图像每个角点的 4 个特征;将此 4 个特征进行归一化处理,形成每个像素点的特征向量,利用这个特征向量来寻找前一帧中以本角点附近 20×20 区域范围内的所有角点,选取与此特征向量均方差最小的特征向量所代表的角点作为其匹配点。假设监控摄像头运动只涉及到旋转及平移,采取仿射坐标六参数模型来对其进行模拟

$$\begin{cases} x'(x, y) = a_1x + a_2y + b_1 \\ y'(x, y) = a_3x + a_4y + b_2 \end{cases} \quad (1)$$

式中, x, y 表示前一帧中某一点位置, x', y' 表示当前帧中此点位置,为确定仿射运动参数 $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2$, 需要从已经粗匹配成功的匹配对中选择适当的点对来对此参数进行估计。

采取一种分块挑选的方法,也就是说将整幅图像分为 16 个块(如图 1(a)),每次分别任意选取不相邻的 3 个块,再在每一个块中随机挑选一个匹配点对,这样就大大降低了所有选取的点均选取在同一个运动物体上的概率,同时也降低了误算的概率。

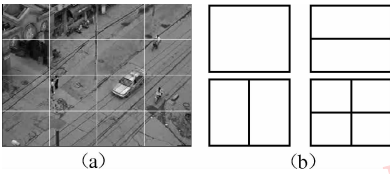


图 1 图像块

Fig. 1 Image block

对于计算出来的仿射坐标的 6 个参数,采用

$$\begin{cases} \mu(x, y) = x' - x \\ v(x, y) = y' - y \end{cases} \quad (2)$$

来计算运动矢量,由此来将当前帧补偿,使当前帧中的点返回前一帧的位置,并将新出现的点灰度值置零。

对于进行运动补偿之后的两帧图像,仍采取分块求解的思路。实验中将整幅图像划分为 9 个块,对于前一帧与运动补偿之后当前帧的每一块都进行除灰度值为零的点外的对应块的逐点比较,并且由以下线性回归式得到补偿系数。

$$\hat{I}_{(i)}(x, y) = mI'_{(i)}(x, y) + b \quad (3)$$

式中, $\hat{I}(x, y)$ 代表补偿后的图像灰度值。 I' 代表补偿前像素灰度值。下标 i 代表第 i 个块。而后对 m, b 取均值,则可以得到各点处的灰度值。

3 基于多特征融合的跟踪算法

基于颜色特征直方图的跟踪算法仅考虑了目标的颜色信息,当背景颜色与目标对象相近时,背景对目标造成困扰,跟踪效果不理想,为克服此问题,该算法引入梯度直方图(HOG)特征^[6]。

$$\gamma(x, y) = \arctan \frac{L_x(x, y)}{L_y(x, y)} \quad (4)$$

式中, $L_\varepsilon = I * \frac{\partial}{\partial \varepsilon} \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \right)$, $\varepsilon = x, y$ 。 I 为待处理图像,在目标对象矩形区域内,高度和宽度分别为 h_x, h_y ,统计该区域内所有 $\gamma(x, y)$ 并量化至 n 维。量化时,对每个 $\gamma(x, y)$ 进行加权处理,加权值为 $\|(L_x^2, L_y^2)\|_2$ 。最后,对所得特征直方图进行归一化,以减少光照影响,最终得到加权梯度直方图 γ_n 。考虑到位置信息,可把矩形区域分成图 1(b) 所示的 4 种子区域,分别统计子区域内的加权 HOG 特征并进行级联得到最终矩形区域的特征,对应得到的特征维数分别为 $n, 2n, 2n, 4n$ 。

