

基于视频的车流量统计算法^①

常志国, 李 晶, 胡云鹭, 郭茹侠

(长安大学 信息工程学院, 西安 710064)

摘 要: 基于虚拟检测线的车辆计数算法不可避免地会出现漏检和误检问题。针对这一问题, 提取并结合了两种图像信息: 目标与检测线相对位置信息和检测线像素值变化信息, 提出了一种车流量分割计数方法用于提高准确率。首先确定车辆和检测线的相对位置, 然后结合检测线上图像像素特征的变化规律对车辆进行分割计数。开发了一个测试系统验证本算法的实际效果, 对多种不同场景下采集的视频进行了测试和结果分析。实验结果表明, 在白天情况下, 本算法在实时性和准确性方面都达到了理想的效果, 各车道的准确率均在 95% 以上; 但在条件恶劣的夜间场景下, 准确率略有下降, 需在下一步工作中做深入研究。

关键词: 智能交通系统; 虚拟检测线; 车流量检测; 像素值变化

Algorithm of Traffic Flow Measuring Based on Video

CHANG Zhi-Guo, LI Jing, HU Yun-Lu, GUO Ru-Xia

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: The vehicle counting algorithm based on virtual line inevitably exists the possibility of missing and error. Concerning this issue, this paper extracts and combines two types of image information- the virtual lines' relative positions with the objects and its pixel value variance, then a new vehicle segmentation and counting method is proposed. First, it determines the relative positions between the objects and the virtual lines, and combines with the variance of virtual lines' pixel value. With these information, it can improve the accuracy of the traffic flow by means of dividing vehicles. A testing system is developed for testing the performance of the method. The system has run in some kinds of weather, and its result is analyzed. The results show that the method has excellent performance both in real-time and accuracy in the daytime and the accuracy was above 95% for each lane of traffic. But the performance in the nighttime may not be optimal. Therefore, improvement is planned to make during following research.

Key words: intelligent transport system; virtual detecting line; vehicle flow detection; variance of pixel value

在智能交通系统中, 交通流量检测子系统是整个智能交通系统中一个非常重要的组成部分, 为智能交通系统提供了后续处理的基本数据。在智能交通系统中, 实时的交通流量信息反馈可以为道路拥塞高峰期或紧急交通事故发生时的道路智能化调度管理提供依据, 从而减少道路拥塞, 提高路面资源的利用率, 最合理的利用现有的交通网络。

传统的基于视频分析的车辆统计算法主要分为虚拟检测线或虚拟线圈法、目标跟踪法等。ChristianoBouvié 等人^[1]利用同一辆车的粒子特性,

提出了一种目标聚类跟踪算法, 并通过分析聚类多边形和背景信息来合并或分离聚类, 在一定程度上改善了目标粘连或分断的问题。但是, 对于较小的运动车辆可能会遗漏。何毅等人^[2]提出一种对不同运动目标假设不同的运动模型, 并基于隐马尔科夫度量场的检测和跟踪。但本算法对于雨雪等恶劣天气情况下的处理效果较差。薛茹^[3]提出了一种基于块稀疏表示模型的目标跟踪算法, 该跟踪方法可以捕获目标外观和遮挡的位置关系, 能更好地处理遮挡的变化。但是, 当拍摄角度极端变化和照明剧烈变化、或者远距离目标

① 收稿时间:2015-12-30;收到修改稿时间:2016-01-27 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005301]

遮挡时本方法也会跟丢目标。Kim J.B.等人^[4]在帧差法的基础上结合自适应阈值法,并采用基于像素值的K均值聚类算法分割单个运动车辆,从而实现车辆检测。吕扬建等人^[5]综合虚拟线圈和目标跟踪这两种算法,结合Canny算子边缘检测算法、均值背景建模法和背景差分法等技术,提出了一种基于质心的车流量统计综合算法。但是,该算法在夜间和恶劣环境下的路面上的准确性较差。谭晓娟等人^[6]将Viola和Jones^[7]提出的基于类Harr特征和Adaboost级联分类器的人脸检测思想运用于车辆检测,提出一种基于车辆分类器的视频车流量统计算法,但是该算法会出现漏检情况。

可以看出,视频检测技术不管是在国外还是国内都取得了一定的研究成果,但现有的算法仍然存在一些缺陷。本文首先介绍了所采用的车辆检测算法,用于对运动车辆的检测提取,然后针对车辆计数算法普遍存在的车辆误检和漏检问题,提出了一种将目标与检测线相对位置信息和检测线像素值变化信息相结合的车辆统计算法。最后用实验来验证本算法在实时性和准确率方面的表现。

