

文章编号: 1002-0268 (2006) 10-0113-04

高速公路车辆超速检测算法影响因素分析与对策研究

佟守愚^{1,2}, 程三伟³, 李江²

(1. 空军航空大学 航空理论系, 吉林 长春 130022; 2. 吉林大学 交通学院, 吉林 长春 130022;
3. 上海高德威智能交通系统有限公司; 上海 201203)

摘要: 针对高速公路上车辆违章超速行为, 给出了一种基于虚拟视频检测线的车辆速度检测与违章超速行为判定的实用算法。对影响该算法精度的各种影响因素进行了详细的分析, 特别是针对检测线的数量与间距设置、图像采集卡的采集频率等对算法的影响进行了细致的讨论, 并给出了算法条件下, 所能检测的最高理论车速。对在应用中可能存在的漏检、误检情况, 提出了解决办法。通过实验验证了该算法具有良好的适应性和较高的检测率。

关键词: 高速公路; 超速; 虚拟视频检测线; 影响因素

中图分类号: U491.2

文献标识码: A

Influence Factors Analysis and Countermeasure Research on Overspeed Detection Arithmetic of Vehicles on Expressway

TONG Shou-yu^{1,2}, CHENG San-wei³, LI Jiang²

(1. Department of Aviation Theory, Aviation University of Air Force, Jilin Changchun 130022, China;
2. College of Transportation, Jilin University, Jilin Changchun 130022, China;
3. Shanghai Goldway ITS Co. Ltd., Shanghai 201203, China)

Abstract: Speeding is one of the major causes of the accidents on expressways with serious consequences, a great threat to people's life and property. In regard to speeding on expressway the authors offer a practical algorithm for detecting vehicle speed and judging overspeed behavior based on virtual video detection line, giving detailed analysis of every factor affecting the accuracy of the algorithm and the number and spacing of the detection line, the detection frequency of image picking card affecting algorithm in particular, and gives maximum theoretic speed according to the algorithm. As for detection failures and errors in practice, solutions were proposed. The experiment and the research show that this algorithm is adaptable and accurate.

Key words: expressway; overspeed; virtual video detection line; influence factor

0 引言

车辆超速行驶是一种会造成极其严重后果的违章行为。由于车辆超速行驶而导致的事故, 特别是重大、特大事故的比例居高不下, 对人民生命财产安全构成了巨大的威胁。因此, 研究如何利用先进的技术手段检测车速, 并及时提醒司机减速行驶,

对保证运行安全具有十分重要的现实意义。近年来, 利用视频检测技术采集交通流参数已成为交通信息数据采集的一个关键技术。文献[1]应用该技术给出了利用平均车长检测平均车速, 再利用平均车速并结合两条相邻标志线信息推断个体车速的办法。当检测车辆的车长与平均车长差异较大时, 该算法往往会产生较大的误差。文献[2]通过二叉决策树来分

收稿日期: 2005-05-28

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50338030)

作者简介: 佟守愚 (1962-), 男, 吉林龙井人, 副教授, 博士, 从事交通安全方面的研究. (shouyutong@sina.com)

析车辆的压线过程，通过跟踪车头位置，运用最小二乘法计算车辆速度。该算法在获取车辆实际速度时，必须将二维位置信息转化到三维世界坐标中，这一过程中转化算子的选择优劣对检测精度会有很大影响。本文从另一思路出发，设计了一套较为实用的基于虚拟视频检测线的违章超速检测与判定的算法，并对影响该算法检测精度的各种因素进行了详细的分析，同时对可能出现的漏检、误检情况给出了使系统自我纠错并快速恢复的办法。

