

一种基于分级分块处理的背景估计算法*

潘建寿 王琳 王宾 崔宇巍 张永宜

(西北大学电子科学系, 西安 710069)

摘要 视频序列中连续两帧纯背景图像的帧间差服从高斯分布. 利用高斯随机变量的峰态和偏态系数的有关性质构造了一种背景子块与目标子块的分块检测算法, 并将多分辨率分析的思想引入其中. 对帧差图像进行分级分块处理, 构造并完善了分级分块背景重建算法, 完成了相应的计算机仿真实验. 实验结果表明, 该算法能快速、有效的获得背景图像.

关键词 背景估计; 高阶统计量; 分级分块处理; 算法

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A

0 引言

在基于视频序列图像的运动目标检测中, 背景差法、帧间差法和背景模型法是常用的基本方法^[1]. 理想情况下(相机固定、静态背景、环境条件不变), 任两帧间的差图像中仅含有场景中目标运动的信息. 在没有运动目标(即纯背景)的情况下, 显然帧差图像各像素点值均为零. 但实际情况要复杂得多, 首先是由于数据采集过程中光照、风雨、温度、湿度、气流、空气中粒子的随机反射等等因素的影响, 无法满足环境条件不变; 其次是由于场景中树木花草等受刮风、气流等因素的影响, 难以使背景满足“静态”; 最后, 相机固定在实际条件下也往往难以严格满足. 因此, 这些因素的综合作用使得在没有运动目标即纯背景的情况下, 帧差图像各像素点值不为零.

在没有运动目标, 即纯背景的情况下, 帧差图像各像素点值不为零, 这个事实意味着帧差图像是一个随机过程. 分析表明, 这一过程服从均值为 μ 、方差为 σ^2 的高斯分布 $N(\mu, \sigma^2)$ ^[2].

如果场景中有运动目标出现, 则序列中连续两帧图像与目标相关的区域就有较大的差异. 进而使帧差图像中目标相关的区域就会出现较大的灰度差值, 从而影响其分布.

分析和仿真表明, 运动目标对帧差图像分布的影响和目标的大小有关: 在小目标的情况下, 帧差图像的分布类型不变, 仅是分布参数(均值 μ , 方差 σ^2) 发生变化; 随着目标的增大, 直至在大目标的情况下, 运动目标将逐渐成为帧差图像非零状态的主要因素, 故它的分布类型将会发生变化, 而难以保证正态分布.

上述思想可应用于目标检测中的背景估计与重

建.

1 基于高阶矩的背景块与目标块分类

视频序列中任两帧间的差图像为

$$d_s(x, y) = f_{k+1}(x, y) - f_k(x, y) \quad (1)$$

设对于 $X \times Y$ 大小的图像帧序列, 按式(1)求得差值图像 $d_s(x, y)$. 将 $d_s(x, y)$ 分为 $M \times N$ 大小的子块, 即

$$d_s(x, y) = \left\{ D_{ij} \mid 1 < i < \frac{X}{M}, 1 < j < \frac{Y}{N} \right\} \quad (2)$$

显然子块的数目为 $(\frac{X}{M} \times \frac{Y}{N})$. 由于子块 $D_{ij}(x, y)$ 来自 $d_s(x, y)$, 故在纯背景情况下, 每个子块 $D_{ij}(x, y)$ 应与 $d_s(x, y)$ 具有相同的分布, 即 $D_{ij}(x, y)$ 服从 $N(\mu, \sigma^2)$ 分布^[3]. 其 k 阶中心矩为

$$\eta_k = \sum_{(x,y) \in D_{ij}(x,y)} \sum D_{ij}(x, y) - E[D_{ij}(x, y)]^k \quad (3)$$

k 阶原点矩为

$$m_k = \sum_{(x,y) \in D_{ij}(x,y)} \sum [D_{ij}(x, y)]^k \quad (4)$$

定义峰态系数

$$F_{D_{ij}} = \frac{\eta_4}{\sigma^4} - 3 \quad (5)$$

偏度系数

$$P_{D_{ij}} = \frac{\eta_3}{\sigma^3} \quad (6)$$

由于正态分布的 3 阶及其 3 阶以上的统计量为零, 故对正态分布有

$$F_{D_{ij}} = 0 \text{ 及 } P_{D_{ij}} = 0 \quad (7)$$

可见, 可以用偏度系数及峰度系数构造算法, 判断子块 $D_{ij}(x, y)$ 是否为正态分布子块, 即可借助式(5)、(6)、(7)判断子块 $D_{ij}(x, y)$ 是否为背景子块. 具体而言就是当有运动目标存在于子块 $D_{ij}(x, y)$ 区域时, 由于目标边缘的影响, 此时子块 $D_{ij}(x, y)$ 将不再是正态分布的了. 故式(7)不再成立.

