

多车道视频车流量检测和计数

戴晶华 郭俊生

(内蒙古警官学校内蒙古监狱管理局服刑人员矫治办公室 呼和浩特 010070)

摘要:车流量检测在智能交通领域具有重要的地位,车流量检测的重点是识别监控视频中的车辆并计数,因此,提出一种有效的背景建模和准确的车辆计数方法显得尤为重要。本文提出了背景差分法和混合高斯模型来提高运动车辆的检测质量,并在车道内设置了虚拟线圈,利用连通域分析法、区域灰度均值法两种方法检测运动车辆。实验结果表明区域灰度均值法要优于连通域分析法,区域灰度均值法可以解决车辆漏检的问题,车辆计数的准确度有了显著的提高,准确率可达到94%以上。

关键词:背景差分;高斯混合模型;车辆计数;连通域分析;区域灰度均值

中图分类号: TN99 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Video-based vehicle flow detection and counting for multi-lane roads

Dai Jinghua Guo Junsheng

(Correctional Office of Inner Mongolia Prison Administration, Inner Mongolia Police School, Hohhot 010070, China)

Abstract: The vehicle flow detection plays an important role in the field of the intelligent transportation systems(ITS). The vehicle flow detection focuses on detection and counting of the vehicles in the surveillance videos. However, it requires to present a kind of effective background modeling and accurate vehicle counting method. In this paper, we proposed the background subtraction (BS) and the Gaussian mixture model (GMM) for improving the detection quality of the moving vehicles. In addition, we set up the virtual loops for vehicle counting by the connected component analysis (CCA) method and the region gray average values (RAGV) method. The experiment results showed that the RAGV method was superior to the CCA method. The RAGV method could solve the problem of the missing vehicles. The accuracy of vehicle counting could be improved significantly and reach 94% by the RAGV method.

Keywords: background subtraction;GMM;vehicle counting;connected component analysis;region gray average values

1 引言

随着经济的发展,家用车辆的迅速增加,交通道路拥堵等问题层出不穷。为了解决这些交通问题,智能交通控制手段应运而生。智能交通系统是综合利用计算机技术、图像处理和智能检测等技术的系统,视频车流量的检测是智能交通系统的重要组成部分,为交通的规划与管理提供可靠依据^[1]。

视频车流量检测主要包括车辆检测和车辆计数两个方面,车辆检测的方法有背景差分法、帧差分法、光流法^[2-4];车辆计数方法,传统上有环形线圈检测法^[5]和微波检测法,现有的车辆计数方法有虚拟线圈法、目标跟踪法,以及利用图像处理的方法实现车辆的计数。背景差分法,利用当前输入帧和背景差来获取运动目标,算法优点是简

单、处理速度快,且差分结果能直接提取运动目标,不足是背景图像会受到天气和光线等外界因素的影响,需要对背景进行动态更新。帧差分法,利用相邻帧对应像素差分检测运动车辆,检测结果受连续帧的时间间隔和车辆速度的影响。光流法,是一种像素级的密度估计,当摄像头处于移动状态时,该方法较适用,但由于运算量较大,不能适用于实时场合。环形线圈感应式检测技术是利用埋在地下感应线圈作为传感器来检测车辆的技术,缺点是安装维护麻烦,较小车辆检测困难。微波车辆检测器(RTMS)是一种利用现代高科技雷达技术实时检测和定位区域内车辆及其各种交通数据的产品。RTMS微波车检器作为线圈式车检的更新换代的产品,微波车辆检测器(RTMS)的测量方式在车型单一、车流稳定、车速分布均匀的道路上准确度较高,但是在车流拥堵以及大型车较多、车型分布

收稿日期:2016-06

不均匀的路段,由于遮挡,测量精度会受到比较大的影响。车辆计数是在视频图像中设置虚拟线圈作为检测区域,然后用图像处理的方法识别检测区域内是否有车辆通过。

本论文利用帧平均法提取车道背景,利用背景差分的方法实现运动目标的检测,为了克服光照和噪声的变化对背景的影响,采用混合高斯模型实现背景更新;车辆计数设置虚拟线圈,利用连通域分析法和区域灰度均值法对车辆计数。

2 研究方法

2.1 概述

本文提出了视频车流量的检测和计数方法,具体流程如图1所示。该方法包括4部分内容:1)背景建模和背景更新;2)背景差分法,估计前景图像和背景图像之间的差异;3)虚拟线圈的配置,考虑线圈的宽度、长度和位置;4)利用连通域分析法和区域灰度均值法进行车辆计数。

