

基于改进型 LBP 特征的运动阴影去除算法^①

郝 灿 朱信忠 赵建民 徐慧英 (浙江师范大学 数理与信息工程学院 浙江 金华 321004)

摘要: 在局部二值模式(LBP)基础上,运用一种改进的局部三值模式(LTP)纹理特征提取方法。并把这种提取方法运用到运动阴影去除中。该方法首先利用自适应高斯混合模型进行背景建模,得到背景和含有阴影的前景目标;并用亮度属性得到疑似阴影分块,然后再把疑似阴影区域和已获取背景相应位置的 LTP 纹理相似性进行判断;最后得到准确的阴影区域并实现阴影去除。实验结果表明,该算法能够很好地抑制分割噪声,准确地去除运动阴影,具有较好的实验效果。

关键词: 纹理特征;混合高斯模型;局部二值模式(LBP);阴影去除

Moving Shadow Removal Based on Improved LBP Features

HAO Can, ZHU Xin-Zhong, ZHAO Jian-Min, XU Hui-Ying

(College of Mathematics, Physics and Information Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: Based on the local binary patterns, a new improved method for extract local texture is introduced, namely local ternary patterns. This extraction method can be used to remove the shadow of movement. The background is modeled with adaptive gaussian mixture models, to get the background and foreground object. Then the intensity property is used to obtain the probable-shadow blocks. The shadow detected is improved based on the similarity of texture represented by LTP between shadow region and corresponding region in the background. Finally, the shadow can be removed accurately. The experimental results show that the algorithm can inhibit partition noise, and accurately remove the shadow of the movement.

Keywords: texture features; Gaussian mixture models; local ternary patterns; shadow removal

1 引言

目前在智能视频监控中,阴影检测和去除是一个重要的课题。近年来,阴影检测与去除已成为运动目标检测分割及跟踪领域的研究热点之一,已经有不少的文献对阴影检测和去除提出了算法。Leone^[1]等人通过 Gabor 利用背景在阴影覆盖前后的纹理相似性进行阴影检测,主要通过 Gabor 滤波器生成完备原子库基础上,采用 MP 信号分解算法来表征局部纹理信息。Mikic 与 Cosman^[2]是计算像素点是属于背景、运动对象、运动阴影的后验概率来判断是否为阴影,其算法复杂度也很大。另外 Heikkila^[3]和李斌^[4]等人提出基于局部二值模式(Local Binary Pattern,简称

LBP)的局部纹理不变性来构建背景模型,从而进行检测运动目标。

LBP 是一种有效的非参数化的局部纹理描述方法,能捕捉视频图像中的微量的细节特征。目前文献[5]等提出利用 LBP 检测运动阴影,但是对于运动阴影,用 LBP 的局部纹理特征对光照变化和噪声影响还是较大,特别是阴影区域。本文针对 LBP 在这方面的问题,对 LBP 进行了优化和扩展。引进局部三值模式(Local Ternary Pattern,简称 LTP)的纹理提取方法,LTP 增加一个-1 值阈值模式,并继承了 LBP 的几乎所有的优点,极大的增强了局部纹理特征不变的分类性能。本文利用 LTP 来提取纹理特征,根据背景在阴影覆

① 基金项目:国家自然科学基金(60772071);浙江省科技计划(2008C14063)

收稿时间:2009-08-18;收到修改稿时间:2009-10-16

盖前后的纹理相似性去除运动阴影，并利用形态学等处理方法，进行最后的优化前景目标，本方法实现简单，并在试验中得到比较好试验结果。

2 局部三值模式

2.1 局部二值模式(LBP)

LBP 具有灰度单调变换不变性和旋转不变性，是根据掩膜的中心像素值对邻域的像素值进行二值化，LBP 编码的计算形式为：

$$LBP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{i=0}^{P-1} 2^i \cdot S(g_i - g_c) \quad (1)$$

$$其中 S(g_i - g_c) = \begin{cases} 1, & g_i - g_c \geq 0 \\ 0, & g_i - g_c < 0 \end{cases} \quad (2)$$

P 表示以 R 为半径的圆周邻域上像素的个数，R 为邻域的半径，以像素为单位，P 值越大，R 值越小纹理描述性强，计算复杂度高，极易受噪声影响；反之受噪声影响小，如边缘信息等细节被削弱。 (x_c, y_c) 为邻域的中心像素 C 的坐标，像素值为 g_c ， g_p 表示距离中心像素点半径为 R 的等间隔的 P 个邻域像素点像素值。其中 i 表示中心 g_c 领域内按顺序标记的第 i 个像素，而且根据 $S(g_i - g_c)$ 的值分配一个权值 2^i 。LBP 的基本模式是掩膜的大小是 3×3 的邻域，即 8 邻域掩膜，其中(8, 1)为 8 邻域中标准的 LBP 定义取值。图 1 所示就是 LBP 算子计算过程示意图。如图 1 所示 g_c 像素值和邻域 8 个像素值进行比较，如式(2)比较方式所示，可以得到唯一 LBP 编码，再根据对象位置的相应的权重进行匹配相加得到最终中心像素值。

