

基于视频的车辆违章监测方法

肖习雨, 张昌凡, 龙永红

(湖南工业大学, 湖南 株洲 412008)

摘要: 基于视频的车辆违章监测系统通过背景建模和背景差分法检测视频帧出现的车辆, 跟踪已有车辆, 建立新出现车辆信息, 并预测下一帧车辆位置, 结合当前时刻信号灯状态和车辆位置对车辆是否违章作出判断, 若车辆违章则触发抓拍信号, 并将车辆信息和返回的高清图片组合成1条完整的违章信息。实验测试中系统运行实时稳定, 各种天气环境、不同路口和交通车流下均有较高的鲁棒性和准确率。

关键词: 车辆违章监测; 背景差分法; 自适应背景更新; 车辆跟踪

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)06-0020-04

Video-Based Monitor Method of Vehicle Violation

Xiao Xiyu, Zhang Changfan, Long Yonghong

(Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: Monitors the cars in the video frame by background modeling and background difference method with the video-based monitor system of vehicle violation. Establishes the new-coming car information by tracking the existing vehicle and calculate the car's position of next frame. Proceeds to make a judgement on whether the car violates regulations or not by the state of traffic light and the car's present position. Sends an image-capturing signal as the vehicle violates regulations and combines the vehicle's information and the captured HD pictures into a piece of complete violation information. The operation of the system is stable with high robustness and accuracy under any weather or traffic flow volume.

Keywords: vehicle violation monitor; background difference method; self-adapting background update; vehicle tracking

0 引言

人为的违章事件, 包括闯红灯、违章变更车道、逆行、越线、超速等, 成为交通事故的主要隐患。违章自动检测系统的应用, 缓解了日益繁忙的道路交通管理任务与警力严重不足之间的矛盾, 消除了道路交通管理在时间和空间上的“盲点”, 扩大了交通管理的监控时段和监控范围, 提高了道路安全。早期的自动检测系统主要是通过路基下方埋设感应线圈来获取车辆违章信息, 其优点是精度较高、设备较稳定且具有较高的准确率, 但存在明显不足, 如感应线圈不易安装且易受路面维护影响而被破坏, 导致每隔2~3a就

需要更换, 也给路面带来安全隐患^[1-2]。

由于使用感应线圈方法的缺点和不足, 人们开始研究如雷达、超声波、红外线、微波及视频图像等技术的传感器。近年来随着计算机和图像处理技术的不断发展, 基于视频检测的方法逐渐成熟起来, 已经能满足实际应用的需要。与传统的车辆检测器相比, 基于视频的车辆检测系统具有处理速度快、安装维护便捷且费用较低、可监视范围广、可获取更多种类的交通参数、实时性好、可扩展性强等诸多优点^[1-3]。许多公司研制的车辆违章监测系统均采用视频检测的方法, 如北京文安科技的电子警察系统、深圳中盟科技的闯红灯自动记录系统等。从目前市场情况来看, 车

收稿日期: 2009-10-20

基金项目: 湖南省高等学校科学研究基金资助青年项目(08B019)

作者简介: 肖习雨(1983-), 男, 广东大埔人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为图像处理与智能控制,

E-mail: xiaoxiyu227@21cn.com

辆违章监测系统产品类型繁多, 存在稳定性和适用性差、系统功能单一、格式混乱、厂商参差不齐等问题。

1 基于视频的车辆违章监测系统

本文研究一种基于视频的车辆违章监测系统, 系统总体分为4个模块。车辆检测模块包括背景建模、车辆检测和背景自适应更新, 即通过背景建模, 把当前帧与背景图像作差分, 实时从视频帧中提取车辆信息, 检测当前车辆位置; 车辆跟踪模块包括建立新出现车辆信息、车辆相似匹配和车辆位置预测, 即跟踪已有车辆, 建立新出现车辆信息, 并预测下一帧车辆位置; 违章检测模块包括设定场景参数、接收信号灯状态和判断车辆违章状态, 即结合当前时刻信号灯状态和车辆位置作出车辆违章判断, 对违章车辆则触发一个抓拍信号; 违章信息管理模块将违章视频段、高清图片和车辆特写组合为完整车辆违章信息。系统整体流程如图1。

