

基于 YUV 颜色空间与局部纹理的运动阴影去除

尚晋霞

(云南大学 旅游文化学院, 云南 丽江 674100)

摘要: 提出一种视频监控中运动目标的运动阴影去除算法。该方法使用混合高斯背景建模初步得到运动目标区域,在此基础上利用阴影区域的色度、亮度信息与背景的差异,与局部二值纹理模式 LBP(Local Binary Pattern)思想相或的方法来消除运动阴影,接着使用形态学的方法去除像素突变的边缘部分。实验结果表明,该方法可以很好地保留前景图像。

关键词: YUV 颜色空间;阴影去除;局部二值模式;形态学算法

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)14-0068-04

Moving shadow removal based on YUV color space and local texture feature

Shang Jinxia

(Tourism and Culture College of Yunnan University, Lijiang 674100, China)

Abstract: An algorithm was proposed to remove the moving shadow in video surveillance. This method firstly gets the moving objects from motion detection of Mix-Gaussian Model, and then removal shadow via the chroma difference of the current and background image, by doing OR operation with combining the thinking of Local Binary Pattern. Finally, using mathematical morphology operation to eliminate the change suddenly pixels in edge. Experiments shows that it keeps the best foreground by doing OR operation with the normalized YUV color space and Local Change Average in pixels based on LBP.

Key words: YUV color space; removal shadow; Local Binary Pattern(LBP); morphological method

目前已有许多阴影去除算法,主要分为基于模型的方法和基于属性的方法。基于模型的方法需要事先利用场景、运动目标和光照条件等建立阴影模型,根据阴影模型可以精确计算出阴影的形状和位置,很多情况下一些先验知识很难获得,只在一些特定的场合使用。基于属性的方法主要利用阴影的颜色、纹理、梯度、边缘等变化特性去除阴影。实验表明像素点被阴影覆盖前和被阴影覆盖后,该点颜色的亮度会变暗、饱和度有所下降,但色度变化不大^[1],所以基于颜色变化特性的阴影去除主要是通过转化表示像素点颜色的空间,如从 RGB 转化到 HSV、YUV(YCbCr)、归一化的 RGB(rgb)等空间,利用上述特性去除阴影。纹理信息的阴影去除主要基于被阴影覆盖的背景区域与覆盖前相比只是亮度显著变化,而纹理基本保持不变。但是,基于颜色特性的阴影去除算法容易把亮度低于背景、色度与阴影相近的目标区域去除,所以基于 LBP 算子的纹理算法在纹理特征变化很小的区域往往失效,如天空、草地等相邻像素的灰度值差异较小的情况。鉴于两种算法的优劣,本文提出一种阴

影去除算法,该算法的主要流程如下:

(1)运动目标检测,利用混合高斯背景建模得到背景图像以及前景的二值图像。

(2)提取与二值前景图像相对应的当前图像、背景图像处的 R 、 G 、 B 值,利用第 1 节以及第 2 节提到的方法同时计算当前图像与背景图像各自的 Y 、 U 、 V 值及 LCA 值并去除阴影。

(3)图像归一化 YUV 颜色空间阴影去除结果与三通道同时应用 LCA 值方法去除阴影所得结果相或。

(4)对两种去除阴影方法相或所得前景图像进行形态学运算得到最终去除阴影的前景图像。

1 基于 YUV 颜色空间的阴影去除

1.1 YUV 颜色空间

在 RGB 三通道上处理图像非常复杂。为了更好地进行运动目标视频检测中对阴影的处理,把颜色空间从 RGB 转换到 YUV 空间。YUV 颜色空间便于在灰度图像和彩色图像之间进行转换,即便于对颜色的色彩信息和亮度信息进行分离。

技术与方法 Technique and Method

YUV 颜色空间中, Y 表示亮度, U 、 V 分别是 R_Y 、 B_Y 的分量, 又称色度, 描述色彩饱和度的信息。YUV 颜色空间的优点是它的亮度信息 Y 和色度信息 (U 、 V) 相互独立, 只需要 U 、 V 即可表示色彩信息。从视频序列得到的图像信息一般采用 RGB 颜色模型, 转换到 YUV 颜色空间的传统方法如下:

$$\begin{cases} Y=0.299R+0.587G+0.114B \\ U=-0.147R-0.289G+0.437B \\ V=0.615R-0.515G-0.100B \end{cases} \quad (1)$$

