

文章编号: 1002-0268 (2011) S1-0005-04

基于图像识别与追踪技术的高速公路 交通事件有效检测范围

方正鹏, 孙 岳, 陈 建
(交通运输部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 针对视频交通事件检测器的有效检测范围目前在行业内产生的广泛争议, 结合摄像机安装高度、安装角度、摄像机性能指标, 通过理论计算和试验验证, 得到视频交通事件检测系统对相关交通事件的合理检测范围, 从而为高速公路全程视频监控系统外场监控摄像机的布设间距、布设方式提供数据支持, 实现高速公路全程无盲区智能化监控识别。计算结果表明, 对于小汽车停驶等交通事件, 其有效检测距离大于 1 000 m 的传统说法是不准确的, 目前的技术水平很难达到, 其合理检测距离应该在 500 m 左右, 试验数据验证了这一说法, 但视频交通事件检测系统的有效检测距离后续会随着摄像机性能的不断增强而有所提高, 从而满足高速公路监控系统不断提高的监控需求。

关键词: 交通工程; 有效检测范围; 推算及试验; 交通事件检测器

中图分类号: U491

文献标识码: A

Effective Detection Range of Expressway Traffic Incidents Based on Picture Identification and Tracking Technology

FANG Zhengpeng, SUN Yue, CHEN Jian
(Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: For a wide range of disputes about effective detection range of video traffic incident detection in the industry at present, combined with the camera mounting height, mounting angle, camera performance, through theoretical calculation and experimental verification, the related traffic incidents and reasonable range are obtained by video traffic incident detection system to provide data support for layout of field surveillance cameras of entire video surveillance system for expressway to achieve expressway complete smart and no-blind identification. The results show that the traditional version that the effective detection range of more than 1000 m for car stop running and other traffic incidents, which is difficult to be achieved by current level of technology, is not accurate. Its reasonable detection distance should be about 500 m, which is verified by experimental data, but this effective detection range will be increased with the continuous improvement of camera performance to meet the increasing monitoring requirements of expressway surveillance system.

Key words: effective detection range; calculation and experiment; traffic incident detector

0 概述

基于图像识别与追踪技术的视频交通事件检测技术目前在高速公路领域获得了广泛应用, 我国主

要的高速公路大省在道路监控中基本都采用了该技术, 其在道路、隧道、桥梁等安全监控及应急响应中发挥了重要作用, 该技术的先进性和良好前景在行业内已得到广泛认同, 但目前行业内对于该系统

收稿日期: 2011-04-19

作者简介: 方正鹏 (1977-), 男, 硕士, 工程师. (zp.fang@rioh.cn)

的监控与事件检测范围指标却出现了诸多质疑,提出目前国内外各商家对其系统的检测范围的宣传有一定的不实或夸大层面,值得深入地研究与探讨。

1 技术发展现状

从上世纪 90 年代末和本世纪初,国外部分产品如 Autoscope、Vantage、Citilog、Traficon 等系列产品在中国初步应用开始,经过短暂的 10 a 发展,目前我国国内的技术水平已经与国外水平相当,并且国

内已经具有 10~20 家的整体规模,能基本满足行业的发展需求。

受高速公路蓬勃发展和道路交通安全水平要求不断提高的促进,近年来高速公路视频监控与事件检测技术得到不断增强,除具备对一般的异常停车、行人干扰、道路遗撒物进行监控检测的常规检测功能外,对隧道火灾、道路能见度、地质灾害等也研究出了一整套的检测手段(见图 1),极大地丰富了视频监控与检测手段的内容与形式。

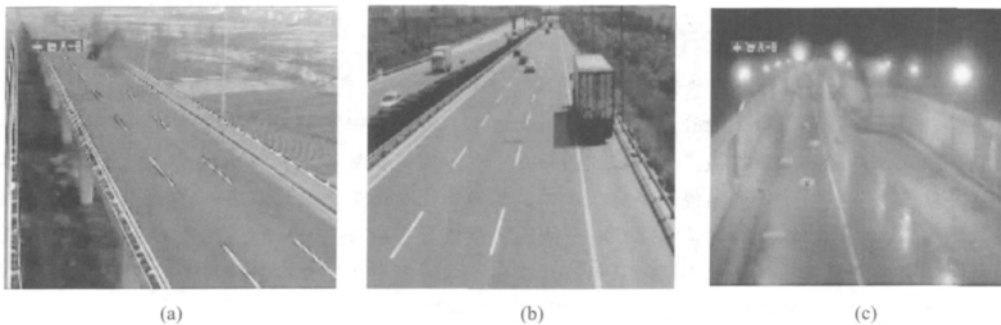


图 1 道路火灾、异常停车、道路遗撒物等交通事件检测

Fig. 1 Detection of road fire, unusual parking, releasing, and other traffic incidents