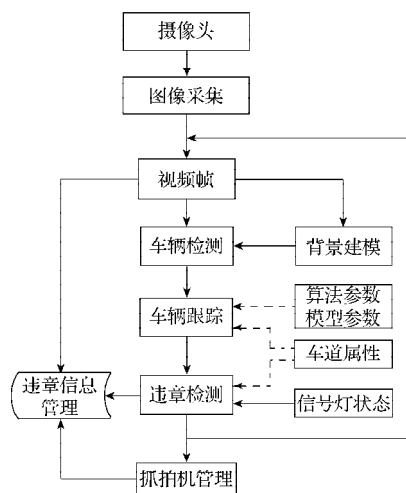


图1 系统流程图

Fig. 1 Flow chart of whole processing

2 基于背景差分法的车辆检测

背景差分法的基本思想是将当前帧与背景图像进行比较, 在得到的差分图中像素灰度值大于某一阈值的像素区域被认为是前景运动目标^[4], 即将每个输入视频帧和1张背景图像相比较, 如果同位置的像素特征、像素区域特征或其他特征存在一定程度的差别, 则新视频帧中这些位置的像素点或像素区域就构成前景运动目标区域, 对这些前景像素点作进一步处理, 即可得到运动车辆位置、大小、形状等信息, 以便进行车辆跟踪^[5-6]。由于路口摄像机固定, 使用背景差分法进行运动检测较容易实现, 且实时性高、检测效果较好, 但背景差分法对背景图像要求较高, 需要较好的背景建模算法提取背景图像。由于光照、天气、路况、周围环境等引起视频图像发生变化, 本文采用一

种自适应背景更新算法实时更新背景图像, 以适应各种条件下视频图像的变化。

2.1 背景建模

自动获取连续的 N 帧图片, 采用一定算法去除图片中的运动物体, 可以得到近似纯背景图像, 本文采用中值法生成背景图像。一般情况下, 一段时间内视频图像的背景至少可以在一半的时间内被观测到, 给定背景初始化时间 t (通常取 $10 \sim 30$ s, 如果车流量较大可再适当延长), 对场景内任意位置点 (x, y) 在时间 t 内的全部像素灰度值排序, 取中间的像素灰度值作为该点对应背景图像的像素灰度值, 即

$$B(x, y) = \text{Median}(f_i(x, y)), \quad (1)$$

式中: i 为所取帧的序号, $i = 1, 2, \dots, t \cdot F$;

F 为图像帧率;

$B(x, y)$ 为背景图像像素灰度值;

$f_i(x, y)$ 为第 i 帧图像像素灰度值。

图2是某路面背景初始化时间取10 s、30 s和60 s时得到的背景图像。

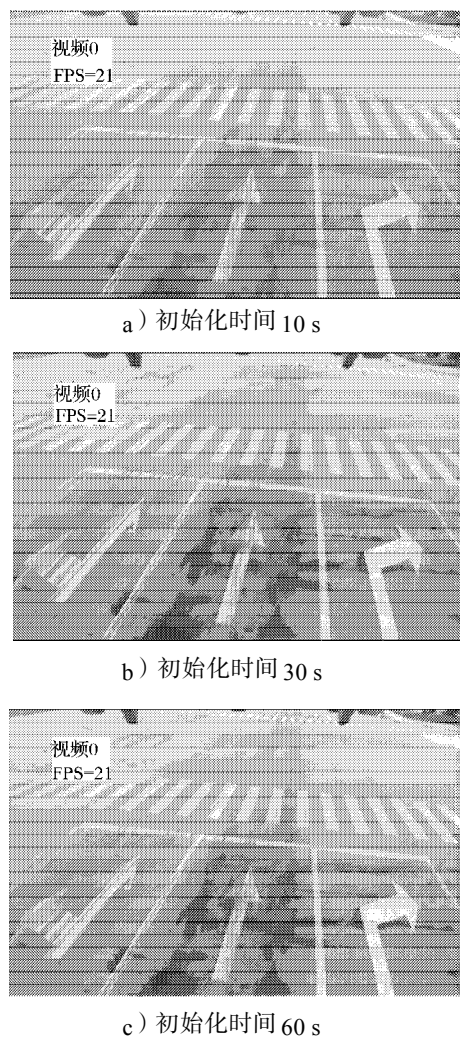


图2 中值法生成的背景图像

Fig. 2 Initializing background Images by median method

2.2 前景检测

背景差分法将差分图中像素灰度值大于某一阈值的像素区域看成前景运动目标,其他像素区域认为是背景图像,这样便得到前景图像二值图。

$$D(x, y) = B(x, y) - f(x, y), \quad (2)$$

$$W(x, y) = \begin{cases} 1 & (|D(x, y)| \geq T_0), \\ 0 & (|D(x, y)| < T_0), \end{cases} \quad (3)$$

式(2)、(3)中: $D(x, y)$ 为当前帧与背景的差分图的像素灰度值;

T_0 为固定前景图像像素灰度值的阈值;

$W(x, y)$ 为前景二值图像像素灰度值。

由于车辆边缘光线、摄像机成像、信号传输等因素的影响,得到的二值图像往往存在大量噪声,对前景二值化图像进行形态学滤波,能去掉大部分噪声。对二值图像按八连通方式得到前景车辆的块,对车辆大小设定阈值,进一步去掉噪声、行人和非机动车的干扰,只留下路面车辆。

