

一种基于视频的车辆检测算法

贺春林

(西华师范大学计算机学院 南充637002)

摘要 本文讨论了对传统帧差法的改进,并结合边缘检测法,提出一种环境自适应能力强、计算量小,适合于运动和静止车辆同时检测的车辆检测新方法,可正确判断有无车辆、完成车辆的计数,进而实现车流量计算、车速估计。在计数算法中采用预估校正、相关性修正等措施,提高了检测精度,大大改善了车辆检测效果,从而为交通监控系统提供实时有效的交通参数。

关键词 邻域比较,动态开窗,相关性修正,预估校正

The New Vehicle Detection Algorithm Based on Video

HE Chun-Lin

(The College of Computer Science, China West Normal University, Nanchong 637002)

Abstract This paper discusses the improvement of Frame-Difference method. Furthermore, combining Edge-Detection method, it puts up a new vehicle detection method which adapts to the environment well and calculates very little. With this new method, moving and still vehicles can be detected simultaneously. So that Vehicle counting, speed estimating, and the information whether there are vehicles or not are achieved. In this algorithm, pre-estimate correction and relativity correction are successfully used to increase detection precision and to improve the detection effect. Consequently, real-time and available traffic parameters can be obtained for the traffic monitoring system.

Keywords Neighborhood comparing, Motive window, Relative modification, Preparative estimation and recification

1 引言

作为智能交通监控系统的基础,车辆检测系统是十分关键的,一个实用的车辆检测系统应满足如下要求^[1~3]:1)正确判断当前时刻有无车辆;2)完成车辆计数,提供车流量、车速等交通参数;3)算法简单、计算量小、环境自适应能力强,能够实时有效地进行车辆信息处理。

目前常用的基于视频的车辆检测方法有:灰度比较法、背景差法、帧差法、边缘检测法。灰度比较法采用对路面和车辆的灰度统计值来检测车辆,但对环境光线的变化十分敏感。背景差法计算当前输入帧与背景图像的差值,以提取车辆,但背景图像需实时刷新^[4],其检测精度很大程度上依赖于背景图像的可靠性。帧差法是将相邻两帧相减,对保留的运动车辆信息进行检测,环境光线变化对其影响不大^[5]。当摄像头的抖动引起相邻两帧背景点的相应“抖动”时,该方法不能完全将背景滤除,从而引起误判。边缘检测法能够在不同的光线条件下检测到车辆的边缘,利用车体的不同部件、颜色等提供的边缘信息可进行静止和运动车辆的检测^[6],但是对于车辆边缘不明显和道路隔离带存在的情况,该方法可能造成漏检、误检。上述方法通常是在输入图像中按车道设置一些固定窗口(即虚拟传感器)对车辆进行检测。这种固定开窗的检测方式常常对车辆换道或相邻车道的车辆部分覆盖了被检测车道检测窗时造成误检。

为了有效地检测运动和静止的车辆,消除固定开窗方式引起的误检,提出了一种用于灰度图像的综合车辆检测新方法:在图像中设立检测带,用改进的帧差法动态地开窗检测汽

车流量,将相邻两帧进行邻域比较,有效去除背景和静止物体,提取图像检测带中的运动车辆信息,从而进行车辆计数、估计平均车速;同时用边缘检测方法检测判别当前帧有无静止车辆。该方法对环境的自适应能力强,且算法简单、运算量小,所有关于像素点的计算都在检测带内进行。

2 检测算法

算法流程如图1所示。

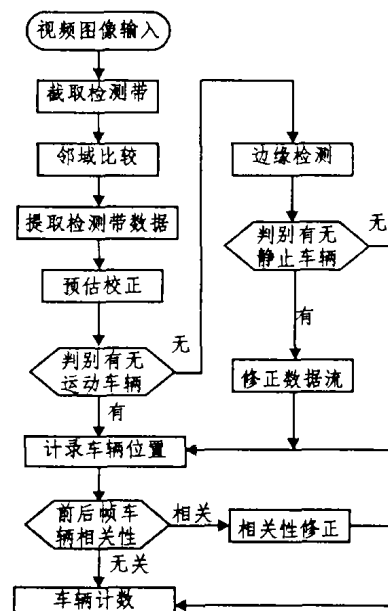


图1 检测算法流程

2.1 截取检测带

考虑到计算量会直接影响 DSP(数字信号处理器)系统实时处理速度,没有必要对整幅图像进行处理,只需截取一定宽度、高度,包含判别所需的足够信息的检测带,对检测带中的像素点进行处理、判别即可。检测带的位置和高度可根据需要调整,保证了算法的通用性和灵活性。

