

基于浮动车的高速公路 交通事件自动判别方法研究*

张存保^{1,2)} 杨晓光¹⁾ 严新平²⁾

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室¹⁾ 上海 200092)

(武汉理工大学智能交通系统研究中心²⁾ 武汉 430063)

摘要:交通事件判别是高速公路事件管理系统的重要组成部分,提高事件判别算法性能可以显著改善事件管理系统的运行效果.文中阐述了国内外交通事件自动判别方法的研究现状,分析了以往基于固定式检测器的事件判别算法之不足,如检测速度较慢、低流量情况下检测效果较差、可移植性不强等.根据交通事件会显著影响车辆运行速度这一特点,提出了一种基于浮动车数据的交通事件自动判别算法.仿真结果表明,算法具有较高的事件判别率(92.5%)、较低的误判率(1.2%)和较短的事件判别时间(1.6 min).

关键词:交通工程;高速公路;事件检测;浮动车;智能运输系统

中图法分类号:U491.116

0 引言

交通事件是指导致道路通行能力下降或交通需求不正常升高的非周期性发生的情况,分为可预测的交通事件和不可预测的交通事件^[1].为了降低交通事件对高速公路的影响,许多国家的高速公路管理部门都建立了高速公路事件管理系统,通过对交通事件的快速检测,及时采取恰当的响应措施,快速地消除事件影响直至恢复正常交通状态,从而提高高速公路的运行效率和安全性.高效、可靠的交通事件检测方法是高速公路事件管理系统有效运行的基础.

交通事件检测方法可分为人工检测方法和自动检测方法.人工检测方法包括闭路电视、航空监视、警察和公路巡逻车、电话报警等,其运行成本较高,受时间和天气影响明显,检测时间较长,检测率不高.自动检测方法通过交通参数如速度、流量等的变化来自动判别交通事件,可以全天候、全程地发挥作用,具有重要的实用价值.

1 国内外研究进展及分析

1.1 研究历程

最早开发并投入使用的算法是 20 世纪 60 年代美国加利福尼亚运输部开发的加利福尼亚算法,其通过分析邻近检测线圈的占有率数据,对可能存在的交通事件进行判别. Persaud 等根据交通状态突变理论开发了 McMaster 算法^[2],使用大量的拥挤和非拥挤状态下的流量和占有率历史数据,建立流量-占有率分布关系模板,通过将检测数据之间的关系与模板进行比较,判断是否发生了交通拥挤.莫尼卡(Monica)算法开发于 1991 年^[3],该算法以连续车辆之间车头时距的测量值和方差、连续车辆之间的速度差为基础,当上述参数超过设定的阈值时,则认为存在交通事件.

Adeli 和 Karim 将模糊逻辑、小波分析和 RBF 神经网络综合应用于事件检测^[4],利用小波分析方法消除检测数据中不期望的波动,用模糊 C 均值聚类算法提取数据特征,并减小数据维数,然后

用 RBF 神经网络对数据进行分类和事件判别,取得较好的效果。

Srinivasan 等^[5]对 3 种主要的神经网络模型:多层前馈神经网络模型(MLFNN),概率神经网络模型(BPNN)和改进概率神经网络模型(CPNN)进行了分析,结果表明,多层前馈神经网络模型的事件判别性能高于其他 2 种,而改进概率神经网络模型的适应能力最强。

近年来,国内部分学者在交通事件判别方面开展了研究^[6-7],取得了一些研究成果。

1.2 现有成果评价及分析

目前,事件自动判别算法的检测参数几乎都是通过线圈检测器进行采集,存在以下不足。(1)检测速度较慢。由于受客观条件的限制,线圈检测器的间距一般为数百 m 或 1 000 多 m,甚至数千 m,在交通事件上游的“冲击波”和事件下游的“扩张波”到达临近的线圈检测器之前,无法检测到事件引起的交通参数变化情况;(2)低流量情况下检测效果较差。在交通量较低的情况下,交通事件对线圈检测器的检测数据影响很小或根本无法检测出来,导致事件判别算法效果不理想;(3)部分算法(如神经网络算法)需要大量的交通数据(正常交通状态下和事件状态下)对算法进行训练或校正,且算法的可移植性不强。

分析交通事件位置的交通参数变化情况,可以发现,车辆速度变化最快且变化幅度最大,交通量次之,占有率变化速度相对较慢。因此,如果能直接以交通事件位置的速度为检测参数,可以明显提高事件检测速度和判别率。

利用安装了 GPS 和无线通信设备的浮动车(floating car)在行驶过程中,通过 GPS 设备确定任意车辆的位置、瞬时速度和时间,并实时通过无线通信网络传送到交通信息中心,信息中心对道路网上所有浮动车的数据进行处理和分析,即可获得交通参数和交通状态信息。文中将针对浮动车采集系统,建立高速公路交通事件自动判别方法。

2 基于浮动车的交通状态判别方法

2.1 区间平均速度计算方法

浮动车采集技术的最大优点是可以实时检测车辆在任意时刻的瞬时速度。交通管理部门通常需要的是在较短的时间间隔 T 内道路区间上车辆的平均速度。对时间间隔 T (一般为 1 min 或数分