2.3 自适应背景更新

背景差分法对路面背景要求很高,背景的实时性直接关系到前景目标检测的准确性,所以要求背景图像需要实时更新,要具有较好的鲁棒性和自适应性,能够实时地反映背景的变化。在背景更新时把背景图像像素分为2类:背景像素和前景像素,针对背景中2类不同的像素采用不同的背景更新方法^[7],对背景图像采用较大的学习概率更新当前像素值,对前景图像则采用较小的学习概率更新当前像素值,间隔一段时间(约10 s)更新一次背景图像,由式(4)表示:

$$B_i(x, y) = \begin{cases} B_{i-1}(x, y) + \alpha [f_i(x, y) - B_{i-1}(x, y)] & (\alpha \ll 1, B_{i-1}(x, y) \in \text{Foreground}), \\ B_{i-1}(x, y) + \beta [f_i(x, y) - B_{i-1}(x, y)] & (\beta \approx 1, B_{i-1}(x, y) \in \text{Background}). \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中: α, β 表示更新系统不同的学习概率。

实验结果表明,把背景图像分2类按不同的更新方法能适应背景的各种变化,在不同场合下均能得到较好的结果。

3 车辆跟踪

将正在监测的当前帧车辆信息,与当前已有的车辆信息相互匹配^[8-10],得到车辆跟踪信息;对于新出现的车辆,则新建一条车辆信息加入已有车辆信息;对于已经丢失的车辆,如果丢失时间大于预定设置的时间,则删除该车辆信息。

车辆跟踪是依据车辆位置匹配度、面积大小相似度和车辆颜色相似度决定2辆车是否为同一辆车^[11],

由于车辆在路口车速较慢,每帧间隔时间较短,所以两帧间车辆位置间隔较小,车辆位置变化不大。假设车速为 V km/h,2帧间车辆位置移动距离为 L ,则有公式 $L = V/(3.6 \times F)$ 。

(5)

摄像机帧率为25帧/s,当车速为30 km/h、60 km/h或90 km/h时,2帧间车辆位置移动距离分别为0.33 m、0.67 m和1 m;假如摄像机立杆高度为5 m,杆距离路口停车线10 m,这时摄像机到停车线中点的距离约为11 m,则这样的间隔约对应7像素、14像素和21像素。当车辆连续2次出现在视频中时,还能估计出车辆的速度,对车辆位置作出预测,这样能提高车辆匹配的准确性,下一帧图像中车辆的位置为当前帧中车辆位置加2帧间车辆行驶的距离,即

$$S_{i,j} = S_{i-1,j} + \lambda L, \quad (6)$$

式中: $S_{i,j}$ 为 i 时刻第 j 辆车的位置, $j=1, 2, \dots, N$;

N 为当前车辆总数;

λ 为速度的预测比例,由于车辆分割误差和车辆速度变化,需选择不同的预测比例来预测车辆在3种驾驶状态下的位移, $\lambda=1$ 表示车辆匀速运动, $\lambda<1$ 表示车辆减速运动, $\lambda>1$ 表示车辆加速运动,实验中 λ 分别取为1、0.77和1.3。

对新出现的车辆,则新建1条车辆信息,车辆信息包括车辆ID、出现时间、车辆面积、质心、颜色信息、丢失时间、是否为监测车辆等信息。已经丢失的车辆,如果丢失时间大于预定设置的时间,则删除车辆信息,实验中丢失时间设置为5 s。

4 违章监测

常见车辆的违章行为有闯红灯、违章变更车道、压双黄线、不按导向车道行驶和逆行等^[1-3],系统实现车辆闯红灯抓拍,当车辆行驶到停车线时,判断车辆是否在其车道对应红灯相位时越过停止线并继续行驶,若发生违章则向抓拍机触发抓拍信号,并且把车辆信息送入违章信息管理模块。

5 违章信息管理

一条完整的车辆违章信息包括车辆违章高清图片、高清图片中违章车辆的特写、车辆违章过程的视频段和车辆违章时间等,管理流程如图3。

按违章检测模块发送的车辆违章过程时间标记,从视频缓存中截取视频证据,参考摄像机标定坐标对应关系,从高清图片中剪切违章车辆特写,以方便后续自动化车辆识别,再添加路口信息和违章时间,构成一条完整的车辆违章信息,存储在本地计算机并定时上传至中心服务器。

