

基于三帧差分法和滑动平均背景的运动目标检测

周 晓, 方玫琳, 郑定超

(浙江工业大学 信息工程学院, 杭州 310023)

摘要: 针对传统三帧差分法在前景提取中容易出现“空洞”现象, 对传统三帧差分法作改进, 采用逻辑“或”代替原来的逻辑“与”, 但同时产生了运动目标被拉长, 轮廓模糊等问题; 为了有效解决该问题, 将滑动平均法和改进的三帧差分法相结合, 然而滑动平均法初始阶段更新背景较慢, 因此二者有效结合的关键是对滑动平均法作改进, 提出一种自适应更新滑动平均系数加速背景更新的方法; 最后将改进三帧差分法提取的前景和改进滑动平均法提取的前景进行逻辑“与”运算得到综合前景图像; 实验结果表明该算法在完整性、准确性以及实时性方面能满足实际要求。

关键词: 三帧差分改进; 改进滑动平均背景; 自适应更新滑动系数; 运动检测

Motion Object Detection Based on Three Frame Differencing and Sliding Average Background Method

Zhou Xiao, Fang Jiulin, Zheng Dingchao

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: In view of the traditional three frame difference method in the foreground extraction is easy to appear "hollow" phenomenon, make improvement on the traditional three frame difference method, use the logical "or" instead of the original logic "and", but at the same time produce a moving target is elongated and contour blurring problem. In order to effectively solve the problem, combined the sliding average background method with improved three frame difference, however in the initial phase the sliding average background to update the background is slow, therefore the key of effective combination of the two method is to improve the sliding average method, puts forward an adaptive update moving average coefficient of acceleration background updating method. Finally improved three frame difference extracted foreground and the foreground of improved sliding average method to logic "and" to get comprehensive foreground image. Experimental results show that the algorithm can quickly and completely and accurately detect moving targets and meet the needs of real-time detection.

Keywords: three frame difference improvement; sliding average background improvement; adaptive updating sliding coefficient; motion detection

0 引言

运动目标检测是从视频系列图像中将运动区域进行提取的过程。运动区域的有效分割对于目标识别, 跟踪和行为理解等后期处理工作异常关键, 因为后期的处理过程仅仅考虑图像中对应于运动区域的像素。

目前检测运动目标的主要方法有帧差法, 背景减除法和光流法^[1]。帧差法是运动目标检测最为简单快速的方法, 常用的帧差法就是相邻帧间作差, 二值化处理来获取运动区域。帧差法最大的缺点是容易产生“空洞”和“双影”现象^[2], 因此还需结合其它算法进行相关改进。背景减除法通过构造实时背景来进行前景提取, 将当前帧图像和背景图像进行差分并二值化处理来提取前景。背景减除法的关键点就是背景图像的构造, 而背景图像容易受到外界环境的影响, 对光照和场景变化非常敏感, 因此背景准确的自适应更新是背景减除法的关键。光流法是通过研究相邻帧之间像素的瞬时运动速度来确定运动目标, 因此在摄像机处于运动的情况下也能工作, 但是光流法计算复杂, 对硬件的性能要求较高, 除非有特定的硬件支撑, 否则很难实现实时检测, 因此在实际的项目中应用较少。本文提

出一种基于三帧差分法和滑动平均背景相结合的运动目标检测算法, 该算法能解决以上帧差法和背景减除法产生的缺点问题。

1 三帧差分改进

三帧差分法^[3-5]是运动目标检测的常用方法之一, 它通过连续三帧视频图像进行差值并和固定阈值进行比较来提取前景。传统的三帧差分法通过逻辑“与”运算来进行前景提取, 虽然在一定程度上提高了抗噪性能但却容易产生“空洞”问题。本文对传统三帧差分法稍作改进, 用逻辑“或”运算代替原始逻辑“与”运算, 在获取更多运动区域的同时减少了目标内部空洞区域。

1.1 改进三帧差分原理图

主要步骤如下:

1) 采集连续三帧相邻图像 I_{k-2} 、 I_{k-1} 和当前帧 I_k , 灰度化处理, 并做高斯去噪。

2) I_{k-1} 与 I_{k-2} 以及 I_k 与 I_{k-1} 分别做帧差绝对值运算, 得到差绝对值图 $D_1(x, y)$ 和 $D_2(x, y)$, 其中

$$D_1(x, y) = |I_{k-1} - I_{k-2}| \quad (1)$$

$$D_2(x, y) = |I_k - I_{k-1}| \quad (2)$$

3) 对 $D_1(x, y)$ 、 $D_2(x, y)$ 分别进行二值化处理, 其表达式为

收稿日期: 2015-10-29; 修回日期: 2015-12-04。

作者简介: 周 晓 (1971-), 男, 浙江永康人, 副教授, 博士, 主要从事嵌入式应用方向的研究。

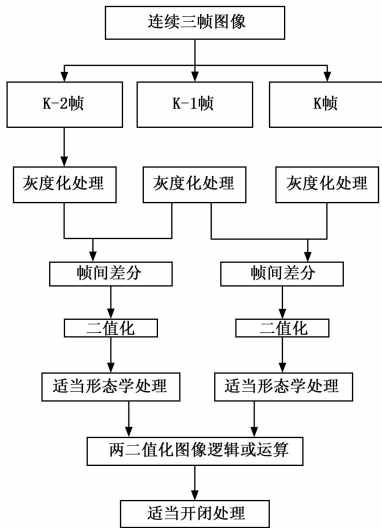


图 1 改进三帧差分原理图

$$D_1(x, y) = \begin{cases} 255, & d_1 \geq T_1 \\ 0, & d_1 < T_1 \end{cases} \quad (3)$$

其中: d_1 为差绝对值图 $D_1(x, y)$ 中像素点像素值, T_1 为设定阈值。

$$D_2(x, y) = \begin{cases} 255, & d_2 \geq T_2 \\ 0, & d_2 < T_2 \end{cases} \quad (4)$$

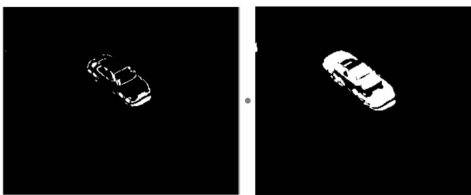
同理 d_2 为差绝对值图 $D_2(x, y)$ 中像素点像素值, T_2 为设定阈值。当差绝对值图 $D_1(x, y)$ 、 $D_2(x, y)$ 像素点像素值大于等于阈值时即认为该像素点为前景像素点, 反之为背景像素点

4) 对二值化结果 $D_1(x, y)$ 、 $D_2(x, y)$ 进行逻辑“或”运算, 表达式如下:

$$DI(x, y) = D_1(x, y) \oplus D_2(x, y) \quad (5)$$

5) 将“或”运算结果 $DI(x, y)$ 进行适当数学形态学开闭处理。

基于以上原理分别用传统三帧差分和改进三帧差分对一段 avi 格式的交通监控视频图像进行前景提取, 检测结果如图 2 所示, 其中图 2 (a) 是用传统三帧差分提取的前景图像, 图 2 (b) 是用改进三帧差分提取的前景图像。



(a) 传统三帧差分 (b) 改进三帧差分

图 2 三帧差分检测前景

图 2 (a) 和图 2 (b) 可以看出, 通过逻辑“或”运算来进行三帧差分的改进在一定程度上能消除传统三帧差分带来的空洞问题, 却造成运动目标拉长, 轮廓模糊的缺点, 因此还需后续算法的相关处理。

2 与滑动平均背景相结合

滑动平均背景 (滑动平均法) 是运动目标检测的常用算法。该算法通过构建背景模型来获取前景图像, 因此能减少前景当中的“空洞”问题, 并且运动目标不会被拉长, 轮廓较清