目前一些经济发达省份如广东、江苏等,将该技术与全程监控技术紧密结合,采用 1~2 km 布设一套摄像机的高密度布设方式,配合后端的检测技术,将高速公路全程纳入实时监控范围之内,极大的丰富了道路管理的手段和形式,客观上提高了监控与应急响应的效率。

2 事件有效检测范围的研究与探讨

在高速公路全程监控系统中,有效的视频监控与事件检测范围是一项重要的技术指标,它直接关系到摄像机的布设方式设计和将来监控系统的整体运行效果,翻阅部分国内外厂家的宣传资料不难发现,多数标称其系统检测范围能达到 1 km,也就是说在摄像机安装位置 1 km 的范围内,异常停车、行人干扰等任何事件都能正常检测。

依据目前的技术发展现状,探索合理的视频监控与事件检测范围是行业人士普遍关心的问题,本文将结合理论推算数据和实际的工程使用经验进行一些基础性的研究和探讨,力求对上述争议问题给出科学合理的理论与数据支持。

目前高速公路视频监控摄像机一般采用侧向安装方式,安装高度为 10~15 m 范围的较为常见,如图 2 示。图 3 为外场监控摄像机监控示意图,摄像机的监控范围和检测距离与摄像机本身性能参数和

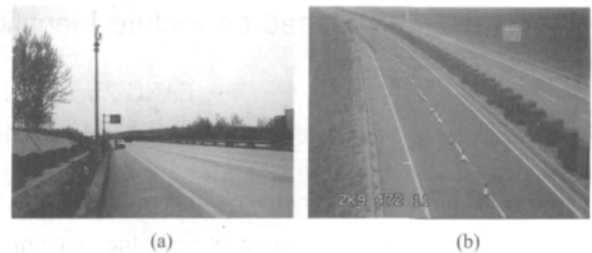


图 2 路侧安装的高速公路外场监控摄像机及交通事件检测报警

Fig. 2 Surveillance cameras installed on roadside of expressway, traffic incident detection and alarming

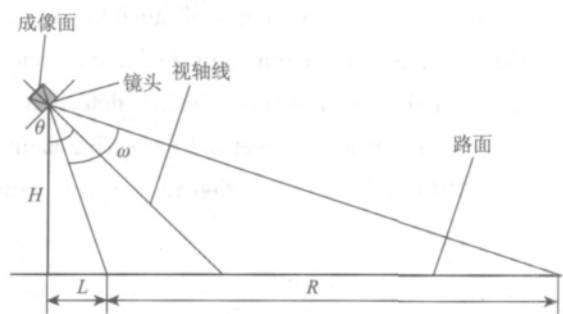


图 3 摄像机监控示意图

Fig. 3 Schematic diagram of camera monitoring

安装位置及角度等都有较大的关系,如与摄像机本身性能相关的参数 CCD 尺寸、焦距、水平分辨率、信噪比、最低照度,与摄像机安装相关的参数安装高度、稳定性、俯视角等。图 3 中, R 为观察范

围; H 为摄像机高度; θ 为摄像机视轴俯角; ω 为摄像机全视场角; L 为起始检测距离 (监控盲区)。

根据监控摄像机系统成像原理, 结合图 3, 可做如下公式推导^[1]:

$$R = H \frac{2\sin\omega}{\cos 2\theta + \cos\omega}, \quad (1)$$

$$\omega = 2\arctg(d/2f), \quad (2)$$

$$L = H \times \tg(\theta - \omega/2), \quad (3)$$

式中, d 为 CCD 靶面高度; f 为摄像机镜头焦距。

以国内某高速公路全程监控系统为例, 监控摄像机安装高速 15 m, 采用 SONY ICX259AX 型 CCD^[2], 焦距 5.1 ~ 51 mm, CCD 相关参数如表 1 所示。

表 1 ICX259AX 型 CCD 参数表

Tab. 1 ICX259AX type CCD parameter table

CCD 靶面规格	1/3"	有效像素 (mm × mm)	752 × 582
水平宽度 W /mm	4.8	总像素 (mm × mm)	795 × 596
垂直高度 H /mm	3.6	像素尺寸 l ($\mu\text{m} \times \mu\text{m}$)	6.50 × 6.25