1 算法描述

超速行驶的车辆由于其运动速度快，车辆检测以及对其运行速度的判断算法必须具有实时性。因此就需要我们在设计车辆违章超速行为检测与判定算法时，在尽量满足检测精度的前提下，减少算法的计算量，提高算法本身的运算速度。为了使算法本身最简化，仅采用了两条间距已知的虚拟检测线。该算法本身只需要精确检测车辆通过前后两条检测线的时间，就可以利用已知检测线间的距离与车辆通过前后两条检测线的时间差的比值计算出车速，从而进行超速违章行为的判定。检测线设置及算法流程如图 1 和图 2。

图 1 为超速检测线 1、2 设置位置图，检测线的长度为单车道的宽度，由于存在透视现象，所以检测线 1 在图像中的长度比检测线 2 要短一些。检测线的宽度理想情况下应该为 1 个像素，考虑到单个像素容易受到云、阴影等因素变化的影响，实际检测线设置成 2~3 个像素的矩形区域，以减少这些因素的干扰。

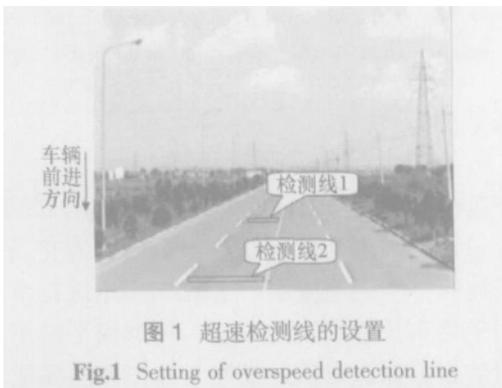


图 1 超速检测线的设置

Fig.1 Setting of overspeed detection line

通过计算车辆经过两条固定距离检测线所用的时间是否小于预设时间来判断车辆是否超速行驶。其中预设时间可由交通管理部门根据公路等级、天气状况等确定的具体限速要求而事先给定。算法流程如图 2 所示。车辆超速检测的详细过程如下：

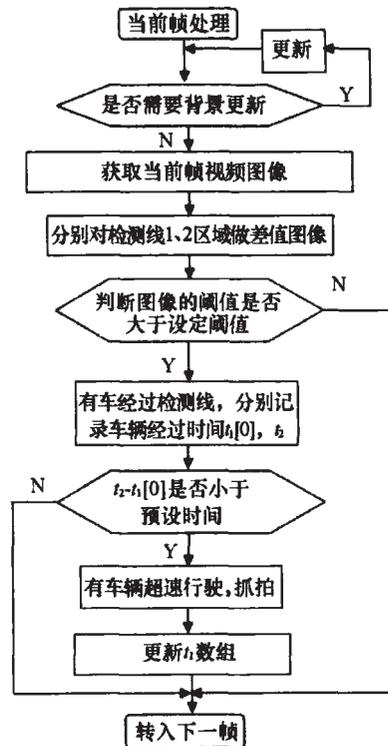


图 2 超速检测算法流程图

Fig.2 Block diagram of overspeed detection algorithm

第 1 步：得到 1、2 检测线区域的无车状态下的背景图像（彩色、灰度、色度、边缘），特定情况下进行背景更新，背景更新参考了文献 [3, 4] 的更新算法。

第 2 步：得到 1、2 检测线区域的当前帧图像（彩色、灰度、色度、边缘）。

第 3 步：得到 1、2 检测线区域的灰度差、色度差、边缘差的二值图像。通过灰度差的变化，判断是否要进行色度检验，如果灰度差值变化达到设定阈值，表明可能有车经过，也可能是云彩或风中树影，再进行色度检验。通过色度差的变化，判断是否有颜色的车，如果色度检验的阈值达到设定的阈值，即可判断为车。如果色度检验的阈值没有达到设定的阈值，再进行边缘差的检测来判断是否是黑车。因为黑车的颜色和地面非常接近，只考虑色度的变化有可能把黑车给漏掉。当检测区域边缘差的阈值达到设定阈值，也判断为车。其中设定的灰度差阈值、色度差阈值和边缘差阈值参考了文献 [5~7] 中的方法，并通过实验进行确定。