假设 $\{x_i^*\}_{i=1, \dots, n}$ 表示跟踪目标模型的归一化像素位置,其中心坐标为 O ,目标外接矩形的高度和宽度分别为 h_x, h_y ;将颜色灰度值进一步量化为 m 等级, $b(x^*)$ 为位置 x^* 的像素向颜色索引的映像;颜色 u 出现的概率定义为

$$\bar{q}_u = C \sum_{i=1}^n k(\|x_i^*\|^2) \delta[b(x_i^*) - u] \quad (5)$$

式中, $k(x)$ 为核函数,使得距离中心较远的像素的权重较小, $C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k(\|x_i^*\|^2)}$,则跟踪目标模型颜色特征直方图表示为

$$\bar{q} = \{\bar{q}_u\}_{u=1, \dots, m} \quad \sum_{u=1}^m \bar{q}_u = 1 \quad (6)$$

同理,假设 $\{x_i\}_{i=1, \dots, n}$ 为当前帧中候选目标的像素位置,其中心位置为 y ,候选目标模型颜色特征直方图表示为

$$\bar{p}(y) = \{\bar{p}_u(y)\}_{u=1, \dots, m} \quad \sum_{u=1}^m \bar{p}_u = 1 \quad (7)$$

对进行光照补偿和运动补偿后的图像进行相邻帧差分,并进行阈值滤波,去除噪声,可得目标对象非连通区域,按下式计算可得目标近似质心位置为

$$x_0 = \frac{\sum_{i \in R} I_i x_i}{\sum_{i \in R} I_i} \quad y_0 = \frac{\sum_{i \in R} I_i y_i}{\sum_{i \in R} I_i} \quad (8)$$

式中, R 为图 2 所示的白色像素点位置, I_i 为 i 像素点灰度值, x_i 、 y_i 为 i 像素点横纵坐标, (x_0, y_0) 为所得质心坐标,即初始搜索点。

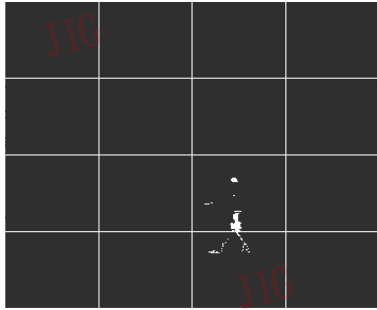


图 2 差分图

Fig. 2 Image after difference

结合加权 HOG 特征和颜色直方图,可得到目标模型特征为

$$\bar{q} = \{\gamma_{a * n}, \bar{q}\} = (\bar{q}_u)_{u=1, \dots, m+an}$$

$$\sum_{u=1}^{m+an} \bar{q}_u = 1 + a \quad a = 1, 2, 4 \quad (9)$$

同理,候选目标模型为

$$\bar{p} = \{\gamma_{an}, \bar{p}\} = (\bar{p}_u)_{u=1, \dots, m+an}$$

$$\sum_{u=1}^{m+an} \bar{p}_u = 1 + a \quad a = 1, 2, 4 \quad (10)$$

由以上定义的跟踪目标模型与候选目标模型,定义模板与目标可能状态的直方图的匹配度用 Bhattacharyya 系数的离散形式表示:

$$\bar{\rho} \equiv \rho[\bar{p}(y), \bar{q}] = \sum_{u=1}^{m+an} \sqrt{\bar{p}_u(y) \bar{q}_u}$$

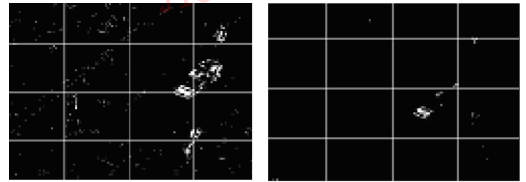
$$a = 1, 2, 4 \quad (11)$$

最佳候选目标即为与跟踪目标模型距离最近的候选目标,也就是使 $\bar{\rho}$ 最大的候选区域,因此要求得使 $\bar{\rho}$ 取得最大值的目标中心点,则以前面所得质心位置为跟踪起点在其周围 4×4 区域内进行螺旋式搜索得到最佳匹配点即为当前帧目标所在位置。