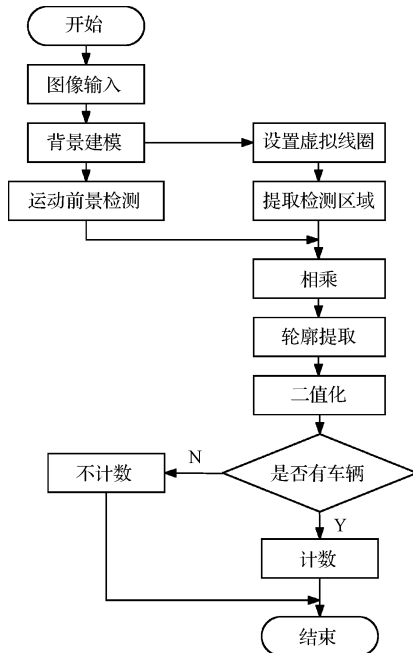


图1 系统流程

2.2 背景建模

背景建模方法包括3部分内容,分别是背景提取、背景差分和背景更新。

2.2.1 背景提取

在车流量视频中,使用单帧图像提取有效信息是困难的,因为图像帧与帧之间有很强的相关性。本文中使用了多帧图像平均的方法,多帧平均法是一种自适应的背景估计模型,具有很高的提取效率。工作原理是:背景图像的灰度值和运动车辆灰度值有很大的差异,当运动车辆经过背景图像上的特定点时,这就会引起该位置像素的变化,所以通过计算一段时间的背景图像的平均像素值,来排除

运动车辆对背景提取的影响。多帧平均方法的表达如式(1)所示。

$$B(i,j) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} I_k(i,j) \quad (1)$$

式中: $I_k(i,j)$ 是视频图像序列中的第 k 帧, $B(i,j)$ 是背景图像。 N 的值越大,背景提取的效果越好。但随着 N 的增加,提取背景图像的时间就会变长,所以在本文中 N 的取值为150帧。

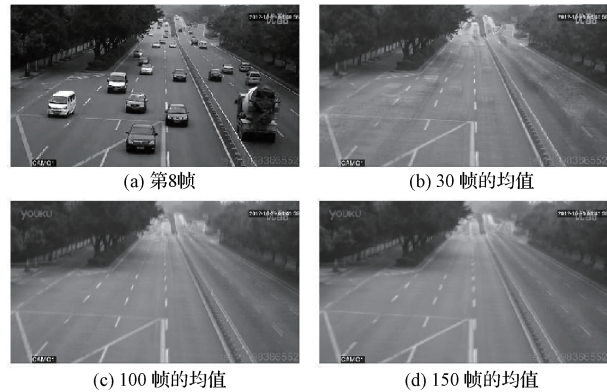


图2 多帧平均的结果

在图2中,图2(a)是前景的第8帧图像,图2(b)是30帧的图像的平均值,在背景中还可以隐约看到车流,图2(c)是100帧图像的平均值,图2(d)是150帧图像的平均值,背景中完全看不到车流。

2.2.2 背景差分

背景差分方法^[6-7]是将输入图像和背景图像做减法来检测运动车辆,从而分割目标区域内的车辆。背景差分的表达式如式(2)、(3)所示。

$$D_i(x,y) = | I_i(x,y) - B_i(x,y) | \quad (2)$$

$$R_i(x,y) = \begin{cases} 0 & D_i(x,y) > T \\ 1 & D_i(x,y) \leq T \end{cases} \quad (3)$$

首先,背景图像 $B_i(x,y)$ 通过式(1)获得,利用式(2)输入图像 $I_i(x,y)$ 与背景图像 $B_i(x,y)$ 相减得到差分图像 $D_i(x,y)$;根据式(3),可以将差分图像的结果转化为二值化图像,若 $D_i(x,y) > T$ (T 是二值化的阈值),则 $R_i(x,y) = 0$,提取的点属于运动车辆;相反,如果 $D_i(x,y) \leq T$, $R_i(x,y) = 1$,黑色的区域属于背景图像。背景差分的结果如图3所示。



图3 背景差分的结果

这是一个最简单和最有效的背景提取算法,但是该方法受光照、天气和外部因素影响较大。

2.2.3 背景更新

为了克服光照、天气和外部因素的影响,本文使用了高斯混合模型^[8-9](GMM)来更新背景。高斯混合模型是由 K 个高斯分布组成,在图像处理中每个像素点被定义为 K 个高斯分布模型来描述像素点的状态。在背景检测中,如果图像的像素点与 K 个高斯模型相匹配,那么像素点就被分类为背景点,相反,分类为前景点。像素点的概率定义为:

$$P(X_n) = \sum_{k=1}^K w_k N(X_n | \mu_k, \sigma_k^2) \quad (4)$$

式中: K 是高斯分布的数量, w_k 是在时刻 n 的第 k 个高斯分布的权值。 μ_k 和 σ_k^2 分别是均值和方差。

2.3 虚拟线圈的设置

设置虚拟线圈^[10-11]的合理与否将直接影响车辆的检测结果,在设置虚拟线圈时,应该考虑线圈的长度、宽度和设置的位置。在视频监控中,处于一帧图像的底部区域,显示的车辆较大,车辆之间的距离也较小。因此,虚拟线圈常常设置在图像的底部,这样可以减少由于车辆之间的距离较小而产生的漏检率。虚拟线圈的宽度是与车道的宽度相同的,线圈的长度设置为小车长度的 $1/3$,线圈的形状设置为平行四边形,尤其需要注意的是平行四边形的两条对边与图像的水平方向是平行的,本系统中在背景图像上设置了 3 个虚拟线圈。

