

# 基于 VISSIM 的 高速公路交通事件仿真及数据处理

程学庆<sup>1</sup> 唐瑞雪<sup>2</sup> 朱海<sup>1</sup> 樊旭斌<sup>3</sup>

1. 西南交通大学, 交通运输学院, 成都 610031
2. 中国工程物理研究院, 应用电子学研究所, 绵阳 621900
3. 北京航空航天大学, 可靠性与系统工程学院, 北京 100191

**摘要:** 交通事件检测是智能运输系统的重要部分。本文简要归纳了交通事件检测的方法。利用 VISSIM 的 incident 模块模拟单向三车道高速公路直线路段因车抛锚引起的拥堵, 由检测器记录交通事件发生前后的交通流数据。利用 Matlab 语言对原始数据进行处理, 并提出利用小波技术对交通事件进行检测的新方法。

**关键词:** 高速公路; 交通事件; 事件检测; VISSIM; 小波分析

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2010)04-0014-07

## Simulation and Data Processing of Highway Traffic Incident Based on VISSIM

CHENG Xue-qing<sup>1</sup> TANG Rui-xue<sup>2</sup> ZHU Hai<sup>1</sup> FAN Xu-bin<sup>3</sup>

1. College of Traffic & Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China
2. Insitute of Applied Electronics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, Sichuan, China
3. Department of Reliability and System Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China

**Abstract:** Traffic incident detection is a significant part of ITS. A brief review of several algorithms applied in traffic incident detection was given in this paper. Based on the model

收稿日期: 2009-12-16.

**作者简介:** 程学庆(1978-), 男, 江苏连云港人, 博士, 西南交通大学交通运输学院副教授, 从事交通运输规划与管理、交通运输安全理论及技术、交通运输系统决策与优化、智能交通理论与应用技术、系统科学理论与方法等方面研究。

of incident in VISSIM software, we simulated an one-way straight highway with three lanes and with a car broken down on it. The data collection points can record the traffic parameters before and after the traffic incident happens. Original traffic parameters were processed based on Matlab language and an updated detection method based on wavelet analysis was proposed.

**Key words:** Highway, traffic incident, incident detectio, VISSIM, wavelet analysis

## 0 引言

近年来,我国高速公路事故增长迅速、事故数及致死率远较发达国家为高。高速公路交通事件为社会生产带来严重的经济损失,给人民生命造成严重伤害,所以,加强高速公路的交通事件管理势在必行。交通事件管理是先进的交通管理系统(Advanced Traffic Management Systems, ATMS)重要组成部分<sup>[1]</sup>,通过计划和协调手段使处于事故状态的高速公路尽快恢复正常运行。在交通事件管理系统中,交通事件检测是核心和前提。

交通事件(Traffic incident)是能够导致道路通行能力下降或交通需求不正常升高的各种事件,一般分为可预测事件和不可预测事件两类。本文研究的是不可预测事件,包括由交通事故、故障停车、货物散落等引起的交通堵塞<sup>[2]</sup>。高效、可靠的事件检测技术对于制定恰当的响应策略(组织救援等)、控制和引导其它车辆避开事发现点、为驾驶员提供实时的交通信息,避免二次事件的发生,从而使事件总的影响降到最低都非常重要。同时,交通事件检测对于 ITS 的一些子系统诸如动态路径诱导系统、公共交通智能化调度系统等也有重要的意义<sup>[3]</sup>。

## 1 交通事件检测及仿真

### 1.1 交通事件检测算法

交通事件检测是国内外学者研究的热点和难点问题,其研究方法可以归纳为以下六种类别。

(1)比较法:对比交通参数的实测值和预设值(阈值),当实测值超过阈值时,触发报警系统。主要包括:加利福尼亚(California)算法<sup>[4]</sup>、莫尼卡(Monica)

算法<sup>[5]</sup>。

(2)时间序列算法:消除随机波动、交通脉冲和压缩波等对交通的扰动,观察经过处理的数据和预设阈值进行比较,若有显著差异证明有事件发生。主要包括:时间序列(ARIMA)算法<sup>[6]</sup>、占有率(HIOCC)算法<sup>[7]</sup>、低频滤波(LPF)算法<sup>[8]</sup>、荷兰(Dutch)算法<sup>[9]</sup>。