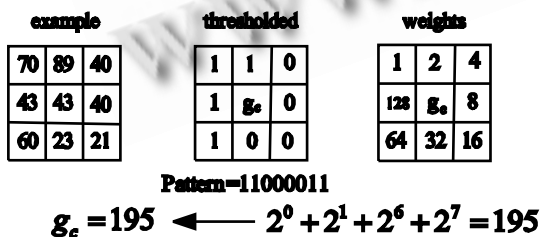


图 1 LBP 算子计算过程示意图

2.2 局部三值模式(LTP)

在 LBP 算子计算公式中，它是利用中心像素和邻域像素的差值来确定编码方式，这种编码方式并不能

真正反映中心点和邻域各点关系在一些如亮点、暗点等微小特征，这种粗略的编码方式是不能得到很好的分类结果；并且在提取中心像素值 g_c 时候，对噪声比较敏感，LBP 算子的鲁棒性不强。因此，本文提出了将 LBP 扩展为具有三值编码形式，即 LTP，LTP 公式定义如下：

$$s'(u, i_c, t) = \begin{cases} 1, & u \geq i_c + t \\ 0, & |u - i_c| < t \\ -1, & u \leq i_c - t \end{cases} \quad (3)$$

LTP 将中心像素值的邻域宽度 $\pm t$ 范围内的像素值量化为 0 值，大于此邻域宽度的像素值量化为 1，小于邻域宽度的像素值量化为 -1，(3)式即为 $s(u)$ 变换为三值形式；并且 t 是用户定义的阈值，在本定义下可以知道 LTP 不具有严格的单调不变性，以下是 LTP 编码的计算公式为：

$$LTP_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{i=0}^{P-1} 3^i \cdot S(u) \quad (4)$$

LTP 编码过程如图 2 所示，这里的 t 设为 5，即规定 0 值编码的像素值范围为 [36, 48]。

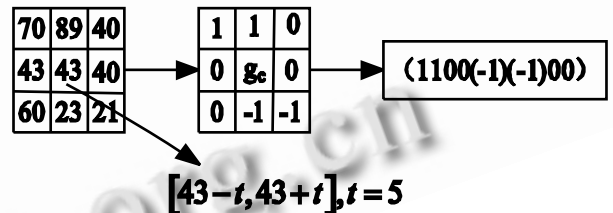


图 2 LTP 算子计算过程示意图

为了简化实验计算，将 LTP 编码计算过程分解为正值计算部分和负值计算部分，分解计算过程如图 3 所示，每个部分分别应用 LBP 算子进行编码。

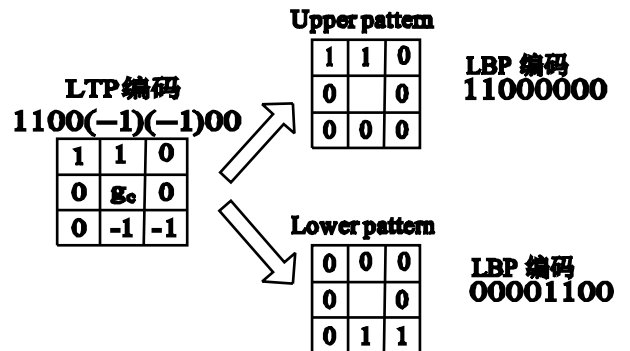


图 3 LTP 分解为 LBP 计算过程

3 阴影去除

3.1 背景建模

本文所用背景建模方法是混合高斯建模^[6-8],它主要对每一个像素,定义了 k 个状态,每个状态用一个高斯函数表示:

$$p(x_t) = \sum_{i=1}^k \omega_{i,t} \eta(x_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{t,i}) \quad (5)$$

其中 $\eta(x_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{t,i})$ 是 t 时刻的低 i 个高斯分布, $\mu_{i,t}$ 是其均值, $\Sigma_{t,i}$ 为协方差矩阵, $\omega_{k,t}$ 是第 i 个高斯分布在 t 时刻的权重,并有 $\sum_{i=1}^k \omega_{i,t} = 1$, 其中

$$\eta(x_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{t,i}) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_{t,i}|^{1/2}} \times e^{-\frac{1}{2}(x_t - \mu_{i,t})^T \Sigma_{t,i}^{-1} (x_t - \mu_{i,t})} \quad (6)$$

其中 n 表示 x_t 维数。以下是与相匹配高斯分布的参数按如下公式更新^[7]:

$$\omega_{i,t} = (1 - \alpha)\omega_{i,t-1} + \alpha \quad (7)$$

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_{i,t-1} + \rho I_t \quad (8)$$

$$\sigma_{i,t}^2 = (1 - \rho)\sigma_{i,t-1}^2 + \rho(I_t - \mu_{i,t})^2 \quad (9)$$

其中 α 是用户定义的学习率,且 $0 \leq \alpha \leq 1$, α 的大小决定着背景更新的速度; α 越大,更新速度越快, α 越小,更新速度越慢。 ρ 是参数学习率,且 $\rho \approx \frac{\alpha}{\omega_{i,t}}$ 。