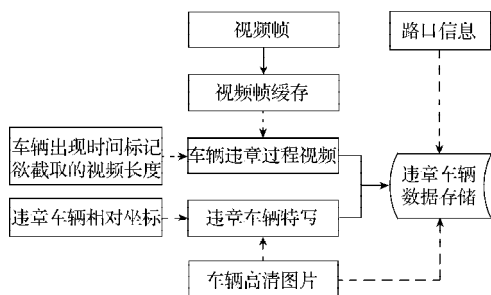


图 3 违章信息管理流程

Fig. 3 Flow chart of violation information management

6 系统测试及结论

车辆违章检测系统需先设定或加载默认参数,包括图像采集卡参数、跟踪算法参数、红灯信号转发器参数、车道属性等。车道属性和车道停车线设置效果如图4、5所示。

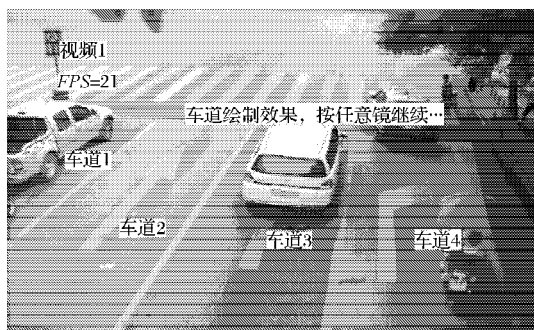


图 4 车道属性设置 (4 车道)

Fig. 4 Draw lane(4-lane)

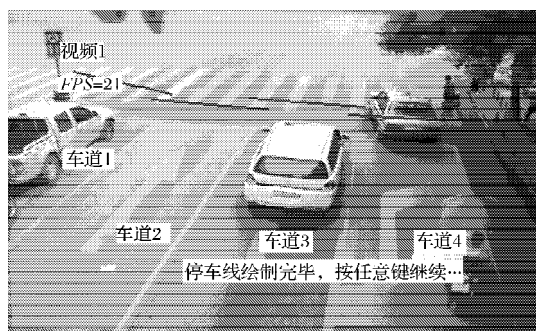


图 5 车道停车线设置 (4 车道)

Fig. 5 Draw lane's stop sign(4-lane)

系统硬件采用大恒VT120图像采集卡、TGC-HD-04红灯信号转发器和NDC560高清晰数码抓拍一体机等,拓扑结构如图6。

图7是系统运行示意图,左上显示当前道路视频,右边3个图片框架的上边显示违章车辆抓拍图片,中间显示违章车辆特写,下面显示违章视频段。

系统采用视频跟踪检测算法，能准确定位车辆的位置、大小和速度；能把违章车辆从高清图片中剪切出来，提高违章车辆处理过程的自动化程度；测试了各种天气环境、不同路口和交通车流的视频段，系统

均能实时稳定运行, 有较高的鲁棒性和准确率。后续工作需进一步研究相关文献资料, 改进跟踪算法性能, 添加违章检测的其他功能, 同时参照国家相关标准和比较同行产品, 规范系统与外界交互的数据格式, 设计友好的人机交互界面, 推广系统在实际监测中的应用。

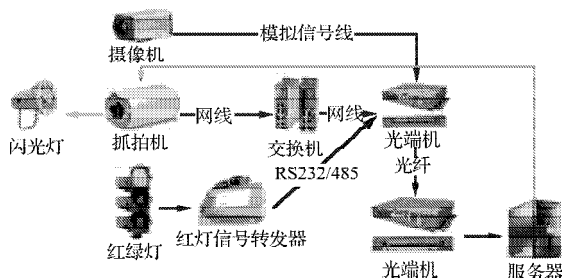


图 6 系统硬件拓扑结构

Fig. 6 Topology of system hardware



图 7 系统运行示意图

Fig. 7 System operation diagram

参考文献:

- [1] 刘晓薇, 胡振民, 余鹤龄. 违章车辆视频检测算法的研究[J]. 华东交通大学学报, 2007, 24(5): 64-66.
Liu Xiaowei, Hu Zhenmin, Yu Heling. Research of Video Detecting Algorithm for Traffic Violations[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2007, 24(5): 64-66.
- [2] 严捷丰, 陈 功, 刘学亮, 等. 一种视频检测车辆位置违章的几何方法[J]. 小型微型计算机系统, 2009, 30(3): 498-502.
Yan Jiefeng, Chen Gong, Liu Xueliang, et al. Geometrical Method for Video-Based Detecting Position Violations of Vehicles[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2009, 30(3): 498-502.
- [3] Cheung S C S, Chandrika K. Robust Techniques for Background Subtraction in Urban Traffic Video[J]. Visual Communications and Image Processing, 2004, 5308: 881-892.
- [4] 曹江中, 戴青云, 谭志标, 等. 基于视频的高速公路车辆检测和跟踪算法[J]. (下转第32页)