

基于五帧差分 and 背景差分的运动目标检测算法

郝毫刚, 陈家琪

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘 要: 静态背景下运动目标检测的抗噪性能较差。为此, 提出一种改进的运动目标检测算法。对原始图像进行预处理, 将五帧差分 and 背景差分相结合, 利用基于自适应背景模型的动态阈值, 提取图像中的运动区域, 并进行形态学滤波和连通性检测, 最终获取运动前景目标。实验结果表明, 该算法能完整提取运动目标, 背景适应性强, 实时性好。

关键词: 帧间差分; 背景差分; 背景模型; 动态阈值; 边缘检测; 运动目标检测

Moving Object Detection Algorithm Based on Five Frame Difference and Background Difference

HAO Hao-gang, CHEN Jia-qi

(School of Optical-electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

【Abstract】 Aiming at moving object detection under the static background, this paper proposes a modified difference fusion algorithm. The proposed algorithm pre-processes the original image, combines with background difference and five frame difference, improves the method of automatically extracting background, it extracts moving regions in images by means of the dynamic threshold based on the adaptive background model, and gets the final moving objects by morphological filtering and connectivity detecting. Experimental result shows that the algorithm can extract moving objects more completely, with background more adaptable and real-time guaranteed.

【Key words】 frame difference; background difference; background model; dynamic threshold; edge detection; moving object detection

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.04.047

1 概述

近年来, 视频监控图像的运动目标检测是一个非常活跃的研究方向, 在智能监控、视频压缩、自动导航、虚拟现实等方面有着广泛的应用前景。

静态背景下常用的运动目标检测方法主要有: 帧间差分法^[1], 背景差分法^[2]和光流法^[3]。光流法因其计算方法复杂, 且抗噪性能差, 如果没有特殊硬件装置, 则无法进行实时处理; 背景差分法是当前常用的方法, 但对外部条件变化过于敏感。而帧间差分法虽不能完整地提取目标信息, 但对动态环境有很好的适应性, 受光线变化影响小。本文研究其性能, 发现背景差分法和帧间差分法在性能上恰好互补, 据此提出一种将背景差分法和五帧差分法^[4]相结合的方法, 采用一种改进的基于五帧差分背景模型提取和更新算法, 最后从识别率、误检率和检测速度对该算法和几种经典算法进行比较分析。

2 预处理

由于获取的视频图像往往存在椒盐噪声、高斯噪声等噪声的干扰, 滤除噪声是图像处理的一个非常重要的环节。本文采用经典的自适应中值滤波先对原始图像去噪, 然后在视频中抽取彩色图像转换为灰度图像后, 采用直方图均衡化对图像进行增强操作, 使图像细节变得更加清晰。

帧间差分主要是对目标轮廓进行提取, 因此要得到准确并且完整的目标, 必须在帧间差分的时候就能提取出来比较精确完整的目标轮廓。这里采用对图像进行梯度化操作, 提取图像中运动目标的边缘信息, 使原始图像的抗干扰性能更好。

3 基于五帧差分 and 背景差分的运动目标检测

3.1 帧间差分

实际检测系统中只需要检测出当前帧的运动变化区域, 而通常帧间差分结果是 2 帧图像中运动目标的叠加, 检测出的目标包含了前后 2 帧的相对变化边缘, 比实际的运动目标范围要大。为此, 采用 256 灰度以 *unit8* 数据格式^[5]表示像素点的灰度, 2 帧之间的差分图像 $UD(x,y)$ 表示为:

$$UD(x,y) = (unit8)d_i(x,y) - (unit8)d_{i+1}(x,y) \quad (1)$$

$UD(x,y)$ 只保留了当前帧相当于前一帧的运动变化部分, 有效地消除了前一帧的影响, 提高了当前图像帧中运动目标检测的准确性。

对于帧间差分中的二次差分, 传统的方法普遍采用“与”操作, 定义其符号为 \otimes , 事实上这不能达到将 2 个差分结果的相同部分充分提取出来的效果。如一个差分的某点像素值为 189(二进制 10111101)与另一个差分的相同点像素值为 253(二进制 11111101)进行“与”操作, 结果是 10111101(189), 丢失了一位信息。如果二进制数种的 0 更多, 则会丢失更多信息。考虑到五帧差分算法的主旨思想是提取前后结果的共同部分, 即如果相同则提取, 故采取只要 2 个二进制数对应的“位”相同则置为 1 的策略, 采用“异或”再“非”的逻辑操作^[6], 定义为 \odot , 这将可避免丢掉更多的信息。

基金项目: 上海市教委重点科研基金资助项目(06ZZ36)