4 实验结果及讨论

实验视频均在室外拍摄。

图 3(a) 为不进行光照补偿和运动补偿直接进行差分的效果图,图 3(b) 为本文算法进行补偿后的相邻帧差分图,对比二者可以明显看出,通过本文算法进行分块光照和运动补偿后,能达到很好的稳像效果,为差分得到目标非连通区域,进行后续跟踪做了很好的铺垫工作。



(a) (b)

图 3 差分对比实验

Fig. 3 Contrast experiment

对存在剧烈光照变化的视频进行跟踪的结果如图 4 所示。由图 4(a) 灰度图可以看出,整个视频环境发生剧烈光照变化,但是利用本算法,进行分块光照补偿后,结合目标颜色特征和梯度特征信息,能实现对目标对象的准确跟踪。由图 4(b) 可以看出,由于剧烈光照变化,第 105 帧目标跟踪丢失。



第 83 帧

第 103 帧



第 113 帧

第 188 帧

(a) 本文算法跟踪结果



第 83 帧

第 105 帧

(b) 基于灰度特征的螺旋搜索算法跟踪结果

图 4 剧烈光照下目标对象跟踪

Fig. 4 Object tracking under sudden light change

图5为动态背景下进行目标跟踪的结果。实验效果显示,本文算法对动态背景情况进行分块运动补偿后,采用基于颜色的加权直方图和梯度直方图进行特征融合,得到了很好的跟踪效果。

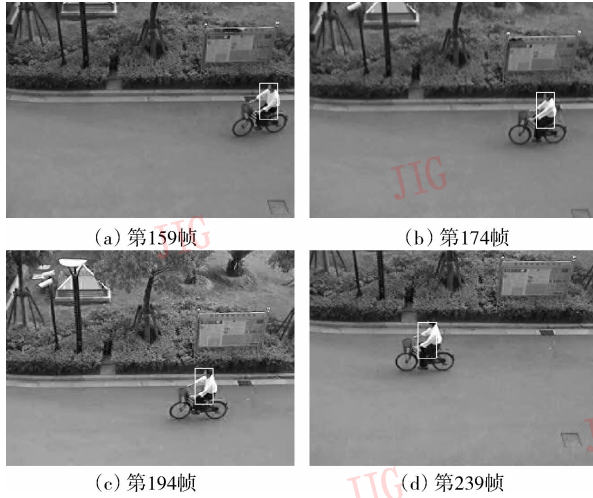


图5 动态背景下目标对象跟踪

Fig. 5 Object tracking under dynamic background

5 结论

本文方法可以可靠和稳定地对目标实现实时跟踪。该方法的主要贡献有:基于角点的分块运动估计,对图像进行分块运动补偿和光照补偿,得到了很

好的稳像效果;多特征融合跟踪算法,结合基于颜色的特征直方图和基于梯度的直方图实现了对目标对象准确实时的跟踪。然而该算法只能得到目标区域,而不能实现对目标具体轮廓的定位,所以接下来的研究可以结合物体的轮廓特征以及基于轮廓的跟踪算法实现目标物体的准确跟踪。另外,该算法不能实现跟踪窗口尺寸自适应更新,这也是未来工作需要解决的一个问题。

参考文献 (References)

- 1 Bar-Shalom Y, Fortmann T E. Tracking and Data Association [M]. New York, US: Academic Press, 1988:222 ~ 237.
- 2 Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel based object tracking [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 5(25):564 ~ 577.
- 3 Isard M, Blake A. Condensation-conditional density propagation for visual tracking [J]. International Journal of Computer Vision, 1998, 28(1):5 ~ 28
- 4 Schmid C, Mohr R, Bauhage C. Evaluation of interest point detectors [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(7):687 ~ 698.
- 5 Xu Li-dong, Lin Xing-gang. Digital image stabilization based on circular block matching [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2006, 52(2):566 ~ 574.
- 6 Laptev Ivan. Improvements of object detection using boosted histograms [A]. In: Proceedings of the British Machine Vision Conference 2006 [C], Edinburgh, UK, 2006 (3): 949 ~ 958.