1.2 基于 YUV 颜色空间的阴影去除

根据视觉经验可得如下结论^[2]: 在一定的亮度条件下, 同一物体在阴影区内和不在阴影区内色调近似一致。在视频序列运动检测的过程中, 运动阴影的产生是前景运动物体挡住射向背景的光线所致, 运动阴影与背景模型相比, 只是亮度信息有所降低, 色彩信息变化不大。归一化的颜色空间(Normalized Color)对阴影造成的像素点色度、亮度值变化更不敏感, 更具鲁棒性, 因此本文采用在归一化的 YUV 空间进行运动阴影抑制^[3]。步骤如下:

(1) 利用式(1)转换像素点的 RGB 颜色值到 YUV 空间, 同时考虑到实际场景中光照以及摄像机抖动等带来的噪声影响, 对一个待处理点像素的 R 、 G 、 B 值, 用以该像素为中心的 3×3 窗口内的均值替代:

$$R' = \sum_{i=1}^9 R/9, G' = \sum_{i=1}^9 G/9, B' = \sum_{i=1}^9 B/9 \quad (2)$$

(2) 利用阴影色调近似一致的原则, 归一化 YUV 颜色空间, 定义 $U^\circ = U/Y$, $V^\circ = V/Y$, 阴影检测算法如下:

U_b° 、 V_b° 是背景像素值 B_{back} 的颜色空间归一化值, U_f° 、 V_f° 是当前像素值 P_{font} 的颜色空间归一化值, 颜色差值定义为:

$$\text{diff}_c = |U_f^\circ - U_b^\circ| + |V_f^\circ - V_b^\circ| \quad (3)$$

进行阴影检测, 首先判断当前像素点 P_{font} 与背景像素点 B_{back} 的亮度值 Y 分量的差值, 如果差值为正值, 则一定不是阴影像素点; 如果差值为一定的阈值 Y_c , 且 $\text{diff}_c < T_{\text{thr}}$, 则 P_{font} 是阴影, 否则是前景。 T_{thr} 是为了避免噪声的影响, 根据实验场景所取的值, 阈值选取过小不能有效去除阴影, 取值过大会把亮度与背景接近(但小于)、色度与背景相近的目标区域去除。

2 局部纹理阴影去除算法

2.1 局部纹理描述 LBP 算子

LBP 算子^[4]具有极强的灰度和旋转不变性, 相对较低的计算复杂度, 是一种高效的局部纹理描述算子。LBP 算子纹理描述原理为: 选定某一像素为中心点, 以半径 R 为步长, 比较中心点和与其相距 R 的邻域点的灰度值, 把中心点作为比较的阈值, 得到一组代表半径 R 内灰度变化的二进制值作为灰度变化的描述, 并计算其

LBP 值:

$$\text{LBP}_{P,R}(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} s(g_p - g_c) 2^p, \quad s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

其中, g_c 为中心点 (x_c, y_c) 的灰度值, P 为半径 R 上选定的邻居数, g_p 为邻居点 P 的灰度值。LBP 算子通常以半径为 R 的圆周上对称的点集为邻居, 圆周半径和邻居点数由用户决定, 半径越大描述的局部像素的灰度变化越准确, 但计算量也越大。

2.2 改进的局部纹理描述 LCA

LBP 纹理算子的实质是通过比较中心点像素与邻域像素灰度值的大小关系来描述局部纹理变化, 但它只体现了大小变化并没有体现值的变化, 尤其在一些灰度较平坦的地区, 仅仅是大小关系的比较, 根本无法体现细微纹理; 又由于基于视频序列的目标检测是在彩色视频序列中进行, 以及灰度换算中 R 、 G 、 B 值的不确定性损失, 同时为了突出中心像素点取值的重要性, 用邻域像素的均值作为比较的基准, 用式(4)计算中心像素点的 R 、 G 、 B 值, 且通过分别比较中心像素点与半径 R 内像素点的 RGB 三通道值, 用两者绝对差值的均值来描述局部纹理, 即 LCA, 用式(5)计算中心像素点 RGB 三通道各自的 LCA。

$$\begin{cases} g_{cR} = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cR} + g_{pR}| / (p+1) \\ g_{cG} = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cG} + g_{pG}| / (p+1) \\ g_{cB} = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cB} + g_{pB}| / (p+1) \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \text{LCA}_R(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cR} - g_{pR}| / p \\ \text{LCA}_G(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cG} - g_{pG}| / p \\ \text{LCA}_B(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} |g_{cB} - g_{pB}| / p \end{cases} \quad (5)$$