第 4 步：当检测线 1 上判断车辆到达时，记下此时时间到 t_1 数组。

第 5 步：当检测线 2 上判断车辆到达时，记下此时的当前时间 t_2 ，并计算车辆通过两条检测线的时间

间差 $t_2 - t_1 \in [0]$ ，判断车辆是否超速行驶，并更新数组 t_1 和 t_2 中的时间记录。

2 算法影响因素分析

(1) 检测线的间距及数量对精度的影响

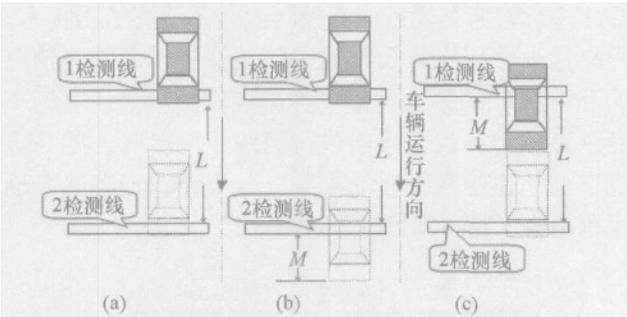


图 3 车辆经过检测区域的情况分析图

Fig.3 Analysis of cases for vehicle crossing detection line

如图 3 所示，(a)、(b)、(c)图为车辆通过 1、2 检测线时，车辆所处的不同位置。(a)图为正确检测情况，(b)、(c)图为车辆通过检测线时出现误差的两种情况。设两条检测线间隔的长度为 L ，同一车辆通过 1、2 检测线时误差距离为 M ，系统记录到的时间为 T ，则(a)图车速应该为 L/T ，(b)图车速为 $(L+M)/T$ ，(c)图车速为 $(L- M)/T$ ，即测量出的速度的相对误差为 $(M/L) \times 100\%$ 。因此检测线的间隔对速度的检测精度有很大影响。

在视频视野的范围内，如果检测线的条数多，相邻两条检测线间的距离 L 就短。当 L 小于车长时，有可能出现同一帧内车辆同时经过两条检测线的情况。因此，检测线的数目不应过多，而且两条检测线间的距离不应太短。

如果两条检测线间的距离 L 很长，由于透视现象的存在，检测线 1 在图像中的长度就会越短，检测线 2 的长度就会越长。检测线的长度过短，也会造成检测线 1 容易受到光照、天气等因素变化的影响。检测线 2 的长度过长，检测的区域就会越大，处理起来的时间就会很长。因此，根据实际情况合理设置检测线的间距和数量对准确计算车速很有帮助。

(2) 图像采集卡采集频率对精度的影响

采集频率决定了影响车速的程度，如最高车速为 120 km/h，采集卡的采集频率为 40 ms，每帧图像采集时间内，车辆超过检测线的最大距离为 $120 \times 0.04/3.6=1.33$ m，也就是说 M 最大为 1.33 m。令 $L=20$ m，则测量出的速度相对误差为 $(1.33/20) \times 100\%=6.65\%$ ，即如果要让速度检测理论精度在 93.35%以

上，实际检测线的距离 L 应设置为不小于 20 m。从上述计算可知采集频率越高，精度也越高。

(3) 高速行驶车辆的速度检测

为了降低误检的情况，本算法用检测区域来代替实际的检测线。图像上的 1、2 检测线实际宽度为 2~3 个像素。由透视原理可知，图像上 2~3 个像素所代表的实际距离，检测线 1 要比检测线 2 大。车速很高时，在 2 检测线不漏检，在 1 检测线也不会漏检。本文采用的采集卡采集频率为 25 fps，即 40 ms 采集一帧图像，随着车辆行驶速度的提高，受系统图像采集速率的限制，可能会出现如图 4 所示的情况。在第 N 帧时，车辆还没有进入检测线 2 的检测范围。在第 $N+1$ 帧，车辆已经在检测线 2 的检测范围以外了，因此车辆在检测线 2 未被检测出来。在此过程中车辆驶过的最短距离为车长与检测线 2 的实际宽度之和。假设最小车长为 2 m，检测线 2 的极限宽度最小为 0，所用时间为 40 ms，此时车辆的行驶速度最低为 $2 \times 3.6/0.04$ km/h=180 km/h。当车速大于 180 km/h 时，便有可能出现漏检的情况。当检测线的宽度变大时，或是车身长度变大时，都会使检测车速上限提高。