晰, 但是对光照较为敏感。所以, 本文充分考虑改进的三帧差分以及滑动平均法的优缺点, 通过相结合的方式来实现优缺点互补。

滑动平均背景需要解决的问题是背景图像的构造, 如何构造出高效实用的背景模型来获取背景图像是背景减法的研究重点。背景建模时, 需要考虑外界光照强度变化以及背景的及时更新^[6]。它的基本思想是背景模型建立之后, 将当前帧图像与背景模型相减, 若相减结果的像素大于某一阈值, 则判定当前图像中的这些位置像素区域为运动区域, 反之为背景区域。

$$D_k(x, y) = |X_k(x, y) - B_k(x, y)| \quad (6)$$

$$R_k(x, y) = \begin{cases} 255, & D_k(x, y) > T \\ 0, & D_k(x, y) \leq T \end{cases} \quad (7)$$

其中: $X_k(x, y)$ 为当前帧图像, $B_k(x, y)$ 为背景图像, $D_k(x, y)$ 为差分图像, T 为阈值, $R_k(x, y)$ 为前景图像。255 代表前景区域, 0 代表背景区域。由公式 (6)、(7) 可以看出建立一个合适的背景模型对于前景检测非常重要^[7]。滑动平均法原理流程图如图 3 所示。

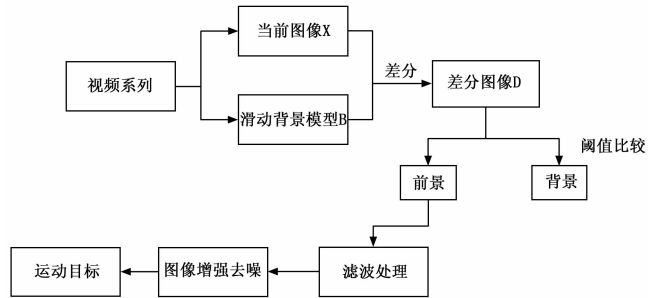


图 3 滑动平均法原理流程图

2.1 滑动平均背景建模

滑动平均背景建模利用以下规则对每个像素进行更新:

$$acc(x, y) = (1 - \alpha)acc(x, y) + \alpha \cdot image(x, y) \quad (8)$$

其中: $acc(x, y)$ 是背景帧, $image(x, y)$ 为当前图像, α 为调节更新率 (即累计数器以多快的速率忘掉前面的帧)。

滑动平均法主要步骤如下:

1) 读取当前一帧, 帧数 i (初始化 $i = 0$) 加上 1, 由 RGB 颜色空间转换成灰度图。对应关系如下^[8]:

$$GRAY = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (9)$$

其中: GRAY 为灰度图像, RGB 为红绿蓝颜色空间。

2) 判断当前帧是不是第一帧, 即 $i = 1$ 是否成立? 如果是第 1 帧就将当前帧 $acc(x, y)$ 作为背景帧, 并建立空帧 $image(x, y) = 0$ 作为后续当前帧, $DB(x, y) = 0$ 作为前景图像帧。如果不是第一帧, 就将当前帧 $image(x, y)$ 和之前背景帧 $acc(x, y)$ 进行相减得到前景图像。如下式所示:

$$DB(x, y) = image(x, y) - acc(x, y) \quad (10)$$

3) 二值化前景图像:

$$DB(x, y) = \begin{cases} 255, & d_3 \geq T_3 \\ 0, & d_3 < T_3 \end{cases} \quad (11)$$

其中: d_3 为差绝对值图 $DB(x, y)$ 中像素点像素值, T_3 为设定阈值。当像素点像素值大于等于阈值时即认为该像素点为前景像素点, 反之为背景像素点。

4) 将二值化结果 $D_3(x, y)$ 进行相应形态学滤波, 去掉噪音。

5) 更新背景:

$acc(x,y) = acc(x,y) + \alpha \cdot [image(x,y) - acc(x,y)]$ 并返回步骤 1)。

滑动平均法能很好的克服“空洞”问题,且运动目标不会被拉长,轮廓清晰,通过它和改进的三帧差分法进行逻辑“与”运算一方面可以有效克服改进三帧差分所带来的运动目标拉长,轮廓不清晰的缺点,另外一方面可以利用改进三帧差分对光线突变不敏感来弥补滑动平均法对光线敏感的问题。然而滑动平均法刚开始需要一定时间才能使背景趋于稳定,开始时间段相邻背景之间的像素和变化较大,因此初始阶段滑动平均法得到的前景中很多的噪音,这时就需要对滑动平均法进行改进,否则二者结合进行逻辑“与”的初始阶段则是没有意义的,不能消除前面三帧差分所带来的运动目标拉长,轮廓模糊的问题。