检测带的位置:检测带位置的选取应充分考虑摄像头安装的高度和倾角以及摄像头的景深的影响,一般情况下,在获取的图像靠近底部的位置,车辆之间的间距较大。例如:图像高度为534行,可将检测带定位在图像的下部,从460至480的任意位置上,这个位置在无车辆拥塞的情况下,没有前车遮挡后车的问题。

检测带的高度:车辆前后间距在图像上大约为40~50个像素,因此检测带高度应小于40~50行,否则会引起误判。又考虑到检测带的高度决定其内包含的总像素数,将直接影响计算量,因此检测带高度不应过高。另一方面,检测带的高度又不能过小,否则带内包含的车辆信息量太少,易受噪声影响,引起误判。综合考虑以上因素,取高度为20行。

2.2 邻域比较

背景的去除直接影响到后续工作的难易程度,影响到车辆计数的准确率。实际上,摄像头安装在路杆或桥头上,车辆经过或风吹动时,不可避免地要引起摄像头的轻微抖动,使得相邻两帧图像的背景像素点不完全一一对应。若用相邻两帧直接相减,是不可能完全将背景去除的,必定会留下残余的背景信息。因此,笔者采用了相邻两帧对应像素点做邻域比较的方法,若当前帧像素点的灰度值与前一帧对应点或该点邻域内某点的灰度值相近,则判为背景点^[1],即:将其灰度值置0,否则置255。

为了得到最优的邻域比较的效果,并且减少不必要的计算量,一定要注意邻域比较的顺序。因为相邻两帧对应点的相关性最大,因此将当前帧检测带内的点优先于上一帧中的对应位置的点进行灰度值比较,若差值在某一范围内,则将该点视为无变化点,作为背景去掉,不再与邻域点进行比较;否则再顺序比较其它邻域点。

邻域比较的阈值:经反复实验比较,若取的阈值大于30,对于较暗的、颜色较深的车辆,尤其是灰度接近于路面的车,车顶几乎完全被当作背景去掉了,车辆信息丢失太多,易造成漏检。而若取小于30,如取20,则噪声点明显增多,背景去除不干净,易造成误检。因此取值为30。其效果如图2所示。



图2 邻域比较后的图像信息

2.3 提取数据流

经过邻域比较,检测带内留下了车辆的信息,如何对这些车辆进行计数?如何判断相邻两帧的车辆信息是否是同一辆车?常用的方法有:固定开窗、动态开窗。

固定开窗:根据车道的位置,在图像内设置固定窗口。根据窗内车辆信息的多少判断车辆的有无,从而进行计数。缺点:①缺乏灵活性,对于不同的道路,由于车道的数目不固定,该方法不能自动适应。②要求车辆必须严格按道行驶,否则可能造成检测窗内车辆信息不完整,从而造成漏检和误判。

动态开窗:在检测带内选取一定大小的浮动窗,然后让该浮动窗在检测带内移动,计算浮动窗内车辆信息点数,完成车

辆的计数。动态开窗确实解决了车道数目不固定、车辆行驶位置不固定的问题,然而也带来了如下问题:①由于窗口的位置不固定,需要记忆前一帧有车辆时的窗口位置及其窗口内的信息,增加了算法的运算量和复杂度。②由于车辆的大小差别很大,甚至大车的宽度是小车的两倍,从而使很难选择浮动窗的大小。

若用‘1’表示检测带内相应位置有车辆变化的信息,用‘0’表示检测带内相应位置无车辆变化的信息,则带内车辆变化的信息就完全可以用帧的数据流表示,例如:(0001111110000001111100000)。

以图像宽度为768个像素点为例,为了减少数据的运算量以及所需存储器的数目,可选取每10个像素宽的信息生成数据流的一个信息位。为此,定义3个长度为77的一维数组 a 、 b 、 c ,分别表示前一帧数据流、当前帧数据流、两帧数据流之差。若检测带高为20个像素,则把每个宽10个像素、高20个像素的浮动窗内的像素点的灰度值进行累加($\sum \sum g$, g 为灰度值),如果累加值大于某个设定的阈值,就将对应的数组元素赋值为‘1’,否则赋值为‘0’。这样就得到了当前图像的反映车辆运动信息的数据流。