(3)统计算法:使用统计原理判定检测数据是否和观测数据存在显著差异。主要包括:贝叶斯(Bayesian)算法<sup>[7]</sup>、标准差(SND)算法<sup>[10]</sup>。

(4)交通模型及理论算法:使用复杂的交通流理论描述和预测有事件发生和无事件发生的交通行为。主要包括:动态模型算法<sup>[2]</sup>、突变理论(McMaster)算法<sup>[11]</sup>。

(5)新事件检测算法:模糊算法<sup>[12]</sup>、神经网络算法<sup>[13]</sup>、小波(包)分析算法<sup>[14]</sup>等。

(6)低流量事件检测算法:大多数算法在低流量交通状态下会失效。德克萨斯交通协会使用某公路段车辆的输入输出分析来确定事件是否发生,从而较有效地低流量事件检测问题。

### 1.2 交通事件仿真

交通事件及其数据现主要有两种获取方式:一是通过实际的观测记录或是通过传感器进行交通流数据的采集;二是通过计算机模拟生成。本文的目的是分析高速公路交通正常运行情况和发生交通事件情况下对交通流参数的影响,并找出事件发生与否的特征以便于作出检测。考虑到国内尚未建成较为完善的交通流数据记录网络,另外不管是用人工采集还是用检测器采集交通流参数,都会受限于交通事件的发生概率低和发生地点不确定性这两个特点,也就是说采用现场采集数据所花费的物力和时间是巨大的。因

此,本文采用 VISSIM 仿真软件对交通事件进行仿真,并从中获取交通事件检测的数据源——交通流原始数据。VISSIM 是由德国 PTV 公司开发的一种微观、基于时间间隔和驾驶行为的仿真建模工具,可用于建模和分析各种交通条件下(车道设置、交通构成、交通信号、公交站点等)城市交通和公共交通的运行状况,是评价交通工程设计和城市规划方案的有效工具。

利用 VISSIM 的“incident”模块进行仿真,模拟高速路上车流由“正常情况”→“事件发生”→“路面发生拥堵”的整个过程,共模拟 50 次。道路参数选择:直线路段、右行交通、高速路单向三车道。仿真拟定路段长 613.857m,车道宽度 3.5m。车辆抛锚点设置于路段某一车道的 346m 处。距车辆抛锚点 200m 的上、下游各设 3 个检测器,分别记录事件发生地点的上、下游各车道的交通流数据,如图 1 所示。

## 2 交通流原始数据的获取

设定道路的输入交通流量为 3 000 veh/h,在仿真参数设定中选取最高的仿真精度(1 时间步长/仿真

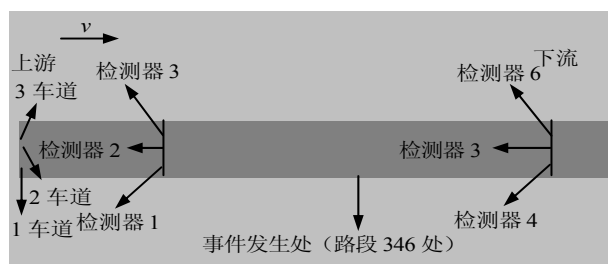


图 1 交通事件仿真设置示意

Fig.1 Location of traffic incident simulation

s),每次仿真时间设为 500s。根据实际交通构成比例设定不同车辆类型(小汽车、公交车、货车)的相对流量、期望车速,并修改仿真参数中的随机种子,一共生成 50 组不同的数据,用于记录了 50 种情况下道路中布设的检测点获取的原始交通流数据,输出文件格式为“\*.mer”。

VISSIM 的输出文件里记录了每辆车(均有唯一的车辆标识)在通过各个检测器时的瞬时交通流信息,包括:进入时间、离开时间、车辆编号(每辆车均有唯一的车辆标识)、车辆类型、线路编号、速度( $V$ )、加速度( $A$ )、占有率、载客数、排队时间、车辆长度等信息。表 1 列出了某次仿真的部分输出数据。

