

基于 HEVC 的车辆异常事件检测

常同伟¹ 梁久祯² 吴 秦¹ 王念兵¹

(1. 江南大学物联网工程学院物联网技术应用教育部工程研究中心, 无锡, 214122; 2. 常州大学信息与工程学院, 常州, 213164)

摘要: 当前传统交通事故检测和查阅主要通过人工监测的方法, 这种方法效率低且实时性差, 本文提出一种基于最新压缩域视频编码标准 HEVC(High-efficiency video coding)的车辆异常事件检测方法。首先对 HEVC 码流中提取出的运动矢量信息进行运动矢量累积迭代和中值滤波的预处理, 之后根据提取出的块划分信息和运动矢量信息计算运动对象的运动强度, 然后根据运动强度值和八连通区域法提取出运动对象, 最后根据空间距离法和运动强度判别法检测出视频序列中发生的车辆异常事件。实验证明, 该方法可以准确地检测出视频序列中发生的车辆异常事件; 对于有着快速移动的运动目标以及多个运动目标的视频效果更好。

关键词: HEVC; 运动矢量; 运动强度计算; 运动对象提取; 异常事件检测

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

Vehicle Abnormal Event Detection Based on High-Efficiency Video Coding

Chang Tongwei¹, Liang Jiuzhen², Wu Qin¹, Wang Nianbing¹

(1. Engineering Research Center of Internet of Things Technology Applications Ministry of Education, School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi, 214122, China; 2. School of Information Science & Engineering, Changzhou University, Changzhou, 213164, China)

Abstract: Traditional methods of traffic accident detection and review are mainly through manual monitoring. To overcome the low efficiency and poor performance of those methods, we proposed a vehicle abnormal event detection method based on the up-to-date video coding standard HEVC(High-efficiency video coding). Firstly, we extract the motion vector information from HEVC bit-stream to proceed cumulative iteration and median filtering. After that, we calculate the motion intensity value of the moving objects based on block partition and motion vector information, and then extract the moving targets according to the motion intensity value and eight-neighbored region method. Finally, we detect the vehicle abnormal events from the video sequence using the space distance and motion intensity evaluation method. Experimental results show that the proposed method can accurately detect the abnormal events in video sequence, especially for those videos with fast-moving objects and multiple moving targets.

Key words: HEVC(High-efficiency video coding); motion vector; motion intensity count; moving object extract; abnormal event detection

引 言

当前对车辆异常事件检测主要通过事后人工查看事发视频再进行处理的方式,这种方式费时费力存在种种弊端^[1-4]。首先现有的交通事故监测方法均是通过采集高发事故发生地以及交通事故车速等参数,对事故发生地点的道路状况进行定量和定性分析。而对单个交通事故的判定仍需要依赖对具体事故视频的回看、现场调查等方式进行,增加了交通事故鉴定的复杂性和鉴定时间。其次大量的监控设备和长时间的实时监控需要非常大的存储空间来保存监控视频,交通管理部门一般将拍摄后较长时间未使用的监控视频进行删除,就可能将未处理的交通事故视频误删除,引发事故当事人同交通部门的冲突。因此,自动从视频的异常事件中检测和分割出运动对象很有必要,以便将监控视频中交通事故发生过程的相关视频都提取出来,从而大大提高查阅视频的效率。运动对象检测是指将所要研究的运动对象从建模背景中检测或者标记出来。当前运动对象检测的方法主要是基于像素域和压缩域,在像素域中的分割方法有帧差法、光流场法和背景差法等,这些方法分割精度较高,但由于视频分辨率越来越高,从高清(720p,1080p)向超高清(4K,8K)方向发展,逐个像素处理运算量大,像素域方法处理速度受限且计算消耗过大。而基于压缩域的方法虽然精度不高,但是其快速的分割速度使其在视频检索和监控领域发挥了重要的作用。