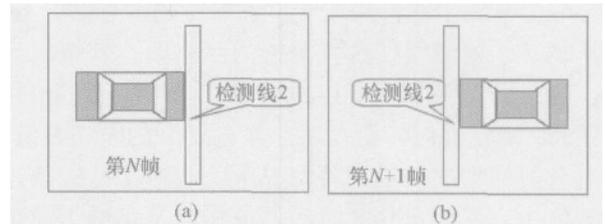


图 4 车辆刚好漏检示意图

Fig.4 Diagram of failed vehicle detection

3 对策方案

理论上经过检测阈值的不断调整，车辆通过检测线 1 与检测线 2 时不存在漏检的情况，上述算法也是在不存在漏检的情况下，才能正确计算车速。实际上，当车辆通过检测线 1 与检测线 2 区域时，如果出现车辆在检测线 1 或检测线 2 漏检的情况， $t_2 - t_1 \in [0]$ 的差值将不再是同一辆车通过检测线 1 与检测线 2 的时间差。在这种情况下，就会出现车辆速度计算的错误，导致超速违章行为的误检。实际中，由于视频检测受光线、天气等因素的影响较大，背景和阈值的更新会有一个自适应的过程。在这种情况下，难免会有因背景或阈值来不及更新而造成漏检的情况存在。同时前后两辆车距离较近时由于阴影等原因产生相互遮挡也可能造成车辆在通过检测

线时漏检。因此对该算法在检测线1或检测线2漏检的情况必须考虑,并在尽可能短的时间内快速纠正错误,使检测系统恢复正常。考虑到超速行驶情况下20m的检测线距离内最多出现2辆车连续通过检测线的可能性比较大,以下就算法在这种情况下进行自我检查错误并进行快速纠正的具体过程叙述如下:

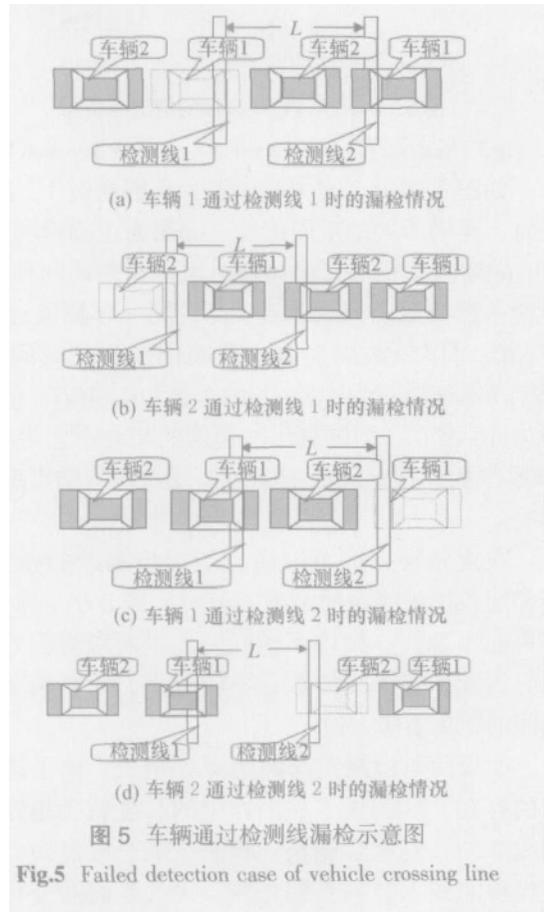
Step1: 当 $t_1[0]$ 为 0 时, t_2 也应该为 0。即没有车辆通过检测线1时,检测线2不会有车辆通过。

