

视频车流量检测中的虚拟检测区域自动提取*

黄凯, 陈淑荣

(上海海事大学 信息工程学院, 上海 201306)

摘要: 针对传统视频车流量检测中虚拟检测区域人为设置, 使得系统不能自动适应不同的车道环境, 灵活性低的问题, 提出了自动提取虚拟检测区域的算法。利用均值法获得粗糙背景, 再通过概率 Hough 变换和车道线特征排除各种干扰线段, 获取车道线并自动提取虚拟检测区域。实验表明, 该算法准确度达到 90% 以上, 实时性较好、鲁棒性高, 对后续实时车流量检测及车速计算等具有较好的应用价值。

关键词: 车流量检测; 虚拟检测区域; 概率 Hough 变换; 车道线

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)01-0034-04

A method of automatic extraction of virtual detection zone in vehicle flow detection based on video processing

Huang Kai, Chen Shurong

(College of Information Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: As the virtual detection zone is set by human in traditional vehicle flow detection system based on video processing technology, the system can not automatically adapt to different lane environments and has low flexibility. So an automatic extraction of algorithm of virtual detection zone is proposed in this paper. Rough background is obtained by using the average method, and then all kinds of interference lines are removed through probabilistic Hough transform and lane line characteristics, and lane lines are obtained and the virtual detection zone are extracted. Experimental results show that the accuracy of proposed algorithm reaches above 90% and has good real-time and high robustness, which has good application value for subsequent real-time vehicle flow detection and speed computing.

Key words: vehicle flow detection; virtual detection zone; probabilistic Hough transform; lane lines

道路监控系统^[1-2]是智能交通系统(ITS)的重要组成部分, 通过采集车道和车辆信息获取各项交通流参数, 对车流量统计及车速计算等 ITS 的应用具有重要意义。目前, 车辆信息检测方法主要有环形线圈检测、红外线检测、超声波检测和视频监控检测方法等。其中, 视频监控检测^[3]具有成本低廉、安装和维护简便、获取信息量大以及灵活等优点, 因而得以广泛使用。

视频车流量检测中, 由于视频帧图像中通常存在大量非车辆区域, 全局扫描会有过多的冗余计算, 因此通常通过截取一定宽度和高度的包含判别所需的足够信息的虚拟检测区域, 再对检测区域中的像素点进行处理, 以统计车流量。而传统虚拟检测区域大多人为固定

设置或人为判断设置^[4-6], 当车道环境参数改变或更新后, 需要重新设置虚拟检测区域, 灵活性差, 且存在部分冗余计算, 不利于实时车辆信息检测和车流量统计。因此, 根据不同车道环境中视频监控图像本身自动获取车辆信息的虚拟检测区域, 成为实时视频车流量检测和计数中急需解决的问题。本文提出了基于概率 Hough 变换和根据车道线特征提取车道线, 并自动获取虚拟检测区域的算法。该算法能有效去除图像帧中的冗余信息, 提取的虚拟检测区域仅覆盖所有要进行车流量检测的车道, 节省了内存, 提高了算法效率, 并能根据车道环境参数的变化自适应获取虚拟检测区域, 鲁棒性好。

1 算法原理

通常, 监控摄像机安装在路旁的支架上或天桥底

* 基金项目: 上海海事大学校基金(20120110)

部,从路旁或道路正中央以俯视的角度拍摄,在拍摄的图像中越靠近图像底部,车辆之间的间隔越大,在一定程度上可以减少车辆遮挡的问题,减少漏检。根据此特点,常规的车辆检测区域通常设置在靠近图像底部的位置。本文算法选取位于图像下方 1/3 的图像进行背景提取和处理,能准确定位和获取需要的虚拟检测区域,大大减少了计算量,并快速、自动生成虚拟检测区域。