本文背景模型的估计是采用排序模型,标准是按 $\omega / |\Sigma|$ 的比值由大到小将组成每个像素混合高斯模型的 K 个高斯分布排序,当重新更新参数后,只有匹配分布的相对值有改变,所以只需对匹配的分布和最可能表示背景的进行排序。本文选择序列中前 b 个高斯分布作为背景像素模型,如式(10)所示:

$$B = \arg \min_b (\sum_{k=1}^b w_k > T) \quad (10)$$

其中, T 表示背景分布的权值的和最小。 T 是用户设置的阈值。

3.2 阴影去除算法描述

利用混合高斯得到背景和前景目标,前景运动目标是由于关照等因素影响会造成部分的运动阴影。对

于前景运动物体来说,运动阴影对于整帧图像来说,只占很少的部分。为了减少计算复杂度,本方法先进行含有运动区域进行分块,分块后根据 LTP 算子进行纹理相似性判定,判定后利用阴影覆盖前后的纹理相似性来去除阴影。具体算法如下:

1) 通过高斯混合模型分割开前景和背景。在本文中将进一步引用前景点集的区分中,结合阴影亮度变化较小,为简单将像素的统计特征的均值改为像素的亮度 H ,并把亮度 H 定义 $H=R+G+B$,根据式(12)进行疑似阴影的判断,即当前点在前景和背景中亮度之比在两个阈值间,即为阴影。这样的判断主要是得到疑似阴影分块,这是进一步减小后面用 LTP 准确判断阴影和去除阴影的复杂度。

$$\alpha_s < \frac{I^H(x,y)}{B^H(x,y)} < \beta_s \quad (12)$$

其中 α_s 和 β_s 是设置的阈值,并有 $0 \leq \alpha_s < \beta_s \leq 1$ 。

2) 得到疑似阴影区域,利用 LTP 算子提取疑似阴影分块各个像素纹理直方图特征,再利用(13)加权卡方值计算该直方图特征与背景块中直方图特征的距离。当距离大于设定的阈值就是运动点,其它的是阴影点。其中 S 、 M 分别代表两个直方图, $\chi^2(S,M)$ 值越小,表示两个直方图之间的差异越小。 T 是阈值。

$$\chi^2(S,M) = \sum_j \frac{(S_j - M_j)^2}{(S_j + M_j)} < T \quad (13)$$

3) 经过前两步得到准确的阴影点,通过聚类把阴影点连成阴影区域,并进行标记,用 M_{sh} 表示。本文把含有阴影的运动前景图 M_s 像做数学形态学腐蚀操作。最终运动目标图为 $M = M_s - M_{sh}$ 。

4) 上面对阴影有较好的去除,但总会有一些前景像素会被错误地检测成阴影像素,这样就造成前景目标的失真,最后用形态学理论进行优化。

4 试验结果及分析

本文所做的实验是基于 OpenCV 开发包在 VC6.0 平台上编程实现,运用三个典型的阴影检测视频 AVI 文件(文件名称分别为 intelligent_room.avi、laboratory.avi、highway1_raw.avi)^[9]。图(4-6)是实验结果。实验图包括测试原图,背景和得到去除阴影

后的运动目标。

从实验结果看,前景中几乎没有什么空洞,特别对于运动目标较少的视频。在本文算法虽然改变 LTP 的算子编码方式,也提升纹理的刻画能力,并阴影的检测过程中,先得到疑似阴影的分块方式,减少了后来阴影的判断时间。就整体而言,本方法比文献[1]相比降低了时间复杂度,平均每帧处理时间小于文献[1]的处理时间。



图 4 intelligent_room



图 5 laboratory



图 6 highwayI_raw

5 结论

本文提出了一种基于改进型的 LBP 特征提取方式 (LTP), LTP 更关注中心像素与邻域之间的联系。通过增强中心点和邻域点的联系,进一步减小噪声对纹理特征影响,进一步提高该算法的鲁棒性。从实验中明

显感到阴影去除效果明显,也验证了此方法的有效性和正确性。

参考文献

- 1 Leone A, Distanto C, Buccolieri F. A texture-based approach for shadow detection. IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance. Washington IEEE, 2005. 371 - 376.
- 2 Mikic I, Cosman P, Kogut G, Trivedi MM. Moving shadow and object detection in traffic scenes. Proc. of International Conference on Pattern Recognition, Sept 2000.
- 3 Heikkilä M, Pietikainen M. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(4): 657 - 662.
- 4 李斌, 程义民, 张玲. 基于纹理的运动目标检测. 计算机工程与应用, 2008, 44(7): 100 - 102.
- 5 Xiao H, Xu CY, Prince JL. A topology preserving level set method for geometric deformable models. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(6): 755 - 767.
- 6 王典. 基于混合高斯的背景建模与阴影抑制算法研究[硕士学位论文]. 西安: 西北工业大学, 2006.
- 7 Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking. Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, Colorado, 1999, 2: 246 - 252.
- 8 朱碧婷, 郑世宝. 基于高斯混合模型的空间域背景分离法及阴影消除法. 中国图象图形学报, 2008, 13(10): 1906 - 1909.
- 9 <http://cvrr.ucsd.edu/aton/shadow>, May 2009.