作者简介: 郝毫刚(1989—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 图像识别与分析; 陈家琪, 教授

收稿日期: 2011-07-07 **E-mail:** haogang_hao@hotmail.com

3.2 动态阈值

传统算法中灰度阈值 T 是固定值, 且需人工干预, 适应性较差, 对光照变化的场景不太适用。本文采用 OTSU 法^[7] 自动选择分割阈值。为了适应光线变化, 在 OTSU 法计算出阈值 $Threshold$ 的基础上增加一个动态值 ΔT , 计算如下:

$$\Delta T = \frac{\lambda}{5M \times N} \sum_{i=1}^5 \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} |f_i(x, y) - f_b(x, y)| \quad (2)$$

则动态阈值为:

$$T = Threshold + \Delta T \quad (3)$$

其中, λ 是抑制系数, 它可以根据实际应用的需求设置为某个值, 其参考值为 0.5; $M \times N$ 表示所处理图像的大小, 其数值结果表示检测区域的像素个数; ΔT 反映了环境的整体变化情况。如果图像光照变化较小, 动态阈值是一个很小的值, 在假定检测区域的像素足够多的前提下将趋于 0。如果图像光照变化明显, 则动态阈值将明显增大, 有效地抑制了光线整体变化带来的影响。

3.3 改进算法

标准的三帧差分方法虽然能快速检测出运动目标的轮廓, 然而其轮廓一般表现为不连续, 并存在很大的空洞现象, 同时三帧差分并不能完整地提取出来目标信息, 对于三帧差分间目标的重叠部分仍然不容易检测出来, 而且在低对比度条件下, 这种现象尤其明显。为此, 将标准帧间差分加以改进, 提出融合连续五帧差分法和背景差分的运动目标检测方法。设预处理后的 5 帧图像为: $f_{i-2}(x, y)$, $f_{i-1}(x, y)$, $f_i(x, y)$, $f_{i+1}(x, y)$, $f_{i+2}(x, y)$, 改进算法流程如图 1 所示。

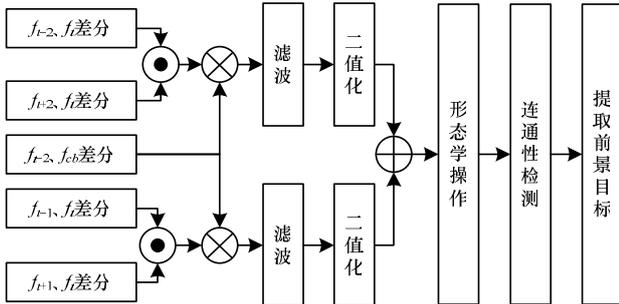


图 1 改进算法流程

具体步骤如下:

(1) 从视频中提取五帧原始图像, 对其进行去噪、灰度化、直方图均衡化, 再用 Canny 算子^[8] 边缘检测即梯度化操作, 采用高斯滤波器平滑图像, 根据高斯函数的一阶导数计算梯度, 检测梯度幅值的局部最大值, 然后用低阈值 T_1 得到弱边缘 E_1 , 用高阈值 T_2 得到边缘 E_2 , 将 E_1 保留与 E_2 有连通关系的连通分量作为输出的图像边缘 E , 得到处理后 5 帧图像。

(2) 按图 1 中的顺序将各帧以及中间帧和背景帧进行差分:

$$\begin{aligned} UD_{13}(x, y) &= |(unit8)f_{i-2}(x, y) - (unit8)f_i(x, y)| \\ UD_{23}(x, y) &= |(unit8)f_{i-1}(x, y) - (unit8)f_i(x, y)| \\ UD_{34}(x, y) &= |(unit8)f_i(x, y) - (unit8)f_{i+1}(x, y)| \\ UD_{35}(x, y) &= |(unit8)f_i(x, y) - (unit8)f_{i+2}(x, y)| \\ D_{3B}(x, y) &= |f_i(x, y) - f_{CB}(x, y)| \end{aligned} \quad (4)$$

(3) 将 4 个帧间差分图像采用“异或”再“非”的逻辑操作, 同时将其结果与背景差分结果进行“与”操作:

$$D_1 = D_{3B}(x, y) \otimes D_{24}(x, y) \quad (5)$$

$$D_2 = D_{3B}(x, y) \otimes D_{15}(x, y) \quad (6)$$

(4) 对于步骤(3)得到的 D_1 和 D_2 进行滤波处理, 再用动态阈值二值化处理, 将其结果进行“或”运算得到最终的目标轮廓 $D(x, y)$:

$$D(x, y) = D_1(x, y) \oplus D_2(x, y) \quad (7)$$

(5) 对 $D(x, y)$ 进行形态学滤波和连通性检测, 得最终目标。

4 背景模型的建立和更新

4.1 背景模型的提取

背景模型的构造是背景差分法的核心, 文献[9]介绍一种比较典型的自动提取背景算法。通过对该算法分析, 发现存在一个缺陷: 由于对初始背景图像并没有特殊限制, 其中很可能含有运动目标, 算法缺乏一个标准来判断哪一时刻背景中的运动目标已去除, 所得图像可作为对背景图像的估计。