由此可见, 可以用式(5)、(6)、(7)构造算法, 判

* 陕西省自然科学基金(2003F09)资助项目
Tel: 029-88302790 Email: panjshou@nwu.edu.cn
收稿日期: 2005-05-17

断子块 $D_{ij}(x, y)$ 是否为正态分布. 若 $D_{ij}(x, y)$ 为正态分布, 则该子块对应为背景子块, 否则对应为目标子块.

根据上述讨论, 构造如下判别函数

$$C_{D_{ij}}(x, y) = \eta_4 - 3\eta_2^2 \quad (8)$$

判别规则为

$$C_{D_{ij}}(x, y) \begin{cases} \leq T & D_{ij}(x, y) \text{ 为背景子块} \\ > T & D_{ij}(x, y) \text{ 为目标子块} \end{cases} \quad (9)$$

式中 T 为判决阈值, 理论上 $T=0$ (这个理论阈值对实际应用的指导意义在于: 可以为 T 设定一个比较小的初始阈值). 本文中初始阈值选取为整个差分图像 $d_i(x, y)$ 的统计平均值.

2 算法构造

2.1 基本思想

对由任意两相邻帧获得的差分图像 $d_i(x, y)$, 先进行较大子块的划分, 对各子块应用上述方法进行背景子块和目标子块分类, 并对各子块作出对应标记; 对标记为目标子块的“大”子块, 应用多分辨率思想进行二级子块划分, 再对第二级子块应用高阶矩方法进行更精细的背景子块和目标子块分类, 并对各第二级子块作出相应的标记; 对标记为目标子块的第二级“较大”子块, 应用多分辨率思想再进行第三级子块划分, 如此等等直到达到规定要求^[4,5]. 在分级子块划分中, 终止条件可以从下列三种方法中选取: 1) 采用预先规定一个最大的分级数, 当达到规定的最大分级数时, 终止继续分块. 2) 采用预先规定一个目标子块数目占总子块数目的百分比, 即目标子块数目少到一定比例时, 终止继续分块. 3) 预先指定可利用的序列帧数 L , 当使用的序列帧数达到 L 时, 终止继续分块.

最后对未处理掉的“目标”子块, 采取一个块填补准则(本文采用周边平均法)填补所有子块, 从而完成整个算法.

2.2 算法步骤

1) 由序列图像获取帧差图像 $d_i(x, y)$; 2) 根据确定的分块原则, 进行图像分块 $D_{ij}(x, y)$; 3) 求各子块的高阶矩, 并计算式(8); 4) 计算判别阈值, 初始阈值 T 选取为整个差分图像 $d_i(x, y)$ 的统计平均值; 5) 根据确定的检测规则(9), 完成检测分类; 6) 确定是否满足分级子块划分条件, 若满足, 转步骤2, 否则继续; 7) 用周边平均法填补剩余的目标子块; 8) 完成背景重建 $b(x, y) = \{D_{ij}(x, y)\}$.

2.3 算法改进

由于各种因素的影响, 在实际计算中, 即使在纯

背景情况下, 式(7)往往不能满足, 这不仅使判别阈值很难客观确定, 而且对判别结果有直接影响. 本文从两个途径对这个问题予以改善: 1) 针对目标子块与背景子块的“子块能量”有较大差异的情况, 在式(8)判别函数计算中引入“子块功率”因素; 2) 考虑到各因素的影响, 特别是在分块以后的统计计算中的数据量不够大的实际情况, 在判别函数的计算中对峰态系数引入权重因子 α , 控制分布对判别函数的作用. 改进后的判别函数构造如下

$$C_{D_{ij}} = \alpha(\eta_4 - 3\eta_2^2) + E_{s_{ij}} \quad (10)$$

式中权重因子 α 在 0.5~1 之间选取; $E_{s_{ij}}$ 为第 ij 子块的“子块功率”

$$E_{s_{ij}} = \frac{1}{MN_{(x,y) \in D_{ij}}} \sum \sum (d_i^2(x, y)) \quad (11)$$

相应的判别规则仍采用式(9).

3 仿真试验中几个具体问题的讨论

3.1 关于子块大小

上面提及的识别背景子块和目标子块的方法, 本质上是建立在概率统计意义上, 因此分块的大小对问题的结果影响较大. 直观上看, 分块愈大对式(5)、(6)、(7)的使用更加有利; 但问题并非如此. 在基于高阶矩的背景恢复应用中, 较大的子块划分, 虽计算时间较少, 但当一个子块被确定为目标子块时, 对背景恢复的精细度影响较大; 而太小的子块划分, 虽对这一问题有改善, 但时间花费较长, 不便于实际应用. 因此权衡选取子块大小是一个重要问题.