1 算法综述

车流量统计算法,首先对采集到的视频图像进行预处理,包括滤波去噪、图像增强。由于本算法需要应用于实际的交通场景中,所以选用实时性较好的帧差法检测并提取运动车辆,得到前景图像。但是帧差法存在“孔洞”问题,这就需要形态学处理来消除这些孔洞。得到较为理想的前景图像后,接下来就是结合车辆的位置信息和图像的像素变化信息对车辆进行计数,最后得到车流量信息。图1为本算法的总体流程图。



图1 车流量统计算法流程图

2 车辆统计算法

2.1 图像预处理

一般情况下,原始图像由于各种条件限制和随机干扰,往往不能在视觉系统中直接使用,必须在视觉信息处理的早期阶段对原始图像进行灰度校正、噪声过滤等图像预处理。图像预处理是整个图像处理系统

的基础,其效果的好坏直接影响到后续处理阶段,甚至起到决定性影响。所以选择合适的图像预处理方案是至关重要的。

本文选择采用中值滤波对图像去噪,直方图均衡化增强图像整体对比度。

2.1.1 滤波去噪

由于中值滤波在去除图像椒盐噪声的同时,还能够保持图像比较清晰的轮廓,所以选用中值滤波去除图像中的噪点。中值滤波是一种非线性空间滤波,它是基于图像的这样一种特性:噪声往往以孤立点的形式出现,这些点对应的像素很少,而图像则是由像素数较多,面积较大的小块构成。在处理灰度图像时,窗口的形式可以是正方形,位于窗口正中的像素灰度值,用窗口内各像素灰度值的中值代替,从而去除孤立的噪点。

2.1.2 图像增强

选用直方图均衡化进行图像增强处理。直方图均衡化就是对图像进行非线性拉伸,重新分配图像像素值,使一定灰度范围内的像素数量大致相同,这样就增加了像素灰度值的动态范围,从而达到增强图像整体对比度的效果。

2.2 运动车辆检测

2.2.1 帧差法

由于本系统处理的是实时采集的视频图像,所以选择实时性和适应性较好的帧差法检测运动车辆。帧差法是最为常用的运动目标检测方法之一,其运算量小,易于实现,且对于动态环境具有较强的适应性。帧差法的基本原理就是将图像序列的相邻两帧采用基于像素的时间差分通过阈值化来提取出图像中的运动区域。

但是,由于实际的视频图像相邻两帧图像中的背景帧差法存在一个普遍性的问题:运动目标边缘的像素能较好地检测出来,但运动目标内部的点由于具有较大的相似性,并不能很好地检测出来,从而出现细小的孔洞,也就是所谓的“孔洞”问题。本文使用形态学处理来解决这一问题。

2.2.2 形态学处理

利用形态学处理可以解决帧差法导致的“孔洞”问题。形态学的基本思想是用具有一定形态的结构元素去度量 and 提取图像中对应的形状,以达到对图像分析和识别的目的。

本文选用闭运算来填充帧差法带遗留的“孔洞”问题。闭运算是先膨胀后腐蚀。首先，膨胀操作会使物体的边界向外扩张，经过膨胀操作物体内部存在孔洞将被填补上，因而不再是边界了。然后，进行腐蚀操作，去掉物体的边缘点，细小物体所有的点都会被认为是边缘点，因此会整个被删去，这样，外部边界将变回原来的样子，而这些内部孔洞则消失了。

2.3 车辆计数

智能交通系统中的车流量统计最终目的是将其应用于实际的道路交通场景中去，所以有很高的实时性要求。如果对提取的整个视频图像进行检测和分析，势必会增加计算量，浪费时间。因此通常都是进行基于感兴趣区域的局部检测，即基于虚拟检测线的检测。

基于虚拟检测线的车流量统计计算简单、运算量小、实时性好。但是，如果只借助于车辆与检测线的位置信息，这就会存在两个问题：1) 一辆车经过虚拟检测线的过程对应一段连续的图像序列，在车速较慢的时候，可能就会对这一车辆重复计数。2) 当遇到车流量高峰期，车辆拥堵时，车与车间距比较小，可能会将多个车辆误认为一辆车，导致车辆遗漏。针对这两个问题，考虑到检测线上像素特征具有一定的变化规律，对这一规律进行分析判断，本文在车辆和检测线相对位置的基础上结合检测线上像素特征的变化规律，提出了一种车辆分割计数方法。