近些年来对压缩域的运动目标检测和分割算法主要应用 2003 年制定的视频编码标准 H. 264/AVC,使用的运动特征是运动矢量(Motion vector, MV)和离散余弦变换(Discrete cosine transform, DCT)系数。运动矢量反映了两帧之间宏块的大小和运动方向,反映了运动对象的运动特征。Chen 等人^[5-7]提出的 MRF(马尔科夫随机场)分割方法是先将运动区域从 MV 信息中粗提取,然后再对边界信息进行提炼,但由于引入了像素信息使得复杂度增高;Zeng 等人^[8]利用 MV 信息和运动目标在时空域上的相关性建立基于块的 MRF 模型,实现对运动目标的分割和提取,具有较低的计算复杂度;Liu 等人^[9]对 MV 进行归一化累计增强之后,利用统计区域生长分割 MV 场,并结合 MV 的相位直方图提取运动区域;Rapantzikos 等人^[10]则是将压缩域中的运动矢量场看作光流场,并且通过对鲁棒的、增加的、密集的光流场进行估计得到运动目标。在交通事故检测方面,IBM 公司也利用车辆的实时监测技术开发出了智能监测系统,该智能检测系统可以通过跟踪检测目标获得目标轨迹,然后利用机器学习技术开发了交通事件判别模型,以此实现交通事件自动检测^[11]。Kamijo 等人^[12-13]通过研究事件自动检测系统,提出时空马尔科夫随机场(ST-MRF)算法,并基于此算法结合实际路况对拥挤车辆进行跟踪,成功识别了拥挤车辆转弯掉头、发生碰撞等事件。李月娥等人^[14]提出了一种通过在交通视频序列中检测烟雾、碎片以及目标速度锐减突变等特征来判断是否有交通事故的发生的方法。赵小军等人^[15]提出一种基于 Matlab 图像识别和处理技术的车辆检测方法,减轻了操作者的劳动强度,弥补了人在视觉与反应方面的补足。

随着视频分辨率和质量的提高,2013 年 HEVC(High-efficiency video coding)编码标准发布^[16]。相较于 H. 264/AVC 标准,HEVC 的架构大致与 H. 264 相似,主要包含帧内预测、帧间预测、转换、量化、去区块滤波器和熵编码模块,不同的是 HEVC 将宏块的大小从 16×16 扩展到了 64×64 ,以便于高分辨率视频的压缩,同时采用了更加灵活的编码结构来提高编码效率,包括编码单元(Coding unit, CU)、预测单元(Prediction unit, PU)和变换单元(Transform unit, TU),在处理同等质量的视频的时候,码率比 H. 264 节省将近 50%。近年来在 HEVC 上进行视频运动对象分割的算法不多, Li 等人^[17]通过计算运动对象的运动强度来分割出目标并进行运动强度计算的预测。

上述 H. 264/AVC 的一些算法只是对视频序列中的运动对象进行了提取和分割,并未对目标的行为作出预测。本文提出了一个基于 HEVC 的车辆异常事件检测方法,在背景静止的监控视频中,利用 HEVC 中的块划分结构和 MV 信息,计算出运动对象的运动强度,将运动强度大的目标区域提取出来,

再对目标区域进行预测和分析,从而检测出发生异常事件的车辆。通过多个视频序列的测试得到较好的检测结果。

1 MV场滤波算法

本节主要介绍如何从监控视频序列中提取运动对象的运动特征以及后续对MV场的方法的流程图(见图1)。

1.1 运动特征提取

在HEVC中,一幅图像可以被划分为若干个互不重叠的编码树单元(Coding tree unit, CTU),在CTU内部采用基于四叉树的循环分层结构,同一层次上的编码单元具有相同的分割深度。一个CTU可能只含有一个CU,也可能被划分为多个CU。相比于H.264/AVC的宏块划分方法,首先HEVC的编码单元大小可以大于传统的宏块大小(16×16),对于平坦区域用一个较大的编码单元编码可以减少所用的比特数,提高编码效率;其次通过合理地选择CTU大小和最大层次深度,编码器的编码结构可以根据不同的图片内容、图片大小以及应用需求获得较大程度的优化。图2是一幅图像的CTU划分为CU的示意图。