由于邻域比较可能会造成车辆的一部分信息丢失,甚至产生断带,使获得的数据流在有车辆信息的连续‘1’中,会产生毛刺‘0’。因此需要修正数据流,消除毛刺,得到尽可能连续的‘1’。通过上述方法,从而可做到如下优点:①可同时统计视窗内多个车道的车辆;②不受车辆行驶位置的影响,无论车辆是否按车道行驶均不影响计数;③对于型号不同、宽窄不同的车辆都能检测到。

2.4 预估校正

· 填1:在两个连续的‘1’段中间产生的毛刺‘0’,其数目与没有车的‘0’数目相比还是很少的,并且与‘1’之间的距离比较小。根据这些特征我们对数据流进行“填1”处理。

$$I_0 = \begin{cases} n > 5 & 0 \\ n \leq 5 & 1 \end{cases}$$

I_0 :当前 n 个“0”信息位 n :连续0的个数

· 填0:如果上一帧车头部分进入检测带,邻域比较的结果所提取的车辆信息的‘1’的个数不足判断有新车过来,而当前帧车体进入了检测带,虽然邻域比较的结果所提取的车辆信息的‘1’的个数表明有车辆在,但与上一帧相减的结果始终不足计数,从而造成该车漏检。为了解决这种车辆头小尾大造成的车辆误判的问题、以及有效消除车前灯的影响,可将这些不足判别车辆信息的‘1’抹‘0’。

$$I_{1N} = \begin{cases} N > 5 & 1 \\ N \leq 5 & 0 \end{cases}$$

I_{1N} :当前 N 个“1”信息位 N :连续1的个数

通过这样的数据流修正后,我们就得到了由连续的‘1’和‘0’组成的数据流,从而使车辆的计数算法变的相当简单,并提高了计数的精度。

2.5 记录车辆位置

将邻域比较得到的运动车辆中心位置记录下来。

2.6 判别有无运动车辆

当上一帧某位置有车辆信息,而当前帧该位置上无车辆信息时,可能车辆离开或者该车辆运动缓慢或者静止,邻域比较无法正确显示当前帧该位置上的车辆信息。这时对这一位置作边缘检测,即用水平 Sobel 算子进行边缘提取,将检测带中所有像素点的灰度值相加。若有静止车辆存在或车辆运动

缓慢,该值必定大于无车辆时的阈值,修正当前帧数据流,表示该辆车仍在;否则说明车辆离开,不对当前帧数据流修正。这样就解决了传统帧差法中对车辆走走停停而产生的误计。

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

水平 Sobel 模板

2.7 记录车辆位置

记录修正后的车辆中心位置信息。

2.8 相关性修正

对于大型货车或大巴,由于车身很长,车顶情况复杂。对于货车如没有顶棚,由于所装货物的灰度值相差很大,会使相邻两帧的信息变化达到计数的阈值;对于大巴,由于车顶天窗,邻帧比较的结果可能出现同一位置信息的时断时续,从而发生误计。图3所示以辆大巴从侧面进入检测带内时信息变化情况。在这种情况下,由于相邻两帧信息的变化已经达到计数,就会出现多计很多次。为了避免这种情况,需要利用同一车辆在前后两帧中的位置相关性进行判断,并修正当前帧或上一帧信息为两帧信息多的那一帧信息,从而避免在信息时多时少时,发生多计的现象。两辆车中心位置的距离为:

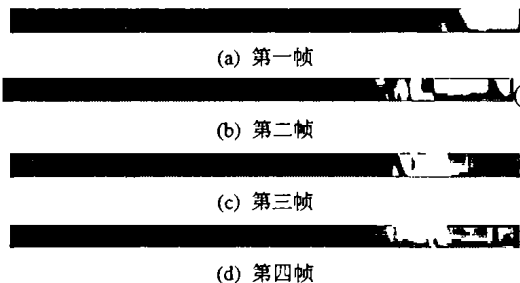


图3 一辆大巴在检测带内的信息变化情况

$$D_{\Phi} = \frac{1}{2}L_{\Phi} + d + \frac{1}{2}L_{\Phi}$$

其中, D_{Φ} :两辆车中心距离; L_{Φ} :车身长度; d :两车间距。如果前后两帧中信息流中两个连续的“1”段的中心距离大于 D_{Φ} ,则是两辆车,不做处理。

如果前后两帧中信息流中两个连续的“1”段的中心距离小于 D_{Φ} ,则是同一辆车,考虑到车辆信息可能会发生时多时少,为了保证前后两帧信息的变化不会达到计数阈值,需要对前后帧信息流进行修正:

如果: $I_c > I_p$, $I_p = \text{MAX}(I_c, I_p)$ I_c :当前帧信息流
 I_p :上一帧信息流

如果: $I_c < I_p$, $I_c = \text{MAX}(I_c, I_p)$ I_c :当前帧信息流
 I_p :上一帧信息流

修正之后,同一辆车前后两帧的信息变化不会达到计数的阈值,避免了误计现象,提高了计数精度。

2.9 车辆计数

由于窗口浮动,这给车辆计数带来一定的困难。为此,笔者提出了用检测带内车辆信息的变化规律进行计数的方法。其原理如下:如果用当前帧的数据流减去上一帧的数据流则只可能出现四种情况和三种结果:

①上一帧某位置没有车,当前帧对应位置也没有车:0减0,结果为0;

②上一帧某位置有车,当前帧对应位置也有车:1减1,结果为0;

③上一帧某位置没有车,当前帧对应位置有车:1减0,结果为1;

④上一帧某位置有车,当前帧对应位置没有车:0减1,结果为-1;

显然,结果为“1”,表示有新的车辆到来;结果为“-1”,表示车辆已离开。利用该结果就可以方便地进行车辆的计数和车速的估算了。其方法如下:

①利用数据流上升沿“1”来进行车辆的计数。

②利用上升沿“1”和下降沿“-1”之间的帧数,根据摄像头的拍摄速度和车辆的长度进行车速的估算。

③由于噪声的存在,数组 c 里可能会出现较短的连续“1”段,为此可根据车辆的最小宽度来选取一个阈值,如:车辆的最小宽度为100个像素点,即占数据流信息为10位,就可以选取连续的“1”段长度大于9计为一辆车。共有多少个连续的、长度大于该选定阈值的“1”段,就表示新到来了多少辆车。

3 实验结果及分析

实验中,输入的图像是按5帧/秒的频率从历时45分钟的录像中采集到的,其中包括各种道路情况(如单向单车道、双车道,双向双车道、四车道,有隔离带和无隔离带等)在各种光线条件下(如阴天、黄昏、夜晚低亮度照明等)的大量图像序列。经验证,算法中采用的预估校正有效消除了车辆“头小尾大”造成的漏检,并且使计数不受夜晚车前灯的强光的影响;算法有机结合边缘检测法,进行数据流修正,有效消除了车辆运动缓慢或静止、走走停停情况下的误检;算法中采用的相关性修正,消除了对大型车辆,如大巴、货车的误检。从而使得该算法的误检率和漏检率大大低于帧差法和边缘检测法。

实验结果表明,该算法能够正确判断有无车辆的信息,在交通拥塞状况不十分严重、车速不太快(车速 $\leq 70\text{km/h}$)的情况下,该算法对车辆计数的准确率可达95%。

至于该算法的漏检原因与帧差法一样,要求车速不能过快。但这个问题可用提高DSP的采集处理图像的速度来解决,由于该算法的计算量小,可允许DSP的采集处理图像的速度在10帧/秒以上。

结论 本文将改进帧差法与边缘检测法有机结合,提出了一种环境自适应能力强、计算量小、检测精度高、可靠实用的车辆检测新方法。通过邻域比较、动态开窗、数据修正等措施,可正确判断有无车辆及车辆计数,实现车流量统计,车速估计,提高了检测精度,从而为智能交通系统获取有无车辆信息、车流量统计、平均车速估计等实时有效的交通参数提供了良好的解决方案。

参考文献

- 1 卢强,陈泉林,奉玲,林康红. 视频交通监控系统的开发. 计算机应用, 2001(12)
- 2 Soh J, Chun B T, Wang M. Analysis of road image sequences for vehicle counting. In: IEEE Intl. Conf. on Vol. 1, 1995
- 3 杨明,宋雪峰,王宏,张敏. 面向智能交通系统的图像处理, 计算机工程与应用, 2001. 9
- 4 Viarani E. Extraction of traffic information from images at DEIS. In: Proc. Intl. Conf. on Image Analysis and Processing, 1999
- 5 Fnby M, Siyal M Y. A window-based image Processing technique for quantitative and qualitative analysis of road traffic Parameters. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 1998, 47
- 6 蒋刚毅,郁梅,叶锡恩,等. 一种基于视觉的车辆跟踪及交通流量参数估计新方法. 电路与系统学报, 2001. 11