

消除运动物体阴影的最大色度差分检测法*

毛晓波¹, 谢晓芳¹, 张晓林²

(1. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 东京工业大学 精密工学研究所, 日本 东京 226-8503)

摘要: 通过分析静止场景中的运动人体及其阴影与背景图像像素亮度、色度值之间的关系, 提出了一种最大色度差分运动检测法, 用前景图像与背景图像的最大色度差分代替传统的亮度差分, 能够在尽量减少运动目标信息损失的条件下, 有效地消除运动目标产生的阴影。

关键词: 去除阴影 差分检测 色度

在图像识别与自动跟踪监视系统中, 差分运动检测法以其算法简单、检测速度快等优点被广泛采用。尽管该方法对检测场景中的各种干扰因素高度敏感, 但各种有效的抑制措施, 如自适应动态背景减除等^[2,3]已被提出并得以应用。然而, 用该方法将运动物体从静止背景中分离出来的同时, 也将连同运动物体的阴影一起分离出来。这种“形影不离”的检出结果常常影响图像的分析与识别, 并导致跟踪系统的误判, 对于多目标跟踪系统, 多个人体与阴影互相重叠、覆盖, 阴影的影响尤为明显。

背景中被阴影遮挡的区域与遮挡前相比, 像素的亮度值(intensity)明显减小, 但色度值(chromaticity)却保持相对稳定。

通过对阴影遮挡前后图像像素亮度值、色度值之间关系的分析, 提出了一种最大色度差分检测法, 实验结果表明, 该方法简单易行, 可有效地消除运动物体产生的阴影。

1 阴影遮挡前后像素亮度值与色度值的变化

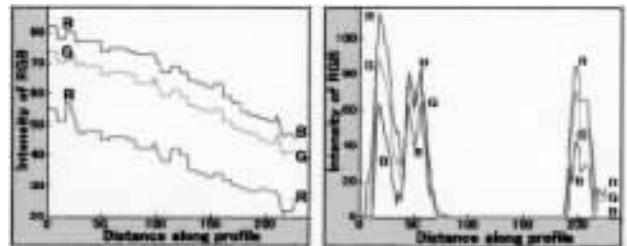
像素色度的表示方法有多种, 对于 RGB 模型, 图像中的某一个像素点, 可以用 R 、 G 、 B 三个分量所占比例表示其色度, 即: 其中 C_R 、 C_G 、 C_B 分别为红色、绿色和蓝色分量在 RGB 中所占比例。

从图 1(a)所示场景中, 选取背景与人体及背景与阴影的对应区域, 测出其色度(RGB)分布情况, 分别如图 1(b)、(c)所示。

为便于进一步定量观察, 不失一般性, 取图 1(b)、(c)中 10 组对应像素点的 R 、 G 、 B 数据, 分别计算出对应的 3 个色度值 C_R 、 C_G 、 C_B 如表 1 所示。事实上, 这里所谓的“对应像素点”的提法是不准确的, 因为人体、阴影和背景三者不可能有对应区域, 但这里人体和阴影所对应的