其中 g_{cR} 、 g_{cG} 、 g_{cB} 分别表示在中心像素点 (x_c, y_c) 处, 半径 R 内各个像素点 RGB 三通道的均值; g_{pR} 、 g_{pG} 、 g_{pB} 分别表示半径 R 内各个像素点的 RGB 三通道值; $\text{LCA}_R(x_c, y_c)$ 、 $\text{LCA}_G(x_c, y_c)$ 、 $\text{LCA}_B(x_c, y_c)$ 分别表示在中心像素点 (x_c, y_c) 处, 半径 R 内 RGB 三通道的 LCA。

2.3 LCA 阴影去除

阴影区域是一个半透明区域, 被阴影覆盖前后背景区的纹理近似不变^[5]。本文使用 2.2 节提出的 RGB 三通道的 LCA 值表示半径 R 内中心像素点 (x_c, y_c) 处的局部纹理。本文阴影去除中半径 R 选择为 1 个像素距离, 即 $p=8$, 且使用式(5)提取混合高斯背景模型获得的含有阴影的前景像素点在当前图像与背景图像中的局部纹理, 通过比较它们的绝对差值, 阈值化判断前景像素点是否属于阴影区域。因此阴影像素点 $SD_{\text{texture}}(x, y)$ 可表示为:

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 73

技术与方法

Technique and Method

$$SD_{\text{texture}}(x_c, y_c) = \begin{cases} 0, & |LCA_{bR}(x_c, y_c) - LCA_{rR}(x_c, y_c)| < \text{Thre}_R \\ & \text{and } |LCA_{bG}(x_c, y_c) - LCA_{rG}(x_c, y_c)| < \text{Thre}_G \\ & \text{and } |LCA_{bB}(x_c, y_c) - LCA_{rB}(x_c, y_c)| < \text{Thre}_B \\ 1, & \text{others} \end{cases} \quad (6)$$

其中 $LCA_{bR}(x_c, y_c)$ 、 $LCA_{bG}(x_c, y_c)$ 、 $LCA_{bB}(x_c, y_c)$ 、 $LCA_{rR}(x_c, y_c)$ 、 $LCA_{rG}(x_c, y_c)$ 、 $LCA_{rB}(x_c, y_c)$ 分别表示在背景帧和当前帧中待处理像素点 (x_c, y_c) 处 RGB 三通道的 LCA 值; Thre_R 、 Thre_G 、 Thre_B 为根据实验所取的阈值, 在光照强烈的情况下, 阈值选取过小会存在阴影的边缘, 阈值选取过大会丢失目标信息; 0、1 表示待处理像素点在二值化前景图像中的取值, 判断为阴影时像素点取值为 0, 否则为 1。

3 归一化的 UV 值与 LCA 方法去除阴影后或运算

基于 rg/V 空间的阴影去除, 由于阈值选取的关系, 容易把亮度与背景接近、但高于阴影区域的前景区域作为阴影去除。基于 LCA 的阴影去除方法在前景这种较亮区却有很好的保留作用, 因为此种亮区相比前景的其他暗区像素之间的变化更明显, 即纹理更清晰。所以这两种方法可以结合使用, 起到互补作用。因此或运算的阴影像素点 $SD_{\alpha}(x, y)$ 可表示为:

$$SD_{\alpha}(x, y) = \begin{cases} 0, & SD_{\text{color}}(x, y) = 0 \text{ and } SD_{\text{texture}}(x_c, y_c) = 0 \\ 1, & \text{others} \end{cases} \quad (7)$$

式(7)中, 0、1 的含义与式(6)相同。

4 形态学 (Morphology) 处理

腐蚀(Erosion)与膨胀(Dilation)是形态学的基本运算。在图像处理中腐蚀可用于消除图像中不相关的细节, 膨胀能够修复图像间断, 填补孔洞, 而且通过组合的腐蚀与膨胀运算还可以进行图像的边界提取、区域填充、连通分量提取以及提取骨架等操作。形态学运算多用于二值图像, 其作用与结构算子的大小、类型以及算子原点的选取有关。使用式(7)所得的前景二值图像, 在光照强烈的条件下, 阴影的边缘不能很好地去除, 且由于光照的不均匀使得图像存在噪声以及细小的空洞, 使用形态学运算可以得到更好的前景图像。本文使用组合算子的形态学方法对式(7)所得图像进行处理, 先采用 3×3 的矩形算子 $B_{3 \times 3}$ 对图像进行膨胀, 接着用 9×9 的交叉算子 $B_{9 \times 9}$ 对其进行腐蚀, 因为如果存在阴影边缘, 对其进行膨胀运算后, 其边缘会更明显, 所以采用了不对称算子以更好地去除阴影边缘。其处理如式(8)所示:

$$F \cdot E = (F \oplus B_{3 \times 3}) \odot B_{9 \times 9} \quad (8)$$

其中 F 表示待处理图像, $\cdot E$ 表示形态学运算, \oplus 、 \odot 分别表示膨胀与腐蚀运算。

5 实验结果与分析

本实验在 VC 平台上实现, 选取了室外强光、室外弱光以及室内 3 个典型环境进行实验, 其中阴影去除结果如图 1 所示。为了定量评价算法性能, 本文采用类似参



(a) 原始视频



(b) 混合高斯背景建模检测到的运动目标二值图像



(c) rg 空间阴影去除得到的运动目标二值图像



(d) LCA 算子阴影去除得到的运动目标二值图像



(e) rg/V 空间与 LCA 算子阴影去除相与得到的运动目标二值图像



(f) 图(e)进行式(8)的形态学运算得到的运动目标二值图像

图 1 阴影去除结果

考文献[6]中提出的阴影检测率 η 和阴影的实际占有率 δ 进行比较, 利用它们之间的绝对差值 σ 作为客观评价的依据。

$$\eta = \frac{S_{\text{detect}}}{T_f}, \delta = \frac{S_{\text{fact}}}{T_f}, \sigma = |\eta - \delta| \quad (9)$$

其中 S_{fact} 手动获得, S_{detect} 、 T_f 、 S_{fact} 分别表示实验检测到的阴影像素点数。实验中式(3)方法中所选的阈值 T_{thr} 在 3 个场景下分别为 0.60、0.55、0.50; LCA 方法在 3 个场景下 Thre_R 、 Thre_G 、 Thre_B 三个值都相等, 为 5.5, 其他实验方法的阈值根据实际情况都取较小值。表 1~表 3 给出了定量的评估结果。

表 1 室外强光下阴影的检测率和阴影的实际占有率

	η	δ	σ
UV/Y	0.882 516		0.227 022
YUV	0.861 783		0.206 289
LCA	0.772 633	0.655 494	0.117 139
LBP	0.901 175		0.245 681
UV/Y 与 LCA	0.595 715		0.059 779

从图 1 的实验结果以及表 1~表 3 可以看出, LCA 算子优于 LBP 算子的阴影去除结果, LCA 算子可以保留很

表2 室外弱光下阴影的检测率和阴影的实际占有率

	η	δ	σ
UV/Y	0.415 601		0.020 460
YUV	0.789 003		0.393 862
LCA	0.597 187	0.395 141	0.202 046
LBP	0.860 614		0.465 473
UV/Y 与 LCA	0.405 371		0.010 23

表3 室内环境下阴影的检测率和阴影的实际占有率

	η	δ	σ
UV/Y	0.858 039		0.184 506
YUV	0.922 078		0.248 545
LCA	0.732 199	0.673 533	0.058 666
LBP	0.602 777		0.070 756
UV/Y 与 LCA	0.717 868		0.044 335

好的目标轮廓与亮区信息,UV/Y(归一化的YUV空间)空间优于YUV空间,可以较好地保留目标的暗区,两者结合充分发挥了优势互补的作用,最后通过形态学运算,可以得到较好的前景运动目标。

本文提出了一种阴影去除算法,结合归一化的YUV颜色空间与基于LBP纹理思想的LCA局部纹理描述可以很好地保留前景目标,最后通过形态学运算可以得到满意的阴影去除结果。在实际应用中,可以满足视频监控中运动目标阴影去除的需要。

参考文献

- [1] PRATI A, MIKIC I, MOHAN M, et al. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2003, 25(7): 918-923.
 - [2] 海因维希·朗格. 色度学与彩色电视(第1版)[M]. 张永辉, 译. 北京: 中国电影出版社, 1985: 1-45.
 - [3] ZHOU J, HOANG J. Real time robust human detection and tracking system[C]. In Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society Conference, 2005: 149-149.
 - [4] OJALA T, PIETIKÄINEN M, MAENPÄÄ T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary pattern[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7): 971-987.
 - [5] LEONE A, DISTANTE C, BUCCOLIERI F. A texture based approach for shadow detection[C]. IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Washington, 2005: 371-376.
 - [6] PRATI A, MIKIC I, TRIVEDI M. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(7): 918-923.
- (收稿日期: 2013-03-17)

作者简介:

尚晋霞,女,1982年生,助教,主要研究方向:数字图像处理。