1.2 MV场预处理

由于从压缩码流中得到的运动向量含有大量噪声,运动矢量并不能代表对象真实的运动情况,且外部环境变化或者摄像头的抖动都可能在码流中产生相应的运动矢量。因此在目标检测前必须先将这些噪声运动向量去除,MV场的预处理主要包括运动向量累积和滤波。视频场景中会出现局部的停滞或者突变,为了真实反映视频运动对象的向量,就需要将当前帧前后几帧的运动向量叠加起来:设当前帧为第*t*帧,编码块的中心坐标为(*p*, *q*),与之相对应的运动向量表示为($m_x^{p,q}(t), m_y^{p,q}(t)$),前后*f*帧的运动矢量叠加如式(1)所示

$$(m_x^{p,q}, m_y^{p,q}) = \sum_{i=t-f}^{t+f} (m_x^{p,q}(i), m_y^{p,q}(i)) \quad (1)$$

然后求其平均MV,由式(2)计算

$$N(MV^{t-f \rightarrow t+f}) = \frac{MV^{t-f \rightarrow t+f}}{2f} \quad (2)$$

式中 $N(MV^{t-f \rightarrow t+f})$ 是归一化之后的运动矢量。再通过设置阈值*T*,将噪声MV滤除。根据式(1)和式

(2)得到图3,经过MV的前后向迭代累积后发现运动对象的MV由于其方向的一致性而被突出了,而噪声的MV由于其无序性而被缩小了。MV场经过校正之后可以得到相对平稳的MV场。

通过采用滤波技术得到平滑的MV场,本文采用的是向量中值滤波,中值滤波的优点是在滤除噪声的同时不会模糊边界,且实现比较简单。式(3)为向量中值滤波计算方法

$$mv_c = \text{med}\{mv_i\} \quad i=0,1,\dots,N \times N - 1 \quad (3)$$

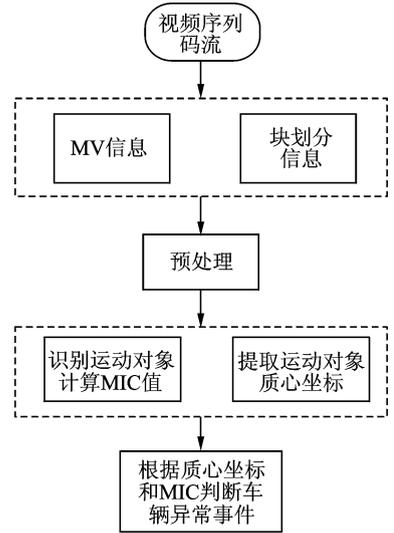


图1 方法流程图

Fig. 1 Flowchart of the proposed method

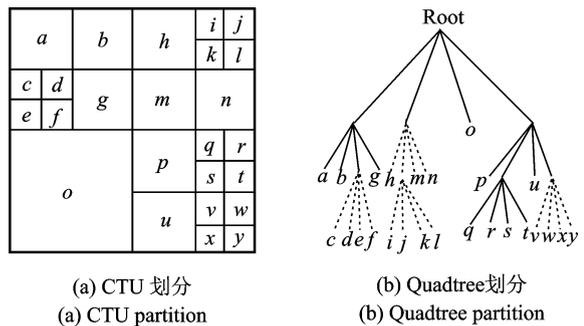


图2 特征信息处理

Fig. 2 Feature information processing

式中 mv_c 是中值滤波的输出结果, mv_i 是滤波窗口中的运动矢量, $med\{\cdot\}$ 是中值滤波函数, $N \times N$ 是滤波窗口大小。

2 运动强度计算

在 HEVC 中,每一帧首先被分成相等大小的最大编码单元块 (Largest coding unit, LCU), 每一个 LCU 再被递归地分成更小的块。每一个最小的块被看成是 PU, 而对于每一个帧间编码的 PU, 都会有一个运动矢量指向参考帧中的最佳匹配位置。根据对图像每一帧中 MV 场和分块信息的观察和分析, 包含强烈运动的 LCU 有着更大的运动矢量, 分区也更细致, 所以根据文献[17]中提出的一个运动强度计算 (Motion intensity count, MIC) 的概念, 本文提出一种改进之后的运动强度公式

$$MIC = \sum_{i \in \sigma} (\|MV_i\| * area(CU_i) * (0.2 * length(CU_i))) \quad (4)$$