算法主要包括 4 部分:(1)粗糙背景图像提取。首先对图像预处理,采用均值法提取图像背景,以便检测车道线;(2)利用概率 Hough 变换检测粗糙背景图像中的直线段,包括车道线和各种干扰直线段;(3)自动生成虚拟检测区域,根据 Hough 变换检测到的直线段,结合车道线自身的特征(如长度、位置和角度信息),提取真实的车道线环境,确定虚拟检测区域的宽度和高度;(4)标记虚拟检测区域。

算法框图如图 1 所示。针对道路交通视频,首先选取前 N 帧图像,对图像灰度化,初始化背景,提取粗糙背景图;然后利用概率 Hough 变化对经过平滑滤波、边缘检测和二值化后的粗糙背景图检测各种直线;再利用车道线的角度、长度和位置等特征排除各种干扰直线,提取车道线,确定车道线长度和位置,自动获取虚拟检测区域;最后标记虚拟检测区域。



图 1 算法框图

1.1 粗糙背景提取

通常,背景初始化方法有单分布高斯背景模型、混合高斯背景模型、平均值法和序列众数法等。基于高斯背景模型计算量大,而平均值法和序列众数法相对简单,更适合实时检测应用。因此,本文采用平均值法对帧图像提取粗糙背景,计算简单,利于实时获取虚拟检测区域。

摄像机拍摄的视频一般是连续 RGB 彩色图像序列,为了提高车辆实时检测的效率,需将彩色图像转换成灰度图像。RGB 彩色图像灰度转换公式为:

$$\text{Gray} = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114 \quad (1)$$

其中,Gray 为灰度图像的灰度值, R 、 G 、 B 分别为彩色图像红色、绿色、蓝色通道的值。

将连续 N 帧灰度图像的同一样素点灰度值累加,将累加值取平均作为该对应像素点的灰度值。遍历整幅图

像的像素,获取粗糙背景图像:

$$A(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i(x, y) \quad (2)$$

其中, $i=1, 2, \dots, n$, $P_i(x, y)$ 为第 i 帧对应点 (x, y) 的像素值, $A(x, y)$ 为该点的平均值。

图 2 为某一帧原图像及其均值法提取的粗糙背景图,其中存在真实背景和混有车辆的伪背景,这是由于 N 取值较小造成的,在车道线检测中将去除这些伪背景造成的干扰直线。为提高算法效率且不影响车道线的准确检测,本文取 $N=20$ 。



(a) 某一帧原图



(b) 粗糙背景图

图 2 某一帧原图像及其提取的背景图

1.2 基于概率 Hough 变换的直线检测

对提取到的粗糙背景进行预处理。首先进行高斯平滑滤波,去除噪声;然后进行 Canny 边缘检测,获得二值化图像,再用概率 Hough 变换对二值化图像进行车道线及各种干扰线段检测。二值化图像如图 3 所示。



图 3 二值化图像

Hough 变换^[7]利用点-线的对偶性,即图像空间共线的点对应于在参数空间里相交的直线。反之,在参数空间中相交于同一点的所有直线都有某一点在图像空间中的同一条直线上。概率 Hough 变换采用随机抽取方式,当某条直线被拟合的次数达到一定阈值时,就记录该直线。概率 Hough 变换能够减少寻找直线的计算时间。直线段提取步骤如下。

(1) 根据 Duda 和 Hart 提出的直线极坐标方程式(3),将二值化图像空间中共线的点 (x, y) 映射到极坐标 $\rho-\theta$ 参数空间,对参数空间进行划分,用累加器对图像空间的像素进行累加。

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

(2) 判断 $\rho-\theta$ 参数空间中累加器的值是否超过阈值 Count0,超过阈值 Count0 时,得到累加器的 ρ 和 θ ,确定图像空间的该条直线。