表 1 某次仿真的输出数据

Tab.1 Results of a simulation test

数据 C.P.	时间(进入)	时间(离开)	车辆编号	类型	线路	$V/(m/s)$	$A/(m/s^2)$	占有率	人数	排队时间	车辆长度/m
1	5:54	5:68	1	100	0	31.9	0.00	0.14	1	0.0	4.40
1	7:55	7:68	2	100	0	32.6	0.00	0.13	1	0.0	4.11
3	7:41	7:53	3	100	0	38.5	0.00	0.12	1	0.0	4.76
1	11:75	11:86	4	100	0	35.9	0.00	0.11	1	0.0	4.11
1	16:07	16:21	5	100	0	33.6	0.00	0.14	1	0.0	4.61
1	17:28	17:42	7	100	0	33.2	-0.07	0.13	1	0.0	4.40
2	17:12	17:26	6	100	0	32.8	0.00	0.14	1	0.0	4.55
5	17:80	17:92	3	100	0	38.5	0.00	0.12	1	0.0	4.76
1	18:96	-1:00	8	200	0	24.6	0.00	0.04	1	0.0	10.21
4	18:07	18:20	1	100	0	31.9	0.00	0.14	1	0.0	4.40
2	30:61	30:72	17	100	0	38.8	0.00	0.11	1	0.0	4.11
1	31:41	31:55	18	100	0	32.8	0.00	0.14	1	0.0	4.61

表 1 中,“数据 C.P”为检测器编号;“时间(进入)”为-1 时表示车辆进入检测器检测范围发生在

当前时间步幅之前；“时间（离开）”为-1 时表示当前时间步幅下车辆尚未离开检测器检测范围；“类型”表示车辆种类：“100”表示小汽车、“200”表示公交车、“300”表示货车。

交通事件发生之前的交通状况的 2D 图和 3D 图，如图 2 所示。



图 2 交通事件发生前示意

Fig. 2 Situation before a traffic incident

交通事件发生之后的交通状况的 2D 图和 3D 图，如图 3 所示。

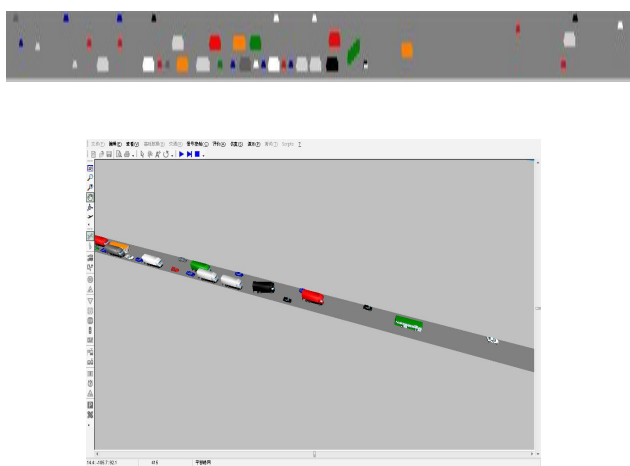


图 3 交通事件发生后示意

Fig. 3 Situation after a traffic incident

对照图 2、图 3，车流在交通事件发生之前正常运行，当一车道因车辆抛锚引起车道封闭时，车流在车辆抛锚点上游开始变道、聚集，在车辆抛锚点下游

变道、消散，完全符合交通事件发生时交通流的实际变化规律，仿真结果真实可靠。

### 3 交通流数据处理

#### 3.1 交通事件检测数据的生成

仿真输出文件“\*.mer”能够获取各个检测器时的瞬时交通流信息，但不能直接用于交通事件检测。需要利用 Matlab 软件进行处理方能生成交通事件检测数据。基本思路为：在每一组模拟 500s 的数据中，以 5s 为计数单位，选取每 5s 内通过上游 1、2、3 号检测器的车数记为上游流量  $volume\_top$ 、平均速度记为上游速度  $velocity\_top$ 、平均占有率记为上游占有率  $occupancy\_top$ ；选取每 5s 内通过下游 4、5、6 号检测器的车数记为下游流量  $volume\_bottom$ 、平均速度记为下游速度  $velocity\_bottom$ 、平均占有率记为下游占有率  $occupancy\_bottom$ 。在求上、下游速度和占有率时，如果该 5s 内车数为零，则相应的上、下游速度和占有率值为零。