式中: $\{MV_i | i \in \sigma\}$ 是指在同一个 LCU 下运动矢量的集合, $area(CU_i)$ 是包含在当前 LCU 中含有运动矢量的编码单元的面积大小, $length(CU_i)$ 是当前 CU 块的边长。通过式 (4) 可以看出, 在一个 LCU 中, 运动矢量越大, 则 MIC 的值越大; 区块划分越细致, MIC 的值也越大。图 4 举例说明了包含一个 LCU 中的 MIC 值的计算方法。

通过图 5 可以展示 MIC 在实际视频序列中的计算方法, 图 5(a) 是视频中包含运动矢量信息和块划分信息的一帧图像, 图 5(b) 是同一帧中 MIC 的计算结果。可以看出, 在每一个 LCU 中, 块划分得越细, 运动矢量越大, 也就是表明在这个 LCU 中运动对象有着更强烈的运动。

相较于文献[17]中的方法, 本文算法在考虑运动矢量大小信息的同时也引入了块划分信息对于 MIC 值的影响。在静止或者平滑区域, 有运动对象的可能性更小, 则给予较小权值; 相反, 在块划分得更细致的区域则给予较大权值, 从而可以更好地消除噪声运动矢量带来的干扰, 得到更加接近实际交通状态下运动对象的 MIC 值。作为修改后的算法和文献[17]中的算法进行对比。如图 6 所示, 第 43 帧中文献[17]的算法将左上角行人的 MIC 值也计算出来, 这对于车辆

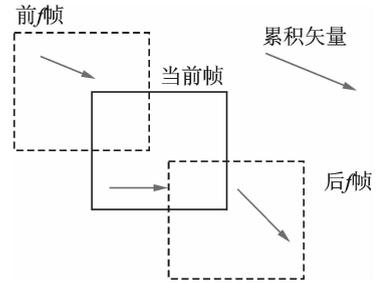


图 3 运动矢量累积

Fig. 3 Motion vector accumulation

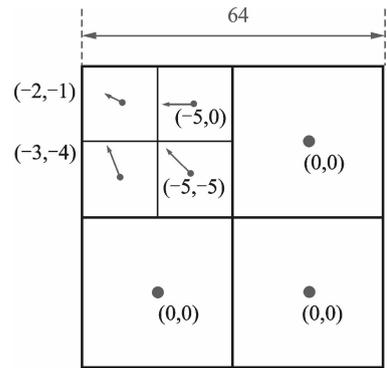


图 4 MIC 计算举例

Fig. 4 Example of MIC calculation



(a) 原始帧分块和运动矢量信息

(a) Original frame with partition and MV information



(b) 一帧中每一个最大编码单元和对应的运动强度值

(b) Each of the LCU and its corresponding MIC in a frame

图 5 真实视频 MIC 计算方法举例

Fig. 5 Real world example of MIC calculation

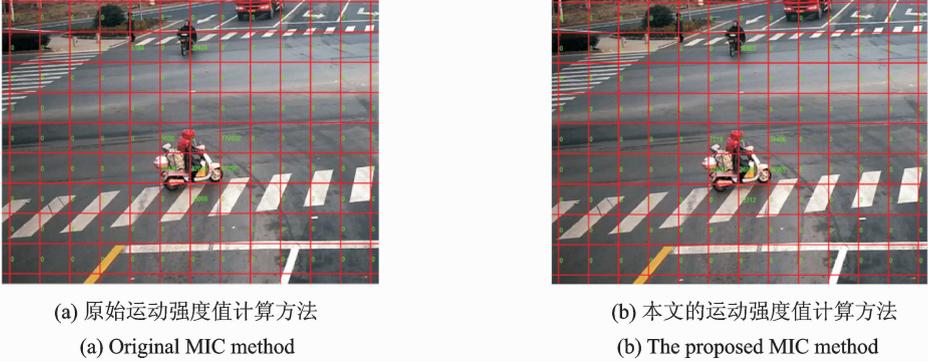


图 6 MIC 原始算法和本文算法对比

Fig. 6 Comparison of original and the proposed methods

检测是干扰项。而在本文方法中已自动滤除行人目标,且对于较大 CU 块的 MIC 值起着抑制作用,减小了因运动矢量提取不准确而带来的影响。

3 车辆异常事件检测方法

3.1 运动对象提取

通过前面的预处理模块,很容易得到当前监控视频中是否存在运动目标,以及运动目标状态等信息。可以利用这些数据对运动目标进行运动趋势分析,分析其在下一帧视频图像中的位置、运动强度等信息。对于运动的前景目标,采用八连通区域法^[18]对前景图像进行连通区域标定。对于常用的监控视频图像,连续两帧图像的间隔时间很小,所以运动目标检测中车辆位于连续两帧图像中的位移也很小,所以将运动车辆在相邻两帧图像之间的移动近似认为是刚性物体的匀速直线运动,同一车辆所在区域的质心坐标点移动的距离及其高度、宽度的变化也不大。