2.2 滑动平均法改进

滑动平均法的改进是本文在两种算法结合之后研究的重点问题。因此如何使滑动平均法在初始阶段就能拥有一个较好的前景图像是二者进行逻辑“与”结合的关键。传统的滑动平均法从开始运行到构造的背景稳定下来往往需要超过 10 秒钟左右的时间,显然时间过慢,不符合实时要求。

针对以上问题本文创新性的提出一种通过前后帧构造的背景像素和作差和设定阈值 TH 进行比较来调节滑动平均系数的方法。该方法通过灵活改变滑动平均系数来进行背景更新。

2.2.1 自适应更新滑动平均系数

$$T = \text{sum}(acc(x,y)_{\text{new}}) - \text{sum}(acc(x,y)_{\text{old}}) \quad (12)$$

式(12)中: $acc(x,y)_{\text{new}}$ 为新构造的背景, $\text{sum}(acc(x,y)_{\text{new}})$ 为该背景所有像素值之和, $acc(x,y)_{\text{old}}$ 为前一背景帧, $\text{sum}(acc(x,y)_{\text{old}})$ 为其所有像素值之和。

T 为两个背景帧像素和之差。

- 1) 当差值 $T >$ 阈值 TH , 此时增大滑动平均系数 α 。
- 2) 当差值 $T \leq$ 阈值 TH , 此时减小滑动平均系数 α 。

其中阈值 TH 在实验中根据以下规则进行设定。

$$TH = (T_1 + T_2 + T_3 \dots + T_n) / 2 \quad (13)$$

式(13)中, T_1 到 T_n 分别表示第 1 到第 n 个背景差值。在不更改滑动平均系数 α 的情况下, T_1 的值显然较大, T_n 的值较小。 $T_2 T_3 \dots T_{n-1}$ 的值基本处在 T_1 和 T_n 之间浮动。n 的取值直到背景基本稳定,背景差值基本不变终止。

2.2.2 改进滑动平均法流程

改进的滑动平均法流程图如图 4 所示。

该算法在原始滑动平均法的基础上作改进,将背景差值 T 和设定阈值 TH 作比较,在初始阶段必然存在 $T \geq TH$ 的情况,从而要增大滑动平均系数 α ,加速背景更新,使得背景快速达到稳定状态,当背景接近稳定的时候,背景差值落在 $T < TH$ 范围以内,此时要减小滑动平均系数 α ,以免背景出现大幅度变化而影响到前景检测。 α 根据实验结果确定,在 $T \leq TH$ 时取 0.003,在 $T > TH$ 时取 0.01。

基于以上原理使用传统滑动平均法和改进的滑动平均法分别对视频图像进行前景提取,如图 5 所示,其中图 5 (a) 是传统滑动平均法提取的前景,图 5 (b) 是改进的滑动平均法提取的前景。通过实验结果可以看出改进的滑动平均法克服了传统滑动平均法在背景构造方面耗时较多的缺点,能够自适应快速更新背景,避免在初始阶段前景中出现大量噪音。