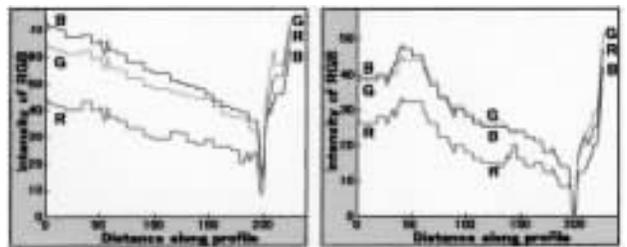


(a) 静止场景与运动人体



背景 人体

(b) 背景与人体对应区域色度(RGB)分布



背景 阴影

(c) 背景与阴影对应区域色度(RGB)分布

图 1 运动人体、阴影与背景的色度(RGB)分布

背景区域的色度分布近似均匀, 我们认为二者对应的背景数据一致, 统一取自阴影对应的背景数据。

$$C_R = \frac{R}{R+G+B} \quad (1)$$

* 河南省自然科学基金(0611052900), 项目名称: 仿生型视觉控制方法研究

表 1 人体、阴影与背景对应区域的 RGB 数据

背景	R	39	36	36	33	28	28	29	27	24	25
	G	55	52	52	52	47	48	44	42	39	33
	B	62	59	59	58	53	51	48	46	41	37
	$C_R(\%)$	25.0	24.5	24.5	23.1	21.9	22.0	24.0	23.5	23.1	26.3
$C_G(\%)$	35.3	35.4	35.4	36.4	36.7	37.8	36.4	36.5	37.5	34.7	
$C_B(\%)$	39.7	40.1	40.1	40.6	41.4	40.2	39.7	40.0	39.4	38.9	
人影	R	22	21	20	21	16	16	16	14	15	13
	G	33	32	31	29	27	24	24	22	21	19
	B	32	31	30	29	26	24	24	22	21	19
	$C_R(\%)$	25.3	25.0	24.7	26.6	23.2	25.0	25.0	24.1	26.3	25.5
$C_G(\%)$	37.9	38.1	38.3	36.7	39.1	37.5	37.5	37.9	36.8	37.3	
$C_B(\%)$	36.8	36.9	37.0	36.7	37.7	37.5	37.5	37.9	36.8	37.3	
人体	R	0	3	55	111	129	103	55	37	0	0
	G	0	3	33	86	95	79	62	37	0	0
	B	2	5	19	52	58	37	54	45	1	1
	$C_R(\%)$	0.0	27.3	51.4	44.6	45.7	47.0	32.2	31.1	0.0	0.0
$C_G(\%)$	0.0	27.3	30.8	34.5	33.7	36.1	36.3	31.1	0.0	0.0	
$C_B(\%)$	100.0	45.5	17.8	20.9	20.6	16.9	31.6	37.8	100.0	100.0	

$$C_G = \frac{G}{R+G+B} \quad (2)$$

$$C_B = \frac{B}{R+G+B} \quad (3)$$

由图 1 和表 1 数据得出下列观察结果：

(1) 背景中被阴影遮挡的部分，虽然亮度值明显减小，但 R、G、B 三个分量的比例即色度值却保持相对稳定，而人体与背景之间的色度分布却截然不同。更换场景及人物服饰后仍可得出同样的结论（人物服饰与背景色彩高度一致等极端情况除外）。

(2) 对于背景和人影而言，按红色分量、绿色分量和蓝色分量计算的 3 个色度值 C_R 、 C_G 、 C_B 都分别很接近（见表 1）。

(3) 对于背景与运动人体而言，其对应的 C_R 、 C_G 、 C_B 值是无规律的。当然，由于人体服饰的色彩千差万别，在某些像素点处，背景与运动人体的 C_R 、 C_G 、 C_B 中某一个色度值接近的可能性普遍存在（见表 1 中背景与人体的 C_G 值），但两者的 C_R 、 C_G 、 C_B 三个色度值同时分别接近的概率非常之小。

2 消除阴影的最大色度差分法

差分运动检测中的差分运算是前景与背景的亮度差分，其基本算法如下：

$$D(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } |I_f(i, j) - I_b(i, j)| < T_l \\ 1 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

其中 $I_f(i, j)$ 、 $I_b(i, j)$ 分别为同一场景中不同时刻获得的前景与背景图像的亮度值， T_l 是设定的亮度阈值（为一小的正数）， $D(i, j)$ 为亮度差分二值图像。显然，非零值部分为运动图像区域。

由于阴影遮挡前后亮度值明显不同，因此采用该算法使人体阴影轻易地就被检出。如图 2(c) 所示。

根据上面得到的观察结果(1)可知，由于阴影遮挡

前后像素的色度值基本不变，如果将公式(4)中的前景与背景的亮度值差分为色度值差分，从原理上讲应该能将差分结果中的阴影去除，算法如下：

$$D(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } \Delta C(i, j) = |C_f(i, j) - C_b(i, j)| < T_c \\ 1 & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

其中， $C_f(i, j)$ 、 $C_b(i, j)$ 分别为前景与背景的色度值 (Chromaticity)，实际使用时选 C_R 、 C_G 、 C_B 之一； $\Delta C(i, j)$ 为色度差分， T_c 为色度差分阈值。