基于上述理论分析,可以从监控视频中提取出运动对象所在的连通区域。再通过实验分析,根据经验设置一个针对当前视频的百分比阈值 δ^s ,当提取出的区域面积小于 δ^s 时则滤除,判定为非机动车目标。同时可以得到当前帧运动车辆所在区域的质心位置坐标 $L(x_k, y_k)$ 。

3.2 基于视频车辆异常事件判别方法

两个机动车发生交通异常事件的严重程度通常用速度、距离和时间 3 个参数进行衡量,一般对于交通冲突的判别方法是基于人工观测的方法,主要有空间距离法、时间距离法和能量判别法 3 种。本文方法主要根据空间距离法和运动强度判别法。

当视频图像中存在多个运动目标时,如果各个运动目标在不受其他运动目标影响下正常行驶,其各自的运动前景一定相互独立。如果视频的第 k 帧图像中有两个运动的目标,通过运动目标检测识别为前景目标区域 A 和前景目标区域 B ,分别提取它们在图像中的质心坐标点 $L_A(x_k, y_k), L_B(x_k, y_k)$ 。根据下一帧与当前帧运动目标区域的质心距离来判断两车是否发生冲突可能。计算公式如下

$$d_n = \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2} \quad (5)$$

然后通过实验分析,根据经验设置针对当前视频的阈值 K ,当 $d_n < K$ 时则判断两车发生冲突:一种情况为两车同向或相向行驶但并未发生碰撞,只是在行驶过程中相互遮挡,则后续帧中两车所在区域的 MIC 值不会下降;另一种情况为若是两车所在区域的 MIC 值在后续帧中有明显下降则判定两车发生了交通事故。

而车辆所在区域重合产生交通冲突之后又可主要分为两种情况进行交通事故的判别:(1)两车前景区域重合后未分离状态,即 $d_n < K$ 时,重合区域 MIC 值发生明显的突变,说明交通事故发生;(2)两车前景重合后再次分离状态,分别计算前景重合后再次分离的两车的两个前面目标所在区域的 MIC 值,当 $d_n < K$ 时,两车所在区域的 MIC 值发生明显突变,说明交通事故发生。

4 实验结果与分析

本文实验利用 Visual Studio 2012C 编译器和 MATLAB R2011b。系统参数为:Inter(R),Core(TM),i5-4210H,2.9 GHz,8 GB 内存,操作系统为 Microsoft Windows 10。本文使用 HM10.0 版本的 HEVC 编码器对标准测试序列进行编码,并作为测试用的 HEVC 压缩视频流。所有视频都是通过 IP-PP 编码结构进行压缩,量化参数(QP)为 32。所采用的视频序列来自交通系统监控视频,为固定式摄像头,所以没有考虑摄像头移动对运动矢量的影响,实验中展示的图片均为 Matlab 生成图片的部分截图。本文共对 8 个交通事故监控视频和两个正常交通监控视频进行测试,视频分辨率均为 $1\ 600 \times 1\ 200$,实验结果显示本文算法可以精准地在 10 个测试视频序列中检测出发生异常事件的车辆。本文中实验验证过程分 3 种情形进行比较分析:无干扰正常行驶过程、车辆冲突产生过程和交通事故碰撞过程。

(1) 无干扰行驶过程

车辆在不受其他车辆干扰的情况下行驶时,速度较稳定,运动特征不会有明显的突变,图 7 所示的是在连续多帧中对于运动物体的检测结果,图 8 是该运动物体的 MIC 值变化趋势,可以观察出正常行驶车辆的 MIC 值没有发生大的波动或者突变。