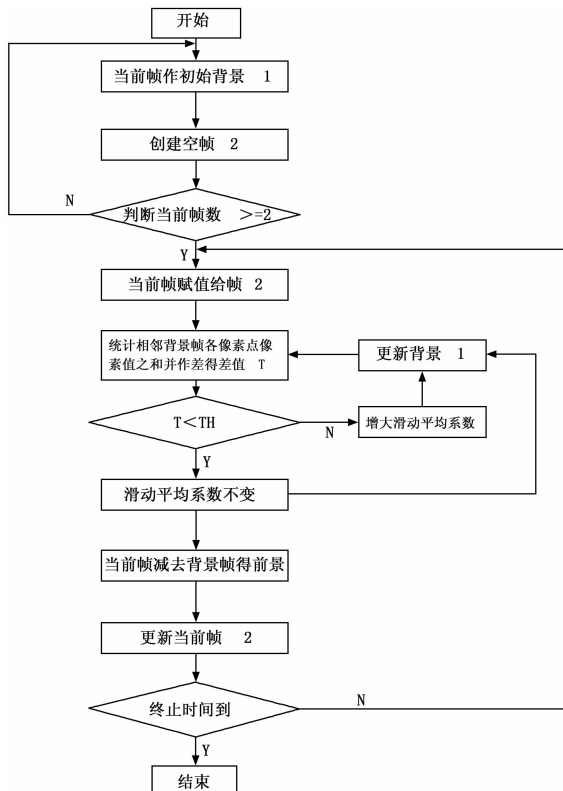


图 4 改进滑动平均法流程图

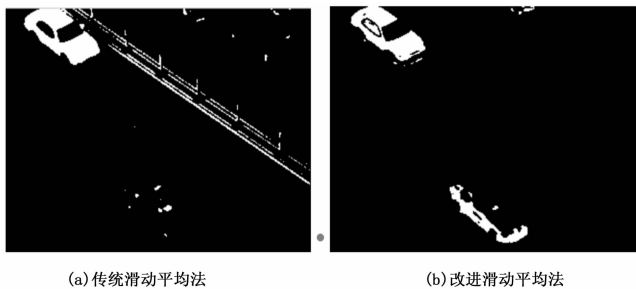


图 5 滑动平均法取前景

最后将改进三帧差分得到的前景图像 $DI(x,y)$ 和改进滑动平均法得到的前景图像 $DB(x,y)$ 进行逻辑“与”运算得到综合前景图像 $D(x,y)$ 。算法总流程图如图 6 所示。

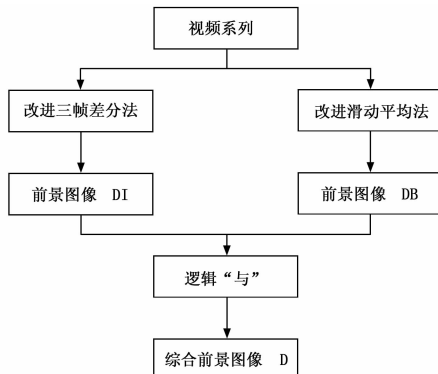


图 6 算法总流程图

后续的测试性改进设计中可从 3 个方面入手：1) 针对特定的未检测出来的故障模式开展测试性设计，提高检测率；2) 增加测试点，减小模糊组，提高故障隔离率；3) 优化测试点，进一步提高测试使用率。

表 4 测试性分析结果

故障模式	45
测试数量	17
未检测故障数量	5
未使用测试数量	1
故障覆盖率	88.9%
故障检测率	88.9%
故障隔离覆盖率	30. %
故障隔离率	30. %
平均模糊组大小	2.8

5 结束语

本文基于多信号模型，结合工程实践给出了测试性知识获

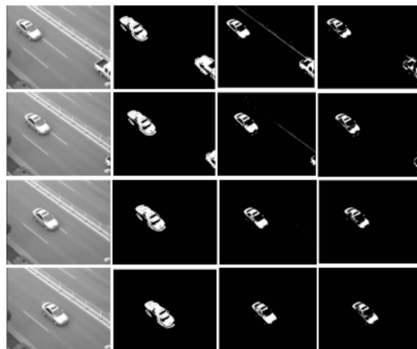
(上接第 34 页)

3 实验结果与分析

为了验证本文算法的有效性，实验选取了一段交通监控 avi 格式视频进行测试。实验平台硬件为普通 PC 机 (Pentium 1.87 GHz CPU, 内存 2 G)，软件为 VC++6.0、OpenCV 机器视觉开源库。

本文分别使用改进三帧差分法，改进滑动平均法以及本文提出二者结合的方法进行实验，检测结果效果图如图 7 所示。

检测结果图 7 中第一列为原始图像，第二列为使用改进的三帧差分检测的结果，第三列为使用改进的滑动平均法检测的结果，第四列为二者结合的方法检测的结果。图中第一排为视频帧第 220 帧的效果图，第二排为第 225 帧的效果图，第三排为第 230 帧的效果图，第 4 排为第 235 帧的效果图。