上述处理后，对 50 个仿真组共获得 50 组交通事件检测数据，各组交通流数据包含 100 个“每 5 仿真秒的平均交通流数据”。若在上述处理过程当中出现奇异点，为了消除它可能对算法造成的影响，采用取前后平均值的方法来消除。

研究高速公路交通事件的检测算法，核心技术就是通过交通流数据的特征变化来分析交通事件发生前后对交通流参数的影响。因此，本文设法在上述的 100 个“每 5 仿真秒的平均交通流数据”基础上，剔除交通事件发生前、交通事件发生后的交通流数据。

通过对交通事件仿真过程的观察，每个仿真组的交通事件的发生时刻在 212~230s 之间，发生地点均为一车道 346m 处（取决于仿真设置）。根据交通事件的发生时刻范围，选取第 10 个 5s 到第 41 个 5s 之间的 32 组数据为交通事件发生前（正常情况下）的交通流数据；选取第 52 个 5s 到第 83 个 5s 之间的 32 组数据为交通事件发生后（非正常情况下）的交通流

数据。最终，经 Matlab 处理后得到 50 组数据，每组含交通事件发生前、后的交通数据各 32 个，以这些交通流数据作为后面小波分析的输入数据。

### 3.2 交通流数据的小波分析

已经得到了交通流量、速度、占有率数据，它们都是时域信号，采用传统的时域分析方法不易分析出交通事件发生前、后的特征变化，本文利用小波分析技术手段对交通流数据进行分析。小波分析是信号分析与处理的前沿技术，它在信号的高频部分具有较高的时间分辨率和较低的频率分辨率，在低频部分具有较低的时间分辨率和较高的频率分辨率，被誉为“数学显微镜”。

通过对各个小波系的分析和不同尺度的选择对比，发现 Haar 小波、Daubechies 小波系对本问题最为适用。另外，在多次试验中，我们还发现对输入信号作 2、3 尺度的低频信号进行测试序列构造能得到优良的检测性能。选取小波函数为 Daubechies 2，对输入信号（记为 S）作 2 层小波分解，如图 4 所示。

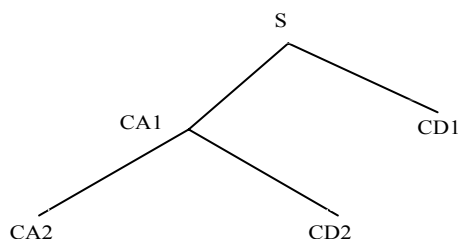


图 4 小波 2 层分解示意

Fig. 4 The second level wavelet decompose of an original signal

图 4 中，CA1、CD1 分别表示第 1 层分解后的低频系数、高频系数；CA2、CD2 分别表示第 2 层分解后的低频系数、高频系数。

通过 Matlab 编程，对交通事件发生前（无事件）的上下游流量、速率、占有率和交通事件发生后（有事件）的上下游流量、速率、占有率，分别进行 db2 小波 2 层分解，得到各自的 CA2，然后对 CA2 进行重构得到对应的低频信号，如图 5~图 10 所示。

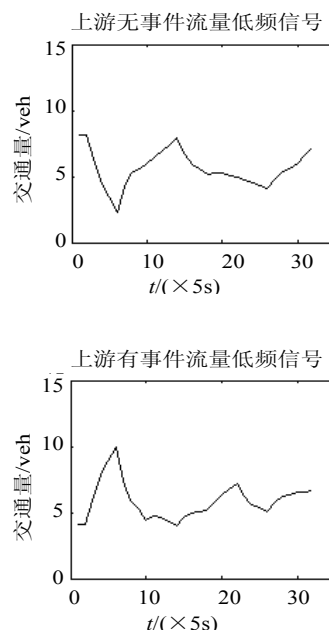


图 5 上游无、有事件时流量的小波重构信号

Fig. 5 Wavelet reconstructed signal of the upstream lane traffic volume before and after a traffic incident