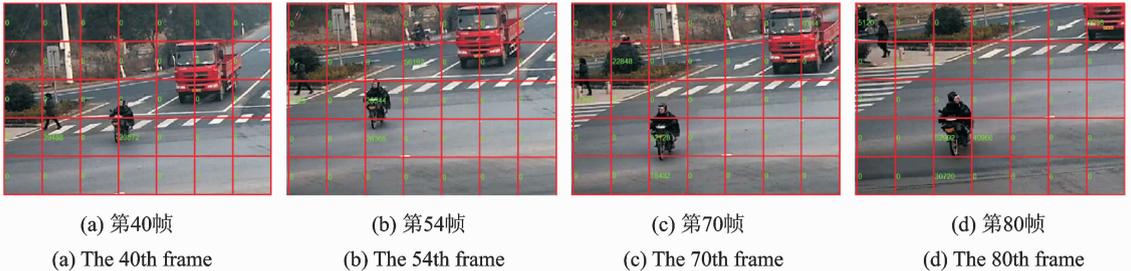


图 7 无干扰行驶目标检测

Fig. 7 Moving object detection without disturbance

(2) 车辆冲突产生过程

车辆在行驶过程中产生交通冲突时,正常行驶受到干扰后车辆所在前景区域会发生重合。在第 2 帧时,两车相互独立行驶,检测为两个运动目标,当两车所在区域的质心之间距离 $d_n < K$ 时,两个运动目标合并为一个,通过运动前景的最小外接矩形框获得运动目标冲突过程中车辆的 MIC 值,此时统计发现冲突过程中两车的 MIC 值和冲突之前两车各自的 MIC 值之和没有发生突变。当行驶到第 15 帧时 $d_n > K$,两车完全分离,且统计结果显示两车的 MIC 值之和与之前统计结果相比也没有发生突变。车辆冲突产生过程图 9 所示,两车只是擦肩而过并没有发生碰撞。根据图 10 统计的 MIC 值变化趋势可发现从第 2 帧两车分离到第 8 帧两车前景区域重合再到第 15 帧两车再次分离, MIC 值没有发生突变,所以可以判定两车没有发生交通事故。

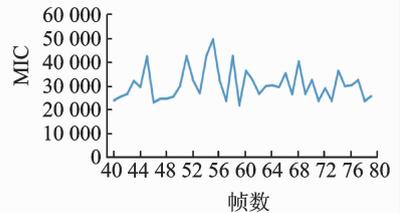


图 8 正常行驶车辆 MIC 变化趋势
Fig. 8 MIC tendency of normal vehicle

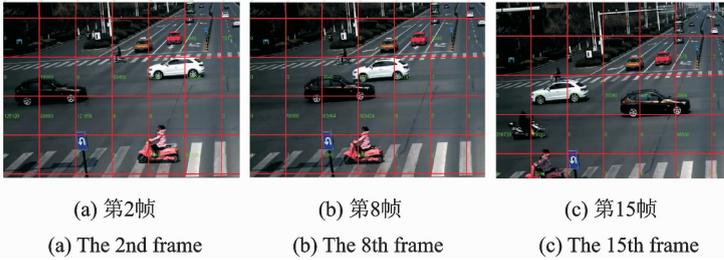


图 9 车辆冲突产生过程

Fig. 9 Process of vehicle conflict

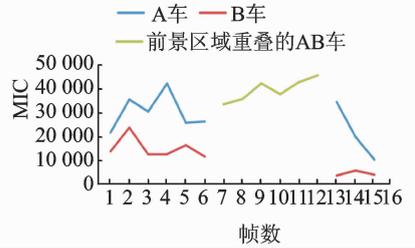


图 10 冲突前后 MIC 变化趋势

Fig. 10 MIC tendency before and after conflict

(3) 车辆事故碰撞过程

通过交通事故碰撞视频进行实验验证,视频中 A 车和 B 车发生碰撞,碰撞前 B 车减速,碰撞后两车未分离,构成新的区域块,通过计算得到冲突之后 A、B 两车作为一个整体速度逐渐减为 0, MIC 值也逐渐减为 0, 目标检测结果如图 11 所示。其中第 60 帧至第 70 帧为碰撞前行驶阶段,两车相互独立行驶检测为两个运动目标。根据运动前景的最小外接矩形框获得 A、B 两车的质心坐标,如图 11 中黄色矩形框所标记的车辆前景目标区域,并根据式(5)判断两车是否发生冲突——前景目标区域是否重合,同时计算出区域内 MIC 的总和。第 70 帧到 100 帧为发生冲突至冲突停止阶段,可以看到 A 车在和 B 车相撞之后并未分离。