钟)及任一段道路区间,单台浮动车的区间平均速度等于 2 个采样点之间的距离 l 除以采样时间 t_2 和 t_1 的差值,即

$$\bar{v}_i = \frac{l}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

如果采集数据没有误差,则两种计算方法的结果是一致的。但在实际应用中, GPS 数据存在一定的随机误差,特别是当车辆低速行驶或停止时,瞬时速度误差较大。因此,本文采用式(1)来计算浮动车平均速度。

2.2 交通事件自动判别算法

利用浮动车采集速度参数时,通常把高速公路按照一定的间距划分成若干路段 $L(k)$, ($k=1, 2, \dots$), 然后分别计算每个时间间隔内各路段上的区间平均速度。如图 1 所示。

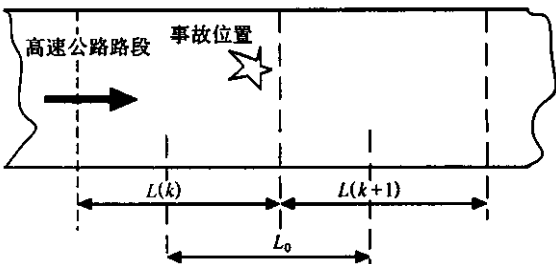


图 1 高速公路路段划分示意图

当发生交通事件时,车辆速度会降低或完全停止,且在各交通参数中,车辆速度变化最快且变化幅度最大。根据这一特点,文中交通事件自动判别算法的原理是:将高速公路按照一定的间距 L 划分成若干路段,浮动车每 20 s 采集一次数据,以时间间隔 T 为计算周期,分别计算各浮动车在采样路段上的区间速度。当任意路段上有浮动车的区间速度低于拥挤速度阈值 V_c 时,则发出事件警报。为了提高事件判别率和判别速度,并降低误判率,本文采用 3 级事件报警方式:将连续计算周期内浮动车速度低于拥挤速度阈值 V_c 的次数进行累加,次数为 1 时发出 1 级报警(能很快反应事件信息,但处于预警状态),次数为 2 时发出 2 级报警(基本确定发生事件,开始应急方案的准备工作),次数为 3 次及以上时发出 3 级报警(确认发生事件,并立即采取应急措施)。在事件发生后,如果连续 3 个计算周期内事件路段上所有浮动车的速度都大于非拥挤速度阈值 V_u ,则认为交通恢复正常,解除事件报警。

需要指出的是,如果交通事件的位置位于路段 $L(k)$ 和 $L(k+1)$ 的分界线上或附近(如图 1 所示),则浮动车在两个路段上的区间速度都可能低

于拥挤速度阈值 V_c 。为了提高事件检测速度和准确度,文中采用临时路段的方法来有效检测交通事件,即:当浮动车 i 在任一路段 $L(k)$ 上的区间速度低于拥挤速度阈值 V_c 时,以浮动车 i 在路段 $L(k)$ 上最后一个采样点的位置为中心,临时划分出与 $L(k)$ 长度相同的路段 L_0 ,然后以路段 L_0 上的浮动车速度作为事件检测参数,直到解除事件报警(连续3个计算周期内路段 L_0 上所有浮动车的速度都大于非拥挤速度阈值 V_u)为止,此时取消临时路段 L_0 ,恢复至以路段 $L(k)$ ($k=1,2,\dots$)上浮动车区间速度作为事件检测参数。

基于浮动车的高速公路交通事件自动判别逻辑流程图如图2所示。图2中, ST 为交通状态变量, a 为发生事件路段(临时路段 L_0)上、所有浮动车速度都大于非拥挤速度阈值 V_u 的持续周期数, b 为临时路段 L_0 上浮动车区间速度低于拥挤速度阈值 V_c 的次数。

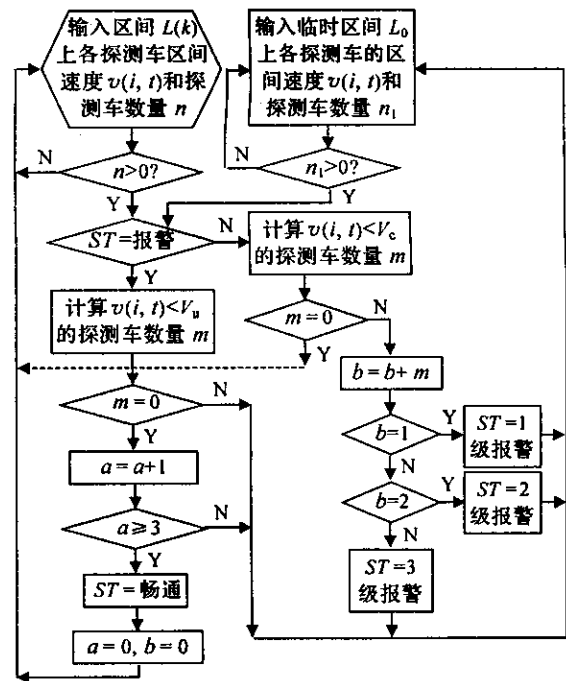


图2 基于浮动车的交通事件判别逻辑流程图

3 算 例

本文利用德国PTV公司的VISSIM交通仿真软件进行交通事件自动判别算法验证。先用Visual Basic软件编写交通事件自动判别程序,然后利用VISSIM建立一段长度为20 km、单向3车道的高速公路,以1 km的间距将其划分成20条路段。将部分车辆的属性设定为浮动车(每20 s记录