得到二值化的前景图像后，当一辆车通过虚拟检测线时，检测线上的像素值会有 0—255—0 的变化规律，如图 2 所示。

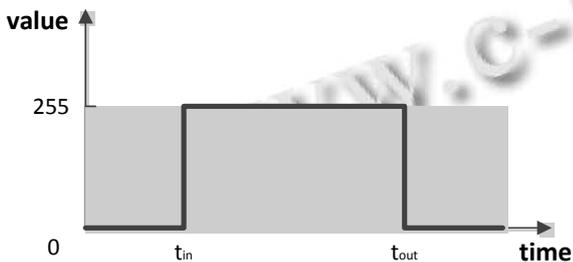


图 2 车辆通过检测线时的像素值变化

图中， t_{in} 为车辆刚刚碰到检测线的时刻，像素值从 0 跳变至 255； t_{out} 为车辆刚刚驶离检测线的时刻，像素值从 255 跳变至 0； t_{in} 至 t_{out} 为车身通过检测线的时间段，像素值为 255。检测线上的像素值如有这样的变化，说明 t_{in} 至 t_{out} 时间段只有一辆车经过检测线，在这一

时间段只允许对计数器加 1，这样就可以避免重复计数问题。若有多辆车在经过检测线时被识别为一辆车，此时，分析判断检测线上的像素变化，就可以对多个车辆进行分割，避免车辆遗漏问题。

通过确定车辆和检测线的位置信息，并结合检测线上图像像素特征的变化规律对运动车辆进行计数，提出车流量统计算法，具体算法如下：

引入状态变量 $state1$ 、 $state2$ 和 $state3$ ，均初始化为 0。其中 $state1$ 表示前一帧中，检测线是否位于车身后 1/2 区域； $state2$ 表示前一帧中，检测线是否位于车身的 前 1/4 到 1/2 区域； $state3$ 表示车辆经过检测线的各状态，流程图如图 3。

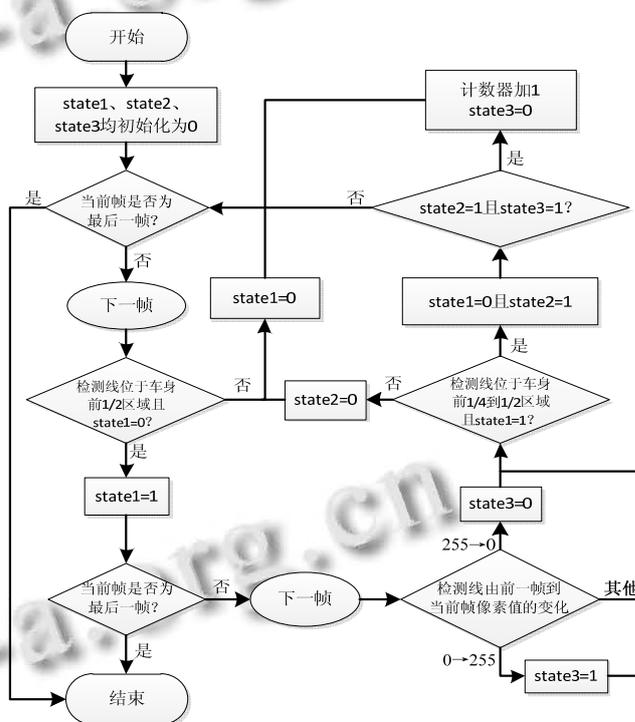


图 3 车辆统计算法流程图

首先，经过前面提到的车辆检测部分处理得到前景的二值化图像，在车辆经过检测线的二值图像序列中，逐帧判断车辆与检测线的相对位置，若检测线不在车身后 1/2 区域内且 $state1=1$ ，则将 $state1$ 标记为 0；若检测线位于车身后 1/2 区域且状态变量 $state1=0$ ，将 $state1$ 标记为 1；其他情况， $state1$ 不变。继续判断下一帧，若检测线位于车身的 前 1/4 到 1/2 区域且 $state1=1$ ，则 $state1$ 标记为 0， $state2$ 标记为 1；其他情况，将 $state1$ 标记为 0， $state2$ 标记为 0。

分析检测线中点的像素值的变化规律。在连续序

列帧中,若检测线中点像素值由前一帧中的 0 变为当前帧中的 255,则 state3 置 1;若由前一帧中的 255 变为当前帧中的 0,则 state3 置 0;其他情况, state3 保持不变.结合实际情况来看,若 state3 由 0 变为 1,表明有车辆刚刚碰到检测线;若前后帧中 state3 都为 1,表明车辆正在通过检测线;若 state3 由 1 变为 0,表明车辆刚刚驶离检测线;若前后帧中 state3 都为 0,表明无车辆经过检测线.综合分析,若当前帧中 state2=1 且 state3=1,则 state3 置 0,对应车道的计数器 b 加 1;若当前帧中 state2=1 且 state3=0,表明该辆车已经统计过,则不再计数.

3 实验分析

开发一个测试系统,用于验证本文提出的算法在实际道路场景中的效果.该测试系统处理的是通过视频采集卡实时采集的道路交通视频,所以算法在准确率和实时性方面都有较高的要求.运行本测试系统,如图 4 所示.