2.4 车辆计数

车辆计数方法是车流量检测的核心,在本文中,使用两种方法对车辆进行计数:一种是连通域分析法,另一种是区域灰度均值法。

2.4.1 连通域分析法

该算法是通过扫描检测区域的二值化图像,把连续区域作同一个标记,常见的有四邻域标记算法和八邻域标记算法。在二值图像中提取连通分量的过程实际上也是标注连通分量的过程。通常的做法是给原图像中的每个连通区分配一个唯一代表该区域的编号,在输出图像中该连通区内的所有像素的像素值就赋值为该区域的编号。

本文中使用的区域分析法计算虚拟线圈内连通区域的数量来统计车流量,具体实现过程如下:

1) 读取 150 帧感兴趣区域图片(虚拟线圈中的二值化图像)作为输入图像;

2) 对线圈区域内的车辆进行闭运算,即将线圈内的车辆轮廓内部进行填充和将轮廓断裂部分连接起来,使得线圈区域的车辆组成一个连通区。

3) 通过计算连通区域的个数来统计车流量,如果当前帧有连通区域,而上一帧图像没有连通区域,那么车辆的计数值加 1,上一帧图像有连通区域,那么车辆数不加 1;如果当前帧没有连通区域,前一帧图像不管有没有连通区域都不加 1。

2.4.2 区域灰度均值法

以虚拟线圈 p_1 为例,利用区域灰度均值法来识别在虚拟线圈中是否有车辆经过。如果没有车辆经过虚拟线圈, p_1 的灰度值和背景值是相同的(值是 0)。如果有车辆经过虚拟线圈中,虚拟线圈中的灰度值将会发生突变,车辆检测原理如图 4 所示。

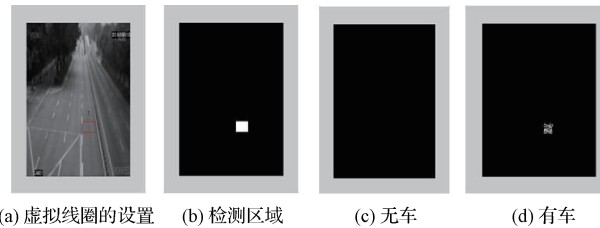


图 4 车辆检测原理

假设在虚拟线圈 p_1 内的区域灰度均值是 A ,像素的数量是 N ,检测区域内每一个点的灰度值是 $f(x, y)$,则区域灰度均值法如式(5)所示。

$$A = \frac{1}{N} \sum_{x,y \in p_1} f(x, y) \quad (5)$$

3 结果和分析

本文中实验硬件平台采用 CPU 2.5 GHz、2 G 内存的计算机,算法在 MATLAB 7.0 软件上得到验证。在将车辆视频转换成静态图片时,视频分帧是非常重要的环节,如果帧数不合理,会导致计数车辆遗漏或重复计数。

在城市道路上,车速一般限定在 20~60 km/h,大约 5.6~16.7 m/s。实验中选择相邻两帧图像合适的时间间隔以确保车辆的行驶距离不超过 3 m。实验中,视频长度 27 s,帧间时间间隔大约从 0.18~0.54 s,视频帧的数量大约 50~150 帧。

实验通过连通域分析法和区域灰度均值法对车辆计数,车流量检测结果如表 1 所示,其中方法 I 代表连通域分析法,方法 II 代表区域灰度均值法,方法 III 代表人工方法。

表 1 车流量检测结果

车道	车道 1			车道 2			车道 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
车辆数	9	9	9	4	5	5	7	8	8
准确率(%)	100	100		80	100		87.5	100	

利用连通域分析法,在车道 1 检测结果是正确的,但在车道 2 和 3 车辆有遗漏。通过分析视频,在虚拟线圈的检测区域内存在车辆变道的情况。

区域灰度均值法的检测结果如图 5 所示。如果有车辆经过检测区域,虚拟线圈的灰度均值将发生突变,同时在灰

度均值图中会产生一个峰值,每个峰值代表一个车辆。在图5(a)中,在150帧的视频中可以检测到9个峰值,所以在车道1中有9辆车。在车道2中,有5辆车经过,从图5(b)可以看出,当第一辆车驶过虚拟线圈后,线圈内的灰度均值并没有立即减到0,而是紧接着出现第2个峰值,分析其原因是:第1、2辆车之间的距离较近,第1辆车刚驶出,第2辆车就接着进入了检测区域。分析以上实验数据,区域灰度均值法可以检测到连通域分析法遗漏的车辆。