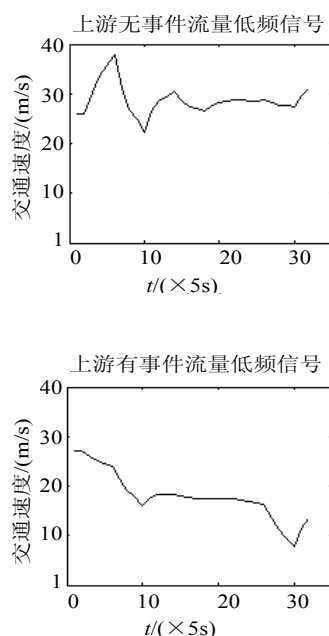


图 6 上游无、有事件时速率的小波重构信号

Fig. 6 Wavelet reconstructed signal of the upstream lane traffic velocity before and after a traffic incident

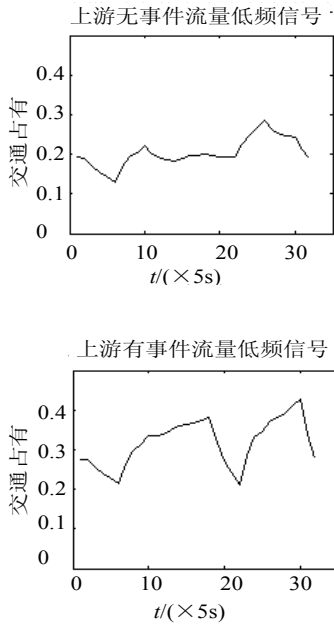


图 7 上游无、有事件时占有率的小波重构信号

Fig.7 Wavelet reconstructed signal of the upstream lane traffic occupancy before and after a traffic incident

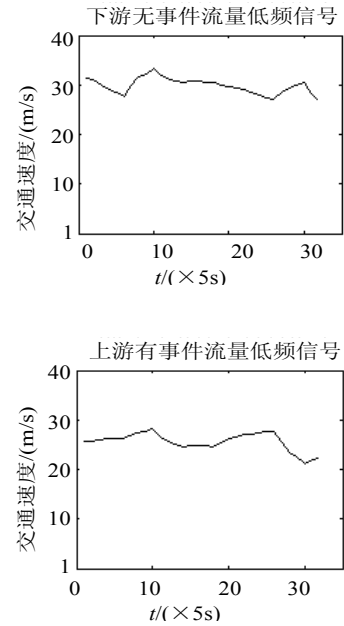


图 9 下游无、有事件时速率的小波重构信号

Fig.9 Wavelet reconstructed signal of the downstream lane traffic velocity before and after a traffic incident

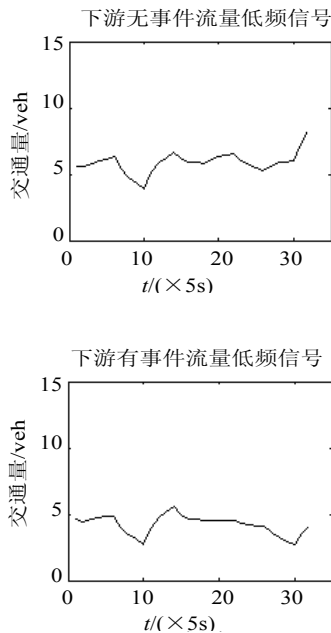


图 8 下游无、有事件时流量的小波重构信号

Fig.8 Wavelet reconstructed signal of the downstream lane traffic volume before and after a traffic incident

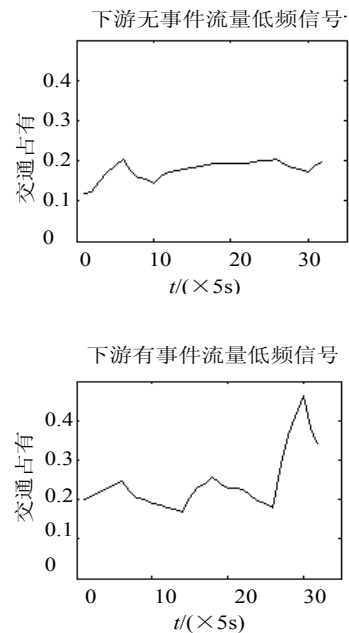


图 10 下游无、有事件时占有率的小波重构信号

Fig.10 Wavelet reconstructed signal of the downstream lane traffic occupancy before and after a traffic incident