若将安装俯视角调整为 70° , 焦距 f 调整为 5.1 mm, 由表 1 可查得 CCD 靶面高度 d 为 3.6 mm, 则根据公式得到如下计算结果:

$$\omega = 2\arctg(d/2f) = 38.9^\circ;$$

$$L = H \times \tg(\theta - \omega/2) = 18.2 \text{ m};$$

$$R = H \frac{2\sin\omega}{\cos 2\theta + \cos\omega} = 1516.5 \text{ m}.$$

从试验情况来看, 将系统设定为上述参数值时, 能取得较为理想的观测画面, 监控范围合适, 现就在该监控视域内, 对视频交通事件检测的有效检测范围进行讨论, 设一辆小汽车正运行到观察范围 R 上的某一点, 摄像机立柱到该点 (汽车尾部) 的距离为 $L + K$, 成像靶面上该点的投影到中心点的距离为 J , 汽车顶部靶面上该点的投影到中心点的距离为 j , 如图 4 所示。

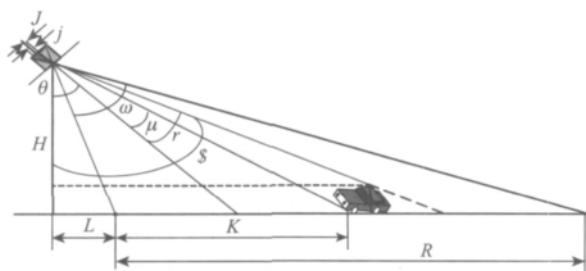


图 4 小汽车运行位置及成像投影示意图

Fig. 4 Car's running position and imaging projection diagram

根据摄像机系统成像原理, 结合图 4, 可做如下公式推导:

$$\mu = \arctg((L + K)/H) - \theta, \quad (4)$$

$$J = f \times \tg\mu, \quad (5)$$

式中, μ 为车尾投影线与视轴的夹角; J 为车尾在靶面上的成像点到靶面中心的距离;

车辆由近及远行驶时, 车辆在靶面的成像会越来越小, 直到后来变为一个像素点并最终和背景完全融合消失, 但从图像处理的角度来说, 当车辆成像像素数少于一定数量的时候, 系统将不再具备将其从图像背景中分辨出来并进行交通事件检测的能力; 目前普通小汽车一般长度为 3.5 ~ 5 m, 宽度为 1.5 ~ 2 m, 高度为 1.5 m, 设一辆小汽车行驶到 $K = 200$ m 处, 该车长度为 4 m, 当车辆由近及远时, 车辆在路面形成的投影会逐步变大, 车辆顶部的前端一般形成投影的最远端, 车辆顶部的前端距离车尾约为 3 m, 已知车高为 1.5 m, 可做如下推算:

$$r = \arctg((L + K + 3)/(H - 1.5)), \quad (6)$$

$$j = f \times \tgr, \quad (7)$$

式中, r 为车辆顶部投影与视轴的夹角; j 为车辆顶部在靶面上的成像点到靶面中心的距离。

查表 1 已知像素尺寸为 $6.50 \mu\text{m} \times 6.25 \mu\text{m}$, 则根据式 (4) ~ (7), 得到如下推算结果:

$$\{N = f \times \tg\{\arctg[(L + K + 3)/(H - 1.5)] - \theta\} - f \times \tg[\arctg((L + K)/H) - \theta]\} / [6.25 \times 0.001] \approx 14,$$

式中, N 为汽车在靶面垂直高度上所占的像素。

同样, 当选择不同的参数时, 其他推算结果如表 2 所示。

表 2 各位置点成像结果

Tab. 2 Imaging results of different locations

镜头焦距 f /mm	5.1										
位置 K /m	50	100	200	300	400	500	600	700	800	1 000	1 500
像素数 N	40	25	14	10	8	6	5	4	4	3	2

3 结论与展望

从上述推算结果可知, 当小汽车运行到 500 m 的位置时, 在 CCD 垂直高度上汽车成像数量下降为 6, 此后成像像素进入一个缓慢变化期, 如图 5 所示, 最后系统不能再把汽车从复杂的背景环境中区分开来, 系统将完全失去对该车辆的识别与跟踪能力。