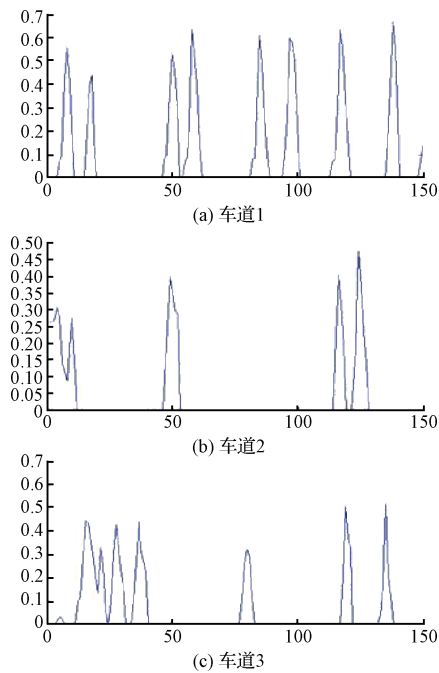


图5 区域灰度均值法的检测结果

为了证实算法的有效性,延长了监控视频的时间到150 s,在实验中,把150 s的视频分割成5段,每段30 s(表2中用I~5表示),车辆计数通过连通域分析法、区域灰度均值法和人工的方式,检测结果如表2所示。从表2可以看出,区域灰度均值法在车辆计数准确性方面要优于连通域分析法。区域灰度均值法的检测精度超过94%。

表2 150 s 视频的车辆计数结果

方法	车道 1			车道 2			车道 3		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	9	9	9	4	5	5	7	8	8
2	12	13	14	11	11	12	5	6	6
3	10	13	13	8	10	10	13	14	15
4	15	15	16	13	13	14	8	8	9
5	21	22	23	10	10	11	10	11	12
车辆数	67	72	75	46	49	51	43	47	50
准确率(%)	89.3	96	100	90.1	96.1	100	86	94	100

4 结 论

本文提出了基于背景差分的车辆检测方法,并通过高

斯混合模型来更新背景,在车辆计数方面,应用连通域分析法、区域灰度均值法两种方法对车辆进行计数,实验结果表明区域灰度均值法在检测的准确率方面要优于连通域分析法,区域灰度均值法可以解决车辆遗漏的问题,检测的准确度也有显著的提高。

参 考 文 献

- [1] 徐勤军,吴镇扬. 视频序列中的行为识别研究进展[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(4):343-351.
- [2] 张韬. 基于视频的车流量检测建模与分析[J]. 计算机与数字工程,2014,42(6):1075-1078.
- [3] 金汉均,梅洪洋. Sobel算子在提取视频运动目标轮廓的应用研究[J]. 电子测量技术,2014,37(11):29-32.
- [4] JIANG D, SHAN Y, WANG D Y, et al. Research on magnetic levitation absolute vibration measurement method in vehicles[J]. Instrumentation,2014,1(2):38-49.
- [5] 黄杏,白彦锋. 基于主动磁检测技术的车辆检测新方法[J]. 国外电子测量技术,2011,30(11):79-82.
- [6] 贺振东,王耀南,刘洁,等. 基于背景差分的高铁钢轨表面缺陷图像分割[J]. 仪器仪表学报,2016,37(3):640-649.
- [7] 陈凤东,洪炳镛. 基于动态阈值背景差分算法的目标检测方法[J]. 哈尔滨工业大学学报,2005,37(7):882-884.
- [8] 周世付,李建雄,沈振乾,等. 基于高斯混合模型的多车道车流量检测算法[J]. 计算机仿真,2012,29(10):331-335.
- [9] CHEN X T, ZHANG L H. High-quality voice conversion system based on GMM statistical parameters and RBF neural network[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications,2014,21(5):68-75.
- [10] LAI A H S, YUNG N H C. Vehicle-type identification through automated virtual loop assignment and block-based direction-biased motion estimation[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,2000,1(2):86-97.
- [11] LIU ZH, HUANG D, LIU Y F. A traffic survey algorithm of video virtual loop[J]. International Conference on Computer Application and System Modeling. Taiyuan,2010(13):439-441.

作 者 简 介

戴晶华,1973年出生,硕士,讲师,主要研究方向为视频交通信息检测技术、数字信号处理等。

郭俊生,1975年生,硕士,讲师,主要研究方向为计算机网络、云计算等。

E-mail:312898129@qq.com