一次车辆的位置和速度),路段平均速度的计算时间间隔为1 min。先随机选定交通事件位置、事件发生时间、交通事件堵塞的车道数(1,2或3条车道)和浮动车占有所有车辆的比例(5%,10%,15%,20%,30%),设定不同的交通流量(500,1 000,1 500,2 000,2 500,3 000,4 000 pcu/h),然后运行VISSIM软件进行交通状态仿真。同时,用交通事件自动判别程序实时读取VISSIM软件输出的浮动车数据进行事件判别。程序中拥挤速度阈值 V_c 设定为40 km/h,非拥挤速度阈值 V_u 设定为50 km/h。

实际结果表明:(1)本算法具有较高的事件判别率(92.5%),较低的误判率(1.2%)和较短的事件判别时间(1.6 min);(2)交通流量和浮动车比例对算法的检测效果有较明显的影响,交通流量越大、浮动车比例越高,算法的检测效果越好;(3)算法的可移植性强,可靠性高,无需采用大量历史数据进行训练和校正,只需根据检测路段车辆速度,选定合适的拥挤速度阈值 V_c (约为40 km/h)和非拥挤速度阈值 V_u (约为50 km/h)即可。

参 考 文 献

- [1] 郑黎黎,丁同强,成卫.高速公路交通事件管理智能决策支持系统.昆明理工大学学报:理工版,2004,29(6):118-121
- [2] Persaud B, Hall F. The McMaster single station algorithm for detection of freeway incidents. Working paper, Department of Civil Engineering, McMaster University, 1988
- [3] 姜桂艳.道路交通状态判别技术与应用.北京:人民交通出版社,2004
- [4] Adeli H, Karim A. Fuzzy-wavelet RBFNN model for freeway incident detection. Transportation Engineering, ASCE, 2000, 11/12: 464-471
- [5] Srinivasan D, Jin X, Cheu R L. Evaluation of adaptive neural network models for freeway incident detection. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(1): 1-11
- [6] 王晓原,隗志才,贾洪飞,等.交通流突变分析的变点统计方法研究.中国公路学报,2002,15(4):69-74
- [7] 张敬磊,王晓原.交通事件检测算法研究进展.武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2005,29(2):215-218

[4] 叶先磊,史亚杰. ANSYS 工程分析软件应用实例. 北京:清华大学出版社,2003

[5] 郝文化. ANSYS 土木工程应用实例. 北京:中国水利水电出版社,2005

[6] 王秉纲,邓学钧. 路面力学数值计算. 北京:人民交通出版社,1992

[7] 胡长顺,王秉纲. 复合式路面设计原理和施工技术. 北京:人民交通出版社,1999

Numerical Analysis of Load Stress for Porous Concrete Base in Asphalt Pavement

Suo Lijun Wang Binggang Chen Shuanfa Zheng Chuanchao
(Key laboratory of Highway Engineering in Special Region of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064)

Abstract

In the paper, three-dimensional (3D) finite element model of asphalt pavement with porous concrete base is established by 3D finite element method. Horizontal isotropic elasticity constitutive relation model is taken as orthotropic interface model and used to simulate the interface between horizons of pavement. Load stress of porous concrete base is calculated and analyzed by numerical analysis. The influence of correlated factors, such as surface course's thickness, base's thickness and modulus, foundation's modulus, gross rail load on axle, are analyzed. Calculation results with the same factors are compared, and the results indicate that load stress of porous concrete base decreases with increase of base's thickness, decreases when the surface' thickness increases, increases when ratio of base's modulus and foundation's modulus increases, increases quickly when gross rail load on axle increases.

Key words: porous concrete base; asphalt pavement; load stress; interface model between horizons; three-dimensional finite element; numerical analysis

.....

(上接第 975 页)

An Automatic Incident Detection Methodology for Freeway Using Floating Cars

Zhang Cunbao^{1,2)} Yang Xiaoguang¹⁾ Yan Xinping²⁾
(School of Traffic and Transportation, Tongji University, Shanghai 200092)¹⁾
(ITS Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063)²⁾

Abstract

Traffic incident detection is an important part of freeway emergency management system. It is reviewed researches of automatic incident detection methodology, analyzed the shortcoming of existing algorithms based on fixed detector, such as dissatisfied detection efficiency, restricted transplant capability, etc. A new incident detection methodology using floating cars' data is proposed according to the fact that incidents affect car speed obviously. The result shows that the new incident detection algorithm has high Identification Rate (92.5%), low False Identification Rate (1.2%) and short Mean Time to Identification (1.6 min).

Key words: 万方数据 traffic engineering; freeway; incident detection; probe cars; ITS