图 4 测试系统的运行效果图

分别在晴天、阴天、雨天及夜间四种不同的场景下,使用测试系统对采集的交通视频进行处理,如图 5.视频图像的分辨率为 768*576,画面中有 6 条车道,为了便于说明从上至下依次标号为 1、2、3、4、5、6.

选取这四种场景下采集的交通视频,分别处理 10 分钟,得到测试结果,见表 1、2、3、4.表中,“车道”指上面提到的被标号的车道,“测试”指由实验测试得到的通过虚拟检测线的车辆数目,“实际”指实际通过虚拟检测线的车辆数目,“准确率”由“测试”/“实际”得到.

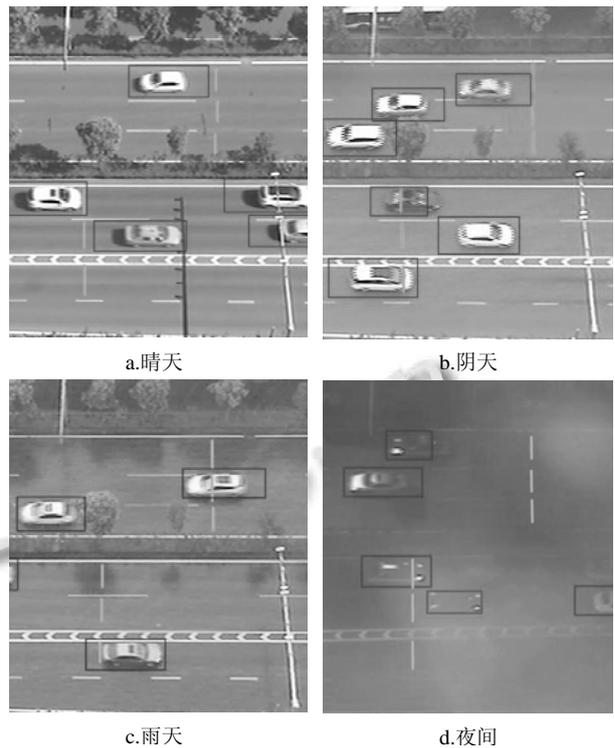


图 5 不同场景下进行测试

表 1 晴天测试结果(10min)

车道	1	2	3	4	5	6	全部
测试	188	264	273	292	255	150	1422
实际	196	274	281	303	268	157	1479
准确率(%)	95.9	96.4	97.2	96.4	95.2	95.5	96.1

表 2 阴天测试结果(10min)

车道	1	2	3	4	5	6	全部
测试	156	266	241	222	203	80	1167
实际	156	267	244	223	209	80	1178
准确率(%)	100	99.6	98.8	99.6	97.1	100	99.1

表 3 雨天测试结果(10min)

车道	1	2	3	4	5	6	全部
测试	134	130	134	243	229	129	999
实际	136	131	138	243	232	131	1011
准确率(%)	98.5	99.2	97.1	100	98.7	98.5	96.1

表 4 夜间测试结果(10min)

车道	1	2	3	4	5	6	全部
测试	167	183	181	261	235	162	1189
实际	183	198	202	272	257	172	1284
准确率(%)	91.3	92.4	89.6	95.9	91.4	94.2	92.6

由以上四张表中数据可以看出,本方法在白天(晴、阴、雨)场景下表现出色,每条车道的准确率均可以达到 95% 以上.但是在条件较为恶劣的夜间场景,

平均准确率下降至 92.6%。总体来说,本方法表现令人满意,达到了理想效果。

4 结语

本文提出了将位置信息和检测线像素变化规律相结合的车辆技术分割算法,并且实验证实了本算法在实时性和准确性方面的出色表现。在实验测试中发现,在夜间场景中,本文方法还有明显的提升空间,需结合夜间图像信息(如车灯信息)做进一步研究,以达到更好的检测效果,为基于视频的车流量统计提供更好的方法。

参考文献

- 1 Bouvie C, Scharcanski J, Barcellos P, Lopes Escouto, F. Tracking and counting vehicles in traffic video sequences using particle filtering. 2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). Minneapolis, MN. IEEE. 2013. 812-815.
- 2 何毅,杨新.基于隐马尔科夫度量场模型的车辆检测和跟踪.上海交通大学学报,2008,42(2):270-273.
- 3 薛茹.复杂交通监控场景下运动目标检测与跟踪方法研究[学位论文].西安:长安大学,2014.
- 4 Kim JB, Kim HJ. Efficient region-based motion segmentation for a video monitoring system. Pattern Recognition Letters, 2003, 24: 113-128.
- 5 吕扬建,李光耀.基于视频分析的车流量统计算法研究.井冈山大学学报(自然科学版),2013,4:46-51.
- 6 谭小娟,董超俊.基于车辆分类器的视频车流量统计.工业控制计算机,2014,27(7):121-123.
- 7 Viola P, Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Proc. of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001, 511. I-511-I- 518.