然而，实际应用表明，采用公式(5)的色度差分算法消除阴影的效果在许多情况下并不太理想。由上述观察结果(2)可知，无论按式(1)、式(2)还是式(3)计算色度值，对于背景与人影而言，对应的 3 个色度值 C_R 、 C_G 、 C_B 都很接近，因此，就消除阴影而言，使用 C_R 、 C_G 、 C_B 之中的任何一个都具有很好的效果。但是，对于不同色彩的运动物体与背景，选择 C_R 、 C_G 、 C_B 中的某一个作为色度值，其差分结果是有区别的。例如，图 1(b)和表 1 中数据表明，此位置的人体与背景的 C_R 、 C_B 的差距都较大，而其中一些区域的 C_G 值却较接近，如果此时取 C_G 作为色度值按式(5)进行差分运算，则阴影虽然被去除了，但有效的人体信息也会有较大的损失，差分结果如图 2(d) 所示。

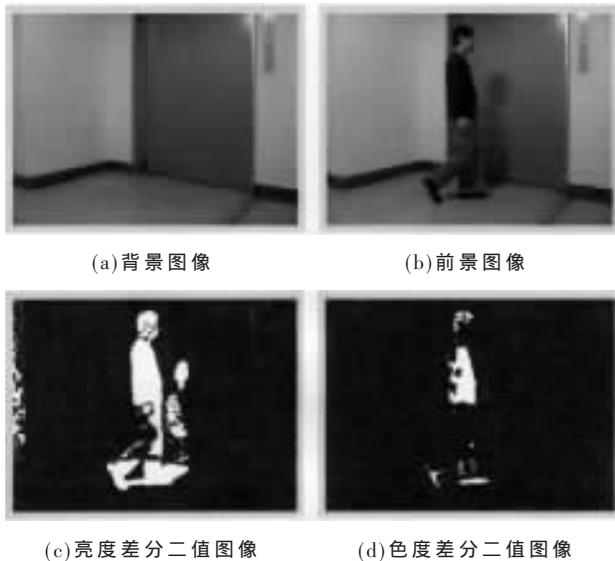


图 2 差分运动检测

因此，在消除阴影的同时，为保证有效运动信息损失最小化，应同时计算出前景与背景每个对应像素点的 3 个色度差分： ΔC_R 、 ΔC_G 、 ΔC_B ，然后选择其中的最大值作为该点的色度差分，即：

$$\Delta C(i, j) = \max\{\Delta C_R(i, j), \Delta C_G(i, j), \Delta C_B(i, j)\} \quad (6)$$