(3) 遍历 $\rho-\theta$ 参数空间中的所有累加器,确定所有符合条件的直线,并用符号对直线进行标记。

概率 Hough 变换的检测结果如图 4 所示。由图 4 可知,检测到的所有直线中包含车道线 C、D 和 E、F 以及



图4 概率 Hough 变化直线检测结果

干扰直线 A、B、G、H、I、J、K、L。其中, C 和 D 是同一车道的左右边缘, E 和 F 是同一车道的左右边缘, C 和 D、E 和 F 属于同类直线需要合并, 分别只用其中的一条线表示车道线。干扰直线 A、B、K、L 是由车道两边的篱笆栏造成的, G、H、J 是由地面上的字造成的, I 是由前景目标造成的, 根据是否符合车道线倾角、长度和位置等特征排除干扰直线。具体步骤如下:

(1) 比较直线的倾角大小。由于摄像机一般安装在路旁的支架上或天桥底部, 因此视频帧图像中的车道线的倾角一般在 $45^\circ \sim 90^\circ$ 范围内。

(2) 合并同类直线。直线相近且角度相差 30° 范围内的直线合并成一条直线。

(3) 根据车道线的长度、横坐标值和纵坐标值大小等特征, 排除干扰直线, 确定车道线。

(4) 根据车道线的位置和宽度获取虚拟检测区域。

1.3 自动提取虚拟检测区域

针对检测到的车道线和各种干扰直线, 结合车道线的特征信息, 实现自动提取车道线, 算法步骤如下。

(1) 选取倾角大小符合条件的直线。判断概率 Hough 变换检测到的直线倾角是否在 $\theta_1 < \text{slope} < \theta_2$ 的范围内, 其中 slope 为角度的正切值, 如式(4)所示。排除不在范围内的直线, 记录符合条件的直线的首尾坐标 (x_{i1}, y_{i1}) 、 (x_{i2}, y_{i2}) , 直线中点坐标 (x_{i0}, y_{i0}) , 直线长度 dis 。其中 dis 的计算公式如式(5)所示。

$$\text{slope} = \frac{|y_{i2} - y_{i1}|}{|x_{i2} - x_{i1}|} \quad (4)$$

$$\text{dis} = \sqrt{(x_{i2} - x_{i1})^2 + (y_{i2} - y_{i1})^2} \quad (5)$$

其中, $i=1, 2, \dots, n$ 为检测到的直线条数。

(2) 合并同类直线。寻找剩余直线中距离相近且角度相似直线, 若两直线角度差值小于阈值 T_s , 且相邻两直线间中点横坐标差值 Δx (如式(7)所示) 小于阈值 T_x 时合并直线。如图 4 中车道线 C 和 D、E 和 F (A、B、K、L 已排除), 分别保留其中一根较长的直线代表该类在所有直线中属性。经过处理后, 每类中只保留一条直线 D 和 F。

$$\Delta x = |x_{i0} - x_{j0}| \quad (6)$$

其中, x_{i0} 和 x_{j0} 分别为第 i 条直线和第 j 条直线的中点横坐标。

(3) 根据车道线位置和长度排除干扰直线。由车道线中点坐标 (x_{i0}, y_{i0}) 、直线长度 dis 等限定特征进一步排除干扰直线。判断横坐标差值 Δx 、纵坐标差值 Δy (如式(8)所示) 和直线长度差值 Δdis (如式(9)所示) 是否满足设定的阈值条件, 从而确定车道线。

$$\Delta y = |y_i - y_j| \quad (7)$$

$$\Delta \text{dis} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (8)$$

其中, (x_i, y_i) 和 (x_j, y_j) 分别为第 i 条直线和第 j 条直线的中点坐标。

(4) 提取车道线, 确定虚拟检测区域。将检测到的车道线按中点横坐标从小到大排列, 找出中点横坐标最小和最大的车道线, 分别加上 Δx , 确定整个车道的宽度, 再根据车道线的长度、位置信息标记虚拟检测区域。若有 2 条车道线, 则有 3 个车道; 若有 n 条车道线, 则有 $n+1$ 条车道。检测结果如图 5 所示, 方框是自动提取的虚拟检测区域。