观察图 5~图 7, 上游小波重构信号的速率、占有率的低频信号在事件发生前后具有较为明显的变化, 且速率的低频信号在事件发生前后变化尤为明显。同理, 观察图 8~图 10, 下游小波重构信号的占有率的低频信号在事件发生前后具有较为明显的变化。

上述的分析结果已经表明了交通事件发生前后对交通流参数的作用过程, 因此, 为了尽可能的包含交通流数据信息, 本文提出将上游速度和下游占有率这两个信息量进行融合, 它能够提高交通事件的检测率、降低误报率和缩短检测时间。

#### 4 结束语

利用 VISSIM 对交通事件的仿真结果符合实际车

流在交通事件发生前后的特性, 仿真运行的道路条件、交通流的输入与现实相吻合, 仿真精度高。虽然本文的交通事件是车辆抛锚占据车道引起的拥堵, 未涉及碰撞等其它形式的交通事件, 但就交通事件的发生对交通流的影响来看, 不同的交通事件的结果是类似的, 所以, 仿真模拟的事件具备良好的代表性, 为研究交通事件检测算法提供了一种崭新的思路。

由于本文为了方便研究作了一些前提假设, 例如仿真只考虑了直道的情形、交通事件都发生在外侧的车道上。在接下来的研究当中, 还将进一步考虑匝道、曲线路段以及交叉口的情况, 对于中间车道和超车道上发生交通事件时给出分析结论。另外本文为了较快的获取数据, 是在平均 200 米左右设置检测器下产生的, 与现实中检测器的安装密度和获取的数据会有所不同。

#### 参考文献

- [1] 姜桂艳, 温慧敏, 杨兆升. 高速公路交通事件自动检测系统与算法设计[J]. 交通运输工程学报, 2001, 1(1): 77-81.
- [2] 张秀媛, 达庆东, 张国伍. 公路自动事件检测技术[J]. 系统工程理论与实践, 2001, (6): 118-124.
- [3] 温慧敏, 杨兆升. 交通事件检测技术的进展研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5(1): 25-28.
- [4] Ball A. Development and testing of operational incident algorithms: Executive summary [J]. Transportation Research Part C, 1997, (7): 185-203.
- [5] 沈鸿飞, 王笑京, 高海龙. 高速公路危险品紧急事件的信息化管理[J]. 交通与计算机, 2001, (19): 68-71.
- [6] 陈淑燕, 王 炜, 瞿高峰. 短时交通量时间序列的小波分析模糊马尔柯夫预测方法[J]. 东南大学学报, 2005, 35(4): 637-640.
- [7] Ozbay K., Kachroo P. Incident management in intelligent transportation systems [M]. Faculty Publications, 1999: 667-693.
- [8] 刘小明, 段海林. 高速公路事件自动侦测方法研究[J]. 中国公路学报, 1997, (10): 33-35.
- [9] 史新宏, 蔡伯根. 高速公路自动事件检测算法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2001, (1): 74-79.
- [10] Black J., Sreedevi I. N. Automatic incident detection algorithms [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 154: 237-275.
- [11] Petty K F, Ostland M, et al. A new methodology for evaluating incident detection algorithms [J]. Neurocomputing, 2001, 60: 256-284.
- [12] Sheu J. B. A fuzzy clustering-based approach to automatic freeway incident detection and characterization [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2002, 128: 377-388.
- [13] 姜紫峰, 刘小坤. 基于神经网络的交通事件检测算法[J]. 西安公路交通大学学报, 2000, 20(3): 67-69.
- [14] 高 昕, 贺国光, 马寿峰. 小波理论及其在交通事件检测中的应用[J]. 公路交通科技, 1999, 16(3): 63-65.

(中文编辑: 吴继屏)