原始图像 改进三帧差分 改进滑动平均 二者结合

图 7 检测结果效果图

从实验结果可以看出，改进的三帧差分虽然在“空洞”问题上有所提高，但是将运动目标拉长了从而得到的前景图像比原图像要大，并且目标轮廓不是很明显。改进的滑动平均法虽然相对于改进之前加速了背景更新速度，前景中的噪音减少许多，但是开始之初还是存在少许噪音，如图 7 第三列前两幅图像所示，滑动平均法另外一个不足之处是对光照比较敏感，

取的方法，突破了测试性建模过程中的难点，进一步给出了建模的工程化操作流程。实例表明测获取试性知识的方法及内容正确、有效，操作流程可行。测试性分析的结果能够在设计阶段较准确的评估测试性设计是否满足既定的指标，并指出了进一步改进的方向。

参考文献:

[1] 连光耀, 黄考利, 吕小明, 等. 基于混合诊断的测试性建模与分析 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (5): 601-603.
 [2] 欧爱辉. 一种基于多信号流图的雷达系统测试性建模分析方法 [J]. 兵工自动化, 2014, 33 (4): 56-60.
 [3] 杨智勇. 一种基于模型的 FMECA 自动化方法与实现 [J]. 微计算机信息, 2009, 25 (7): 106-108
 [4] 刘海明, 易晓山. 多信号流图的测试性建模与分析 [J]. 中国测试技术, 2007, 33 (1): 49-50.
 [5] 林志文, 贺 喆, 杨士元. 基于多信号模型的雷达测试性设计分析 [J]. 系统工程与电子技术, 2009, 11: 2781-2784.
 [6] 石君友, 张 鑫, 邹天刚. 多信号建模与诊断策略设计技术应用 [J]. 系统工程与电子技术, 2011, 339 (4): 811-815.

基于以上情况本文将两种方法结合起来，得到的前景图像如图 7 第四列所示，该方法可以避免光照的影响得到前景图像中几乎没有噪音，同时可以克服图像被拉长，轮廓不清晰及“空洞”问题。

4 结论

本文在传统三帧差分和滑动平均法的基础上作改进提出了一种基于三帧差分与滑动平均背景相结合的运动目标检测算法，该算法能够适应复杂的环境背景，允许在有运动目标的情况下进行背景建模，同时能克服光照对滑动平均法的影响，以及滑动平均法在初始阶段背景建模所需时间过长的不足，同时又能消除改进三帧差分所带来的运动目标拉长，轮廓不明显以及“空洞”问题，抗干扰性强，可以获得关于运动目标更为完整精确的区域。

参考文献:

[1] 於正强, 潘 赞, 宦若虹. 一种结合帧差法和混合高斯的运动检测算法 [J]. 计算机应用与软件, 2015, 32 (1): 129-132.
 [2] 丁 磊, 富宁生. 基于改进的三帧差分法运动目标检测 [J]. 电视技术, 2013, 37 (1): 151-153.
 [3] 吕国亮, 赵曙光, 赵 俊. 基于三帧差分和连通性检验的图像运动目标检测新方法 [J]. 液晶与显示, 2007, 2 (1): 87-92.
 [4] 徐卫星, 王兰英, 李秀娟. 一种基于 Open-CV 实现的三帧差分运动目标检测算法研究 [J]. 计算机与数字工程, 2011, 11 (1): 141-144.
 [5] 魏 武, 龚树锋, 龚树超. 一种改进的基于视频的车辆检测与识别方法 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (1): 20-22
 [6] 莫 林, 廖 鹏, 刘 勋. 一种基于背景减除与三帧差分的运动目标检测算法 [J]. 微计算机信息, 2009, 25 (4): 274-276.
 [7] 卢章平, 孔德飞, 李小蕾, 等. 背景差分与三帧差分结合的运动目标检测算法 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (12): 3315-3318
 [8] 邱联奎, 刘启亮, 雷文龙. 基于背景减除与三帧差分相融合的运动检测 [J]. 合肥工业大学学报, 2014, 37 (5): 572-577.