此外，实际使用时，应事先对无人的静止场景连续采集 n 幅背景图像，建立一个初始背景统计模型，即式(5)中的 $C_b(i, j)$ 应按式预先建立：

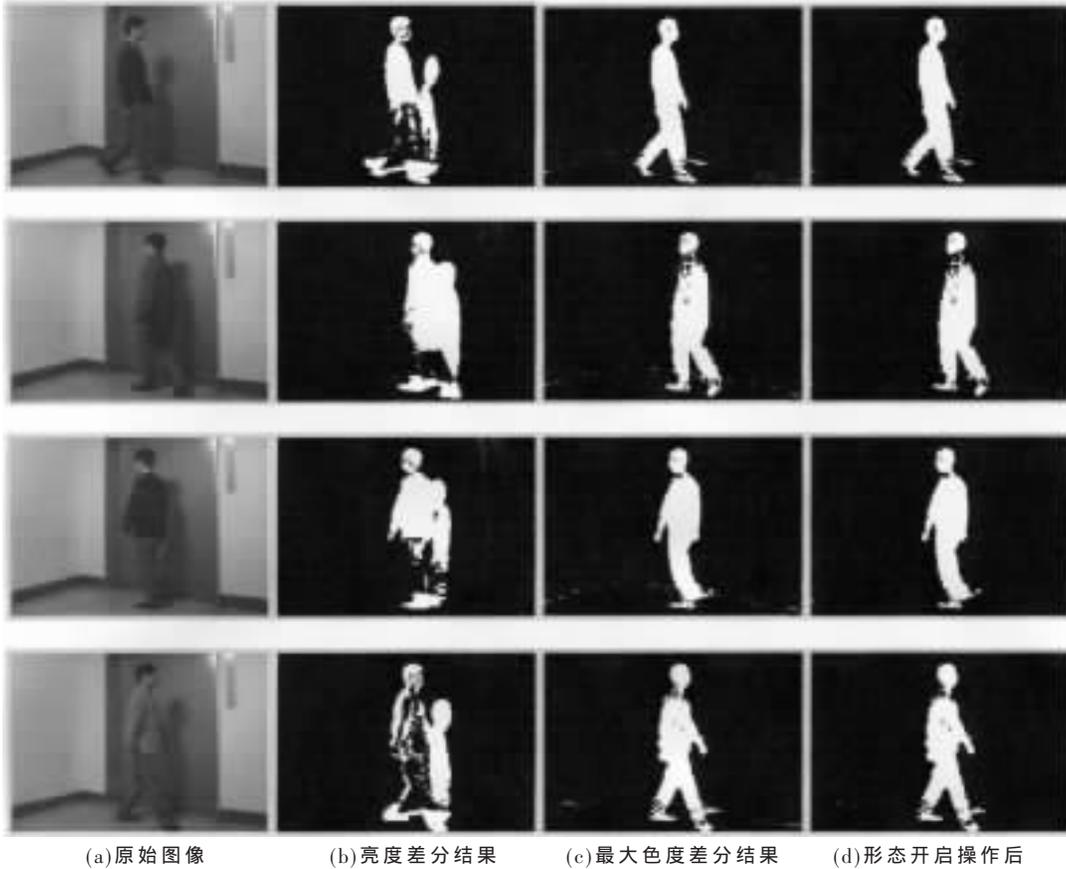


图3 阴影去除实验

$$\left. \begin{aligned} C_{bR}(i, j) &= \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n C_{bRm}(i, j) \\ C_{bG}(i, j) &= \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n C_{bGm}(i, j) \\ C_{bB}(i, j) &= \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n C_{bBm}(i, j) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

其中 $C_{bRm}(i, j)$ 、 $C_{bGm}(i, j)$ 、 $C_{bBm}(i, j)$ 分别为像素点 (i, j) 在第 m 幅背景图像中的 3 个色度值。

为消除环境中的干扰因素,式(7)的初始背景数据还应实时动态更新^[2]。

公式(5)、(6)和(7)就是本文提出的最大色度差分运动检测算法。

3 实验结果

采用上述最大色度差分法,对同一静止场景中的红、绿、蓝、黄等不同服饰的运动人体进行了阴影消除实验,实验结果如图3所示。图3(c)为最大色度差分检测结果,对其中的一些零碎斑点,可采用图像滤波等措施去除,本例使用 5×5 的结构元素,应用二值形态学的开启操作,在保持大对象不变的同时去除细小碎片,最终结果如图3(d)所示。

本文提出的最大色度差分运动检测法,经实验证明,能在保证有用的运动信息较少损失的情况下方便有效地消除运动物体产生的阴影,且算法简单、运算

速度快、便于实现,为静止场景中运动目标的实时检出及阴影的消除提供了一种实用的方法。该方法在仿生型自动跟踪监视系统的课题研究中得到应用,效果良好。

与传统的亮度差分检测法相比,本方法存在的类似问题是,其效果高度依赖于前景与背景的色彩对比度。该方法与运动物体边缘检测相结合将会获得更好的效果,这是今后需要进一步研究的课题。

参考文献

- [1] STAUFFER C, GRIMSON W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking[J]. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, 1999: 246-252
- [2] MCKENNA S, JABRI S, DURIC Z et al. Tracking groups of people[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2000, 80: 42-56
- [3] SONKA MILAN, HLAVAC VACLAV, BOYLE ROGER. Image Processing, Analysis and Machine Vision(Second Edition)[M]. Thomson Learning, 1999: 744-750.
- [4] THOMAS B, MOESLUND, GRANUM ERIK. A survey of computer vision-based human motion capture[J]. Proc. of Computer Vision and Image Understanding, 2001, 81: 231-268

(收稿日期: 2006-08-14)