理论推算和多次试验表明, 在 $K < 500$ m 时, 只要调节合适的焦距大小和恰当的俯视角, 一般的视频交通事件检测系统都能完成车辆停驶等大目标

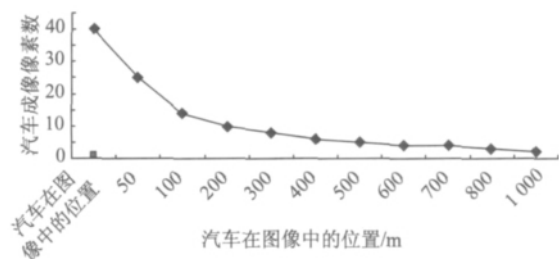


图5 汽车运行位置与像素变化情况图

Fig. 5 Car's running positions and pixel changes

交通事件的检测,但当 K 为500~800 m后,系统检测的难度将大大增加,检测精度下降, $K > 1\,000$ m后,基本失去检测能力,所以诸多厂家所说的检测距离1 km以上是不准确和不科学的。

图6、图7是一辆小汽车运行过程中两个不同位置的图像和图像二值画图,当车辆处于较远的位置时,从图中我们可以看出此时该车辆的信号已十分微弱,跟踪和检测难度很大。

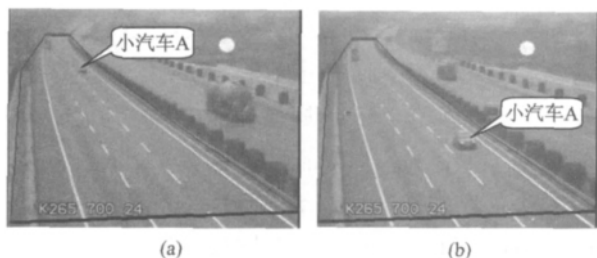


图6 小汽车A运行在同一画面中的两个不同位置

Fig. 6 Display of car A running at two positions in the same screen

不过随着大尺寸 CCD 系统的不断问世和高清视频系统的逐步采用及图像处理算法的不断提高与完善,提高视频交通事件检测系统的有效检测距离是完全可能的,也只有这样,才能充分适应市场和满足监控系统的客观需求。

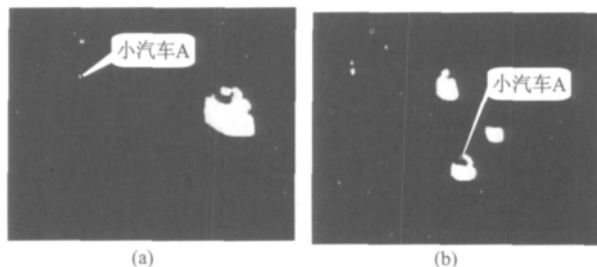


图7 小汽车A在图6同一画面中两个不同位置的二值化图

Fig. 7 Binary map of car A at two positions in the same screen in Figure 6

参考文献:

References:

- [1] 王钧生.《视频交通事件检测器》国家标准征求意见稿回函[M].深圳:深圳市哈工大交通电子技术有限公司,2010.
WANG Junsheng. Reply Letter for National Standard Draft "Video Traffic Incident Detector" [M]. Shenzhen: Hite Traffic Technology, Inc., 2010.
- [2] SONY ICX259AK Diagonal 6 mm (Type 1/3) CCD Image Sensor for PAL Color Video Cameras [M].

(上接第4页)

- [3] SACKMAN H, MONAHAN B, PARSONSON P S, TREVINO A F. Traffic Control Systems Handbook [M]. U. S.: Department of Transportation, 1996, 234-236.
- [4] 王殿海,汪志涛.车队离散模型研究[J].交通运输工程学报,2001(1): 21-26.
WANG Dianhai, WANG Zhitao. Study on Platoon Dispersion Model [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001(1): 21-26.
- [5] 杨佩昆,黄文忠,车丕明.城市道路车队离散过程中的交通流模型[J].同济大学学报:自然科学版,1994(3): 42-48.
YANG Peikun, HUANG Wenzhong, JU Piming. Traffic

Flow Model in Consideration of Vehicle Platoon Dispersion on Urban Roads [J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition, 1994(3): 42-48.

- [6] 王殿海.交通流理论[M].北京:人民交通出版社,2002.
WANG Dianhai. Traffic Flow Theory [M]. China Communications Press, 2002.
- [7] 孙剑,杨晓光,刘好德.微观交通仿真系统参数校正研究[J].系统仿真学报,2007(1): 55-58.
SUN Jian, YANG Xiaoguang, LIU Haode. Study on Microscopic Traffic Simulation Model Systematic Parameter Calibration [J]. Journal of System Simulation, 2007(1): 55-58.