Step2: 假设高速公路设计最高车速为 HS km/h, 车辆行驶最低限速为 LS km/h, 那么车辆通过两条检测线所用的时间一定在 $[(L-M) \times 3.6/HS, (L+M) \times 3.6/LS]$ s 的区间之内。若 $t_2 - t_1[0]$ 的差值不在此范围之内,即可认为车辆超速判断出现错误,车辆通过检测线时出现了错检的情况。这时对 t_2 和 t_1 数组进行清空处理,完成误检情况的快速恢复。

Step3: 若车辆通过检测线发生漏检时,可能出现如图5所示的情况。

如图5所示,当车辆1与车辆2连续通过检测线1与检测线2时,(a)为车辆1在检测线1位置漏检的示意图,(b)为车辆2在检测线1位置漏检的示意图,(c)为车辆1在检测线2位置漏检的示意图,(d)为车辆2在检测线2位置漏检的示意图。若情况为(a),当车辆1经过检测线2被判断是车时, t_2 的值得到更新,算法此时将会自动计算 $t_2 - t_1[0]$ 的时间差值,此时分两种情况。第1种情况下,车辆2已经通过检测线1,则 $t_2 - t_1[0]$ 的时间差值将会是车辆1通过检测线2与车辆2通过检测线1的时间差值。第2种情况下,车辆2还没有通过检测线1,则此时 $t_1[0]$ 为 0,满足 step1 的条件,令 t_2 也为 0。若情况为(b),此时也分为两种情况。第1种情况下,车辆2通过检测线2时,其后面的车辆为叙述方便,定义为车辆3)已经通过检测线1,此时计算出的 $t_2 - t_1[0]$ 值将会是车辆2过检测线2与车辆3过检测线1的时间差值。第2种情况,若车辆2通过检测线2时,车辆3未通过检测线1, $t_1[0]$ 为 0,此时同样令 t_2 也为 0。若情况为(c),当车辆2通过检测线2时,此时计算出的 $t_2 - t_1[0]$ 值将会是车辆2过检测线2时刻与车辆1过检测线1的时间差值。若情况为(d),当车辆3通过检测线2时,此时计算出的 $t_2 - t_1[0]$ 值将会是车辆3过检测线2与车辆2过检测线1的时间差值。经分析可知,在情况(a)和情况(b)的第1种情况以及(c)和(d)情况下,都会出现 $t_2 - t_1[0]$ 计算出的时间差值比车辆实际通过的时间差值相对要小,即车辆在通

过检测线1漏检的情况下,容易造成车辆超速违章行为的误判。也就是说,当实际计算的 $t_2 - t_1[0]$ 的值不在 $[(L-M) \times 3.6/HS, (L+M) \times 3.6/LS]$ 的范围之内,且小于 $(L-M) \times 3.6/HS$ 时,不仅要对系统进行快速恢复,即将 t_2 与 t_1 数组设置为 0,同时还意味着前几次抓拍违章超速车辆可能有误。此时系统要给出提示,通知违章数据库将误判的车辆图像予以删除。情况(a)和情况(b)的第1种情况告诉我们,当前后2辆车距离较近,且连续通过检测线1漏检时,容易造成车辆超速违章行为的误判。这也给我们删除车辆违章超速误判图像提供了依据。



4 结论与展望

本算法通过课题实验,检测效果表现良好。实验结果分析如表1所示。表1中,

$$\text{识别率} = \frac{\text{正确检测违章数}}{\text{违章总数}} \times 100\%$$

$$\text{虚报率} = \frac{\text{虚报违章数}}{\text{检测违章数}} \times 100\%$$

当车辆误检时,系统自动给出误检提示,误抓的车辆得以正确删除。

从算法的分析可以看出,基于虚拟视频检测线进行违章超速监测与判定算法的精(下转第123页)