结合本文提取的五帧图像, 对上述算法进行改进, 提出一种基于五帧差分的背景图像提取和更新方法, 通过设置一个明确的判断条件, 对迭代过程进行控制, 当条件满足时, 则认为背景图像中已不包含运动目标。算法步骤如下:

(1) 初始化, 假设要处理的图像为 m 行、 n 列, 并设置一个 $m \times n$ 的二维标记矩阵 F , 其元素 $F(x, y)$ 标记是否已经提取了 (x, y) 位置的背景, 值设为 0 或 1, 分别表示未提取或者已经提取了 (x, y) 位置的背景。初始化时 $F(x, y)$ 的值全置为 0, 同时设置一个计数器 P , 记录已提取背景的像素点数目, 初始化为 0。设置变量 $Q = m \times n$ 表示图像的总像素数目, 分配一个缓冲区用来存储提取的背景图像, CB 表示背景图像, 初始化为空图像, 各像素点的值置为 0。

(2) 获取已经预处理后的五帧图像。

(3) 检测背景区域, 计算差分图像 $D_i = |f_i - f_{i+1}|$ 及其二值化阈值, T_i 采用前文所述的动态阈值 T , 进行二值化处理:

$$Mask_i = \begin{cases} 1 & D_i(x, y) \geq T_i \\ 0 & D_i(x, y) < T_i \end{cases} \quad (8)$$

设置结构元 SE , 对图像 $Mask_i$ 执行数学形态学膨胀运算: $Mask_i = Mask_i \oplus SE$ (9)

(4) 提取和更新背景图像 CB , 当 $Mask_i(x, y) = 1$ 时, 对点 (x, y) 执行背景提取和更新; 当 $Mask_i(x, y) = 0$ 时, $CB(x, y)$ 的值维持不变。背景图像更新的具体操作如下:

如果标记矩阵中 $F(x, y) = 0$, 则修改标记值为 1, 并修改计数器 $P = P + 1$, 以下式提取背景:

$$CB(x, y) = \omega \cdot f_{i+1}(x, y) + (1 - \omega) f_i(x, y) \quad (10)$$

如果标记矩阵中 $F(x, y) = 1$, 则维持标记值和计数值都不变, 以下式更新背景:

$$CB(x, y) = \omega \cdot f_{i+1}(x, y) + (1 - \omega) \cdot [\omega \cdot f_i + (1 - \omega) \cdot CB(x, y)] \quad (11)$$

式(10)和式(11)中的 ω 是在区间(0,1]内取值的加权系数。

(5) 循环控制, 当 $P < Q$ 时返回(2), 继续循环; 或者结束循环, 最后得到 CB 即为背景提取的最后结果。

4.2 背景模型更新

在实际应用中, 一般在系统开始的时候执行背景提取操作, 然后在一定的周期内当检测到背景图像与实际情况有较大差异时才执行该操作, 如果持续不断地执行, 会占用较大的内存和较长的处理时间, 影响系统实时性。因此, 在执行一次背景提取操作后的一段时间内, 其结果会应用一定时间, 在这段时间内, 本文用下边的方法执行背景更新操作。

设 CB 为当前提取出来系统保存的背景图像, CI 为当前采集的图像, 计算两者差分 DI , 选择动态阈值 T 进行二值化:

$$Mask(x, y) = \begin{cases} 1 & DI(x, y) \geq T \\ 0 & DI(x, y) < T \end{cases} \quad (12)$$

以此来构造即时背景:

$$IB(x, y) = \begin{cases} CB(x, y) & Mask(x, y) = 1 \\ CI(x, y) & Mask(x, y) = 0 \end{cases} \quad (13)$$

然后可以式(14)更新当前即时背景图像:

$$CB(x, y) = \alpha \cdot IB(x, y) + (1 - \alpha)CB(x, y) \quad (14)$$

5 实验结果与分析

5.1 实验结果

以 Matlab7.0 进行仿真实验, 利用三帧差分法、五帧差分法、背景差分法以及本文改进算法对一组光照改变后的 AVI 视频序列图像进行测试, 其中对三帧差分法和五帧差分法进行同样预处理, 背景差分法采用高斯背景模型, 检测结果如图 2 所示。