分析发现, 解决上述问题中隐含着一种可能性: 如果将不同大小的子块划分理解为不同的“块分辨率”, 则可将多分辨率分析的思想应用在基于高阶矩的分块背景重建中. 即先进行“低分辨率”的大子块划分, 然后对判别为目标块的大子块再进行“较高的分辨率”的较小子块划分. 以此类推, 直到满足某种使用要求. 这期间还隐含着一种优化算法.

3.2 初始阈值

初始阈值选用加入帧差图像 $d_i(x, y)$ 的平均能量, 采用改进后的判别函数值的统计均值.

3.3 关于背景恢复的失真性

由讨论可知, 实现无失真恢复必须要求图像序列长度相对于目标速度足够大, 以至于在镜头内一个子块区域图像序列中至少有一次在某相邻两帧中没有运动目标存在. 可是, 当限定可利用的序列帧数或可利用的序列帧数较少时, 这一条件无法得到满足, 故失真在所难免. 本文采用周边平均法填补剩余目标子块(即可采用使式(10)最小的对应块替换剩余目标子块), 以兼顾速度与主观视觉上对问题

的要求.

4 仿真实验

4.1 不限制可利用的序列帧数下背景恢复实验

将差值图像直接分成 16×16 的子块; 恢复背景

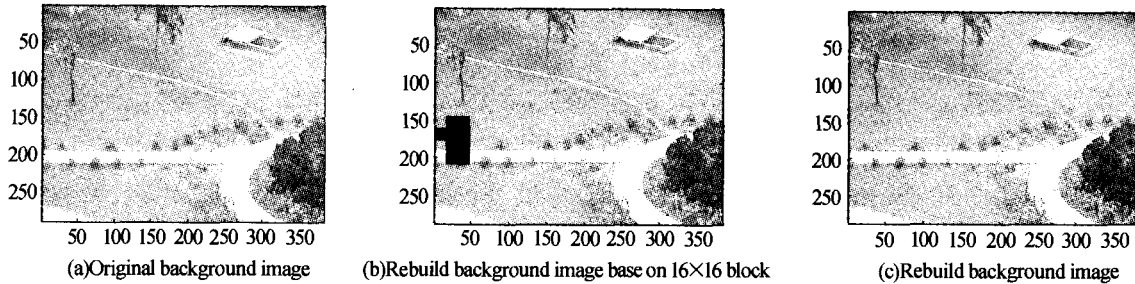


图1 采用大分块处理后后续帧补充背景块

Fig. 1 The rebuild background worked by big block

4.2 限制可利用的序列帧数下背景恢复实验

将图像先分为 16×16 的块, 恢复背景子块后, 判断子块所占的比例, 自适应地将未恢复的子块再分成更小的子块, 限制可利用的序列帧数(具体数目

子块后, 判断子块所占的比例, 自适应地将未恢复的子块再分成更小的子块; 不限制可利用的序列帧数, 用后续帧恢复背景子块, 直到背景的块全部恢复.

原始纯背景图像及恢复后的背景图像如图 1 (单位像素). 实验完成后共使用图像 40 帧.

可根据实际确定, 本文限定为 17 帧) 恢复背景子块, 对未恢复的子块用周围块的平均灰度填充.

原始纯背景图像及恢复后的背景图像如图 2 (单位像素). 实验限用图像 17 帧.