ENT 数据访问对象设置外部数据的访问。本文以 Visual Basic.NET 为开发语言，开发了城市交通地理信息系统，在该系统环境中，编程实现用地与交通影响预测模型算法，便捷、可靠地实现城市各行政区域及其功能小区的停车需求预测。预测功能设计及系统运行界面如图 3 所示。



3 结束语

本文在研究停车需求预测的基础上，建立了可靠、精确的用地与交通综合影响的预测模型，并设

计其编程算法；然后以 VB.NET 为开发语言，借助 MapX 组件技术，开发城市停车需求预测系统；该系统可以直观、便捷地预测任意区域的日停车需求及高峰停车需求量，为城市停车设施布局规划、综合交通规划提供定量依据。

参考文献：

- [1] 齐锐, 等. 用 MapX 开发地理信息系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 徐吉谦, 等. 交通工程总论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [3] 关宏志, 等. 停车场规划设计与管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [4] 许欣. 停车需求预测及规划管理的研究[D]. 北京工业大学, 2001.
- [5] 万涛. 城市停车需求预测及停车场规划管理研究[D]. 北方交通大学, 2003.
- [6] 章其详, 等译. VB.NET 大学教程 (国际版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [7] 张锦. 城市停车场规划方法及其应用研究[J]. 城市交通, 2003, (1): 23- 27.
- [8] 陈国钧. 建立多元线性回归方程的广义逆方法 [J]. 武汉科技大学学报, 1996, (4): 505- 509.

(上接第 116 页)

表 1 违章超速行为检测结果分析

Tab.1 Detection results of pccant overspeed behavior

违章行为	违章总数/次	检测违章数/次	正确检测违章数/次	虚报违章数/次	漏报违章数/次	识别率/%	虚报率/%
超速行驶	20	20	19	1	1	95	5

度受视频采集卡的采集频率以及检测线的间距、数量影响很大。当视频采集卡的采集频率较低时，为了保证车速的检测精度，两条虚拟检测线的设置距离较大，车辆连续通过两条检测线的时间间隔较长，两条虚拟检测线之间出现误检的情况就相应增多。采集卡的采集频率较低，同时也影响了算法所能检测的车辆最高行驶车速。实际应用中，采用高速摄像机及采集频率较高的采集卡，并合理设置检测线间距与数量对提高该算法检测与判别精度具有十分重要的意义。

另外，在高速公路上，虽然超车行为较为普遍，但在超速行驶状态下，在较短的距离间隔内实现转换车道超车的情况并不多见，所以本文对此未加考虑。然而这也正是文中检测算法需要进一步改进和

完善的一个研究方向。

参考文献：

- [1] 魏武, 张起森, 王明俊, 黄中祥. 基于计算机视觉和图像处理的交通参数检测[J]. 信息与控制, 2001, 30(3): 257- 261.
- [2] 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.
- [3] 徐晓夏, 陈泉林. 智能交通监控系统中的自适应背景更新算法研究[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2003, 9(5): 420- 422.
- [4] KARMANN K P, BRANDT A VON. Moving object recognition using an adaptive background memory[C] //CAPELLINI V. In Proc Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition. 1990, 2: 297- 300.
- [5] 王茜, 彭中, 刘莉. 一种基于自适应阈值的图像分割算法 [J]. 北京理工大学学报, 2003, 23(4): 521- 524.
- [6] CINQUE L, LEVIALDI S, ROSENFEILD A. Fast pyramidal algorithms for image thresholding[J]. Pattern Recognition, 1995, 28(6): 901- 906.
- [7] CHENG H D, CHEN J R, LI JIGUANG. Threshold selection based on fuzzy c-partition entropy approach[J]. Pattern Recognition, 1998, 31(7): 857- 870.