图5 自动提取虚拟检测区域

2 实验及结果分析

本文实验基于 OpenCV 和 C++ 语言编程, 计算机环境配置为 2.2 GHz CPU 和 4 GB 内存。采用的数据来源于道路交通监控视频, 视频图片大小归一化为 640 像素 \times 480 像素, 算法对道路监控图像下方的 1/3 进行处理分析, 有效提高了计算速度。

为了验证算法的有效性, 选用了不同天气条件和不同车道环境的交通监控视频进行检测, 分别在晴天和雨天、道路拥挤和畅通情况下自动提取虚拟检测区域。其中用于晴天拥挤和畅通下的视频测试片段数分别为 26, 雨天拥挤和畅通下的视频测试片段数分别为 32。实验结果如表 1 所示。

表 1 不同条件下的检测对比

时间	平均检测时间/s	测试视频片段数	虚拟检测区域正确检测视频片段数	准确率/%	
晴天	畅通	0.373 1	26	25	96.2
	拥挤	0.409 2	26	24	92.3
雨天	畅通	0.374 8	32	30	93.75
	拥挤	0.449 5	32	29	90.63

实验结果表明, 晴天的 26 个交通视频片段中, 在道路畅通时, 有 25 个视频正确提取了虚拟检测区域, 且平均检测时间和准确率明显优于拥挤状况。这是由于拥挤状态下获取的粗糙背景中车道线易被前景车辆污染。可通过增加背景初始化的帧数来提取完整的车道线, 进而提高标记虚拟检测区域的正确率。而晴天的检测准确率高于雨天, 这是由于地面雨水和天气影响导致检测出的车道线不完整引起的。实验自动提取的虚拟检测区域靠近图像的底部, 覆盖整个车道路面。由于记录了车道线的首尾坐标和中点坐标, 因此可以调整虚拟检测区域的高度。

本算法提取道路虚拟检测区域的准确率达 90% 以上,平均检测时间低于 0.5 s,相对于传统人工设置检测区域的方法具有较大优势,能有效提高实时车流量检测和统计的计算效率。

本文针对视频车流量检测中传统虚拟检测区域人工设置的缺陷问题,提出了自动提取虚拟检测区域算法,利用基于粗糙背景图和概率 Hough 变换检测直线(包括车道线和各种干扰直线),根据车道线的倾角、长度和位置等特征提取车道线,最后由车道线自动获取虚拟检测区域。实验证明,提出的算法能够较准确地自动提取出虚拟检测区域,准确率达到 90% 以上,比人工参与设置检测区域更加灵活、方便,且能够自动适应不同的道路环境,效率高、鲁棒性较好。该算法为后续车流量统计和车速预测等应用提供了有效方法。

参考文献

- [1] DICKMANN E D. Computer vision and highway automation[J]. Vehicle System Dynamics, 1999, 31(5): 325-344.
- [2] TOMIZUKA M. Automated highway systems—an intelligent transportation system for the next century[J]. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1997(1): 1-4.
- [3] TSENG B L, LIN C Y, SMITH J R, et al. Real-time video surveillance for traffic monitoring using virtual line analysis[C]. IEEE International Conference, 2002: 541-544.
- [4] 左奇, 史忠科. 一种新的交通流视频检测方法[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(4): 396-399.
- [5] 高磊, 李超, 朱成军, 等. 基于边缘对称性的视频车辆检测算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(9): 1113-1116.
- [6] 李学超. 基于垂直投影和虚拟检测带的车辆检测[J]. 信息与电脑, 2011(4): 36-37.
- [7] 王彩玲, 赵春霞. 基于 Hough 谱的任意形状表示与配准[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(5): 764-769.
- [8] 胡彬. 基于概率霍夫变换的快速车道线检测方法[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(10): 177-180.

(收稿日期: 2013-10-15)

作者简介:

黄凯, 男, 1988 年生, 硕士, 主要研究方向: 图像分析与视频处理。

陈淑荣, 女, 1972 年生, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 通信网交换技术, 视频分析, 视频图像检测。