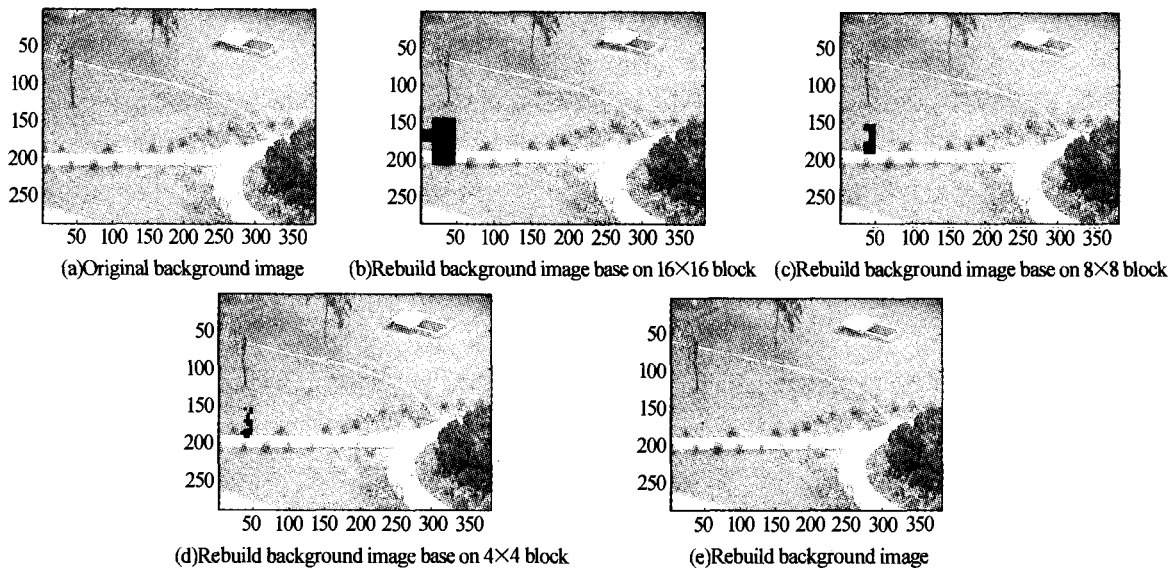


图2 采用分级分块处理方法并只处理未恢复的背景块

Fig. 2 The rebuild background worked by multi-resolution and block method

5 结论

上述仿真结果可见, 两种方法所恢复的背景图像主观视觉上未见明显差异. 这表明采用分级分块方法只对未恢复的子块进行处理, 并通过使用限制可利用的序列帧数的措施, 对兼顾背景恢复算法的速度与背景恢复的准确度是有意义的. 由 4.2 中所述的方法所进行的运动目标检测实验结果也表明了分级分块背景恢复方法在实际应用中的可能性.

参考文献

1 Kim J B, Kim H J. Efficient region-based motion segmentation for video monitoring system. *Pattern*

Recognition Letters, 2003, 24(1): 113~128

2 王宾, 潘建寿, 梁雁冰. 基于 Matrox 卡的视频图像运动检测. *西北大学学报*, 2004, 2(3): 1~7

Wang B, Pan J S, Liang Y B. *Science Journal of Northwest University Online*, 2004, 2(3): 1~7

3 帕普里斯 A. 概率随机变量与随机过程. 北京: 高等教育出版社, 1984. 306~320

A P edited. *Random Variable and Random Processes*. Beijing: Higher Education Press, 1984. 306~320

4 Yao W. 视频处理与通信. 北京: 北京电子工业出版社, 2003. 269~285

Yao W edited. *Video Processing and Communications*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.

- 269~285
- 5 陈国军,叶飞跃. 大幅图像的分块细化加速算法. 计算机工程与应用, 2001, **37**(23):102~106
Chen F J, Ye F Y. *Computer Engineering And Applications*, 2001, **37**(30):102~106
- 6 徐军,向健华,梁昌洪. 最大化背景模型用于检测红外图像中的弱小目标. 光子学报, 2002, **31**(12):1483~1486
Xu J, Xiang J H, Liang C H. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(12):1483~1486
- 7 袁惠晶,王勇天. 一种抗干扰的弱小目标检测方法. 光子学报, 2004, **33**(5):609~612
Yuan H J, Wang Y T. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(5):609~612
- 8 付小宁,殷世民,刘上乾. 一种改进的自适应模糊阈值图像分割方法. 光子学报, 2003, **32**(5):605~607
Fu X N, Yin S M, Liu S Q. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(5):605~607

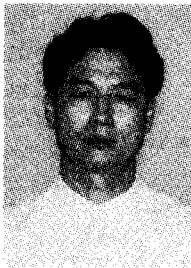
Background Estimation Algorithm Based on Multi-Resolution and Block

Pan Jianshou, Wang Lin, Wang Bin, Cui Yuwei, Zhang Yongyi
Electronics and Science Department, Northwest University, Xi'an 710069

Received date: 2005-05-17

Abstract In the video sequence, the difference of consecutive image is Gauss. A detection approach of background and target block was proposed which was constructed by characters of the kurtosis and deflection of Gaussian random variable. And the idea of multi-resolution was inducted to grade and block the different image. An approach of background estimation based on grade and block is constructed. The simulation was done by computer. The experimenting result of this method was valid and fast.

Keywords Background Estimation; High order statistic; Multi-Resolution blocked processing; Algorithm



Pan Jianshou was born in 1953. He works at Electronics and Science Department of Northwest University as an associate professor and his major research fields include Signal Processing and Pattern Recognition.