图2 检测实验结果

由检测结果可看出: 三帧差分法和五帧差分法的检测结果无明显差别, 都能检测出运动目标, 然而轮廓都不连续。而背景差分法由于对光线变化很敏感, 检测效果也不太好。而改进的算法检测出的目标轮廓更接近目标本身, 并且明显地解决了拖影和轮廓不很连续的现象, 也消除了空洞。由于对二次差分结果采用“异或”再“非”逻辑操作, 保留了更多目标信息, 从而使检测结果就更加准确。

5.2 结果分析

以识别率 DR 和误检率 FAR 对上述算法的效率和准确度进行比较, 其中识别率和误检率计算方法如下:

$$DR = \frac{TP}{TP + FN}, \quad FAR = \frac{FP}{TP + FP} \quad (15)$$

其中, TP 表示检测到的与实际相符的运动目标数目; FP 表示误检出的非运动目标数目; FN 表示未检测出的目标数目, 而算法处理每帧时间为 $T(f/ms)$, f 表示处理的帧数。

在同等条件下比较结果如图 3 所示。其中 Algorithm1~Algorithm4 分别代表三帧差分法、五帧差分法、背景差分法和本文改进算法。由图 3 可看出, 4 种算法识别率都能达到 90% 以上, 能有效检测出运动目标。而误检率有较大变化, 尤其是当光照发生变化时, 背景差分法的误检率很高, 则是因为其对光线特别敏感, 本文改进算法在误检率方面有所改进。在每帧的处理时间 $T(f/ms)$ 上, 由于原始高斯背景模型的建立和更新耗时很长, 因此背景差分法的实时性不甚理想。改进算法采用一种基于五帧差分背景模型提取和更新算

法, 使其每帧的处理时间与其他帧间差分算法相差不大, 均能满足实时性的要求。

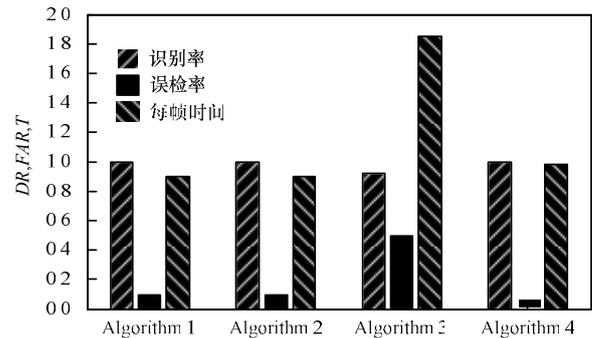


图3 DR 、 FAR 和 T 比较

6 结束语

针对静态背景下运动目标检测, 将融合帧间差分法和背景差分思想, 提出一种实时性强的运动目标检测算法, 并结合了多帧差分的思想自动提取和更新背景模型。

改进算法克服了标准三帧差分目标重叠的部分, 提取了完整的运动目标轮廓, 差分后只包含当前帧的相对运动变化信息, 更符合实际运动目标范围。虽然使用五帧图像差分, 但仍能满足实时性要求; 以 *uint8* 数据格式处理帧间差分以及采用“异或”再“非”逻辑操作, 不仅保存了较多图像信息, 而且提高了检测的准确性。然而, 改进算法仍有一定的局限性, 对室外复杂的动态环境, 效果不甚理想, 还有待改进。

参考文献

- [1] Neto B, Goutsias J. Object-based Image Analysis Using Multi-scale Connectivity[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(6): 892-907.
- [2] Herrero E, Orrite C, Senar J. Detected Motion Classification with a Double Background and a Neighborhood-based Difference[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(12): 2079-2092.
- [3] Rene V, Ravichandran A. Optical Flow Estimation and Segmentation of Multiple Moving Dynamic Textures[C]//Proceedings of 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. [S. l.]: IEEE Press, 2005: 516-521.
- [4] 杜晶晶. 智能视频监控中运动目标检测与跟踪算法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2009.
- [5] 孙瑾, 顾宏斌, 郑吉平. 一种基于梯度方向信息的运动目标检测算法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(3): 571-579.
- [6] 张磊, 史金飞, 罗翔. 运动目标检测的差分图像法分析研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2007, 12(3): 7-11.
- [7] 陈凤东, 洪炳镛. 基于动态阈值背景差分算法的目标检测方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37(3): 883-884.
- [8] 贺强, 晏立. 基于 LOG 和 Canny 算子的边缘检测算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(3): 207-209.
- [9] Gupte S, Masoud O, Martin R F O, et al. Detection and Classification of Vehicles[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(1): 37-47.