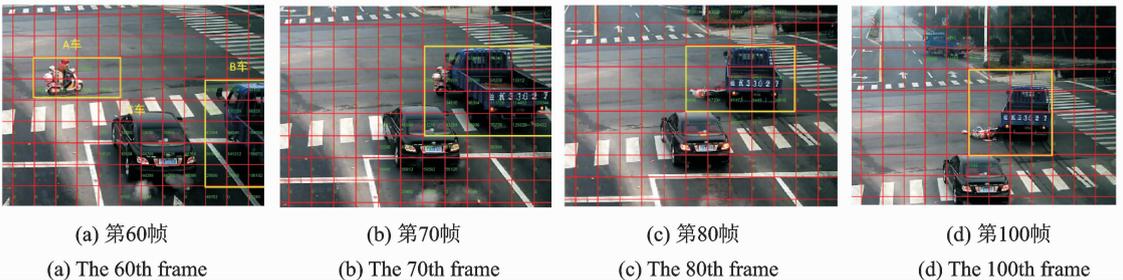


图 11 车辆事故碰撞过程

Fig. 11 Process of vehicle collision accident

根据图 12 统计的 MIC 的变化趋势可以发现, B 车在第 60 帧驶入画面所以开始的 MIC 较小,但是由于其速度较大, MIC 值很快在 64 帧处达到最高,在第 64 帧到第 70 帧之间 MIC 值又急剧下降说明 B 车有个紧急减速。而 A 车在碰撞发生之前 MIC 值一直很高,说明 A 车在碰撞前有着较大的速度且和 A 车类似在碰撞发生前均有减速行为。而在第 70 帧至第 100 帧观察 MIC 值的变化可以发现,两车所在前景区域重叠之后, MIC 值逐渐降低为 0, 也就是两车同时停止了运动。因此根据车辆质心距离和 MIC 值发生突变的情况可以判断两车发生了交通事故。在 A、B 两车发生事故期间, C 车的 MIC 值总体呈现下降趋势但并未发生突变,所以判断 C 车是一个匀减速过程。

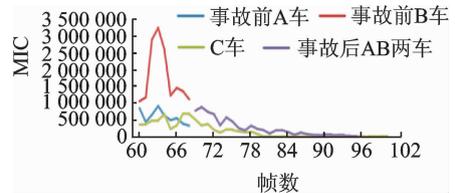


图 12 碰撞前后 MIC 变化趋势

Fig. 12 MIC tendency before and after crash

5 结束语

本文基于 HEVC 压缩域中块划分结构和相对应的运动矢量信息,根据运动强度计算(MIC)方法提取出运动对象所在区域并提出基于视频的车辆异常事件判别方法。首先对 HEVC 中提取出的运动矢量信息进行运动矢量累积迭代和中值滤波的预处理,之后根据提取出的块划分信息和运动矢量信息计算运动对象的运动强度,然后根据 MIC 值提取出运动对象,最后根据空间距离法和运动强度判别法检测出视频序列中发生的车辆异常事件。通过对 10 个视频序列的测试,本文方法都能准确检测出视频中发生的异常事件,特别是对于高分辨率、有较大运动目标和多个运动目标的视频。但是当运动目标较小,或者出现目标被长时间遮挡时,本文方法表现不够稳定,这也是下一步工作需要改进的地方。

参考文献:

- [1] Zhao T, Nevatia R. Tracking multiple humans in complex situations[J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2004, 26(9): 1208-1221.
- [2] 王素玉, 沈兰荪, 李晓光. 一种用于智能监控的目标检测和跟踪方法[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(8): 2393-2395.
Wang Suyu, Shen Lansun, Li Xiaoguang. Object detection and tracking method for intelligent surveillance[J]. Application Research of Computers, 2008, 25(8): 2393-2395.
- [3] 高朝晖, 黄卫. 高速公路交通管理系统的应用研究[J]. 公路交通科技, 2000, 17(4): 44-46.
Gao Chaohui, Huang Wei. Study on freeway traffic management system [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2000, 17(4): 44-46.
- [4] 何云, 许建龙, 孙树森, 等. 一种改进的视频监控背景更新算法[J]. 浙江理工大学学报, 2010, 27(4): 585-589.
He Yun, Xu Jianlong, Sun Shusen, et al. An improved algorithm for background updating in video surveillance [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2010, 27(4): 585-589.
- [5] Chen Y M, Bajic I V, Saeedi P. Motion segmentation in compressed video using Markov random fields[C]// Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on. Singapore:[s. n.], 2010: 760-765.
- [6] Chen Y M, Bajic I V, Saeedi P. Moving region segmentation from compressed video using global motion estimation and Markov random fields[J]. Multimedia, IEEE Transactions on, 2011, 13(3): 421-431.
- [7] Chen Y M, Bajic I V. A joint approach to global motion estimation and motion segmentation from a coarsely sampled motion vector field[J]. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol, 2011, 21(9): 1316-1328.
- [8] Zeng W, Du J, Gao W. Robust moving object segmentation on H.264/AVC compressed video using the block-based MRF model[J]. Real-Time Imaging, 2005, 11(4): 290-299.
- [9] Liu Z, Xu J F, Lu Y. A real-time H.264 compressed domain based moving object segmentation algorithm[J]. Journal of Image and Graphics, 2006, 11(11): 1614-1618.
- [10] Rapantzikos K, Zervakis M. Robust optical flow estimation in MPEG sequences[C]// Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005. Proceedings(ICASSP'05). Philadelphia; IEEE, 2005, 2: ii/893-ii/896.
- [11] Tseng B L, Lin C Y, Smith J R. Real-time video surveillance for traffic monitoring using virtual line analysis[C]//Multimedia and Expo, 2002 IEEE International Conference on. Piscataway; IEEE, 2002, 2: 541-544.
- [12] Kamijo S, Ikeuchi K, Sakauchi M. Event recognitions from traffic images based on spatio-temporal markov random field model[C]//8th World Congress on ITS. Sydney:[s. n.], 2001: 1-12.
- [13] Kamijo S, Matsushita Y, Ikeuchi K, et al. Traffic monitoring and accident detection at intersections[J]. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, 2000, 1(2): 108-118.
- [14] 李月娥, 申海洋. 车辆交通事故视频监测算法研究[J]. 测试技术学报, 2014, 28(4): 349-354.
Li Yue'e, Shen Haiyang. Research on video detection algorithm of vehicle traffic accident[J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2014, 28(4): 349-354.
- [15] 赵小军, 林晨, 黄柳仙, 等. 基于 MATLAB 图像处理的车辆检测与识别[J]. 数据采集与处理, 2009, 24(B10): 141-143.
Zhao Xiaojun, Lin Chen, Huang Liuxian, et al. Vehicle detection and recognition of MATLAB-based image processing method[J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2009, 24(B10): 141-143.

- [16] Sullivan G J, Ohm J, Han W J, et al. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard[J]. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 2012, 22(12): 1649-1668.
- [17] Li H, Zhang Y, Yang M, et al. A rapid abnormal event detection method for surveillance video based on a novel feature in compressed domain of HEVC[C]//*Multimedia and Expo (ICME), 2014 IEEE International Conference on*. Chengdu:IEEE, 2014: 1-6.
- [18] 陈柏生. 一种二值图像连通区域标记的新方法[J]. *计算机工程与应用*, 2006, 42(25): 46-47.
Chen Baisheng. A new algorithm for binary connected components labeling[J]. *Computer Engineering and Application*, 2006, 42(25): 46-47.

作者简介:



常同伟 (1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 软件 engineering 理论, E-mail: 512884114@qq.com。



梁久祯 (1968-), 男, 教授, 研究方向: 视频运动识别、分析、跟踪, E-mail: jzliang@cczu.edu.cn。



吴秦 (1978-), 女, 副教授, 研究方向: 计算机视觉、模式识别, E-mail: qinwu@jiangnan.edu.cn。



王念兵 (1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 软件 engineering 理论, E-mail: nianbingwang@163.com。

(编辑: 张彤)

