

基于多源信息融合的高速公路事件检测算法研究

陈扶崑 吴 中 田 亮

(河海大学 南京 210098)

摘 要 为了研究高速公路交通事件检测算法,以多源信息融合理论为基础,依托人工神经网络技术,设计了固定检测器与浮动车检测器的信息融合事件检测算法,并说明了具体的检测原理和融合过程。通过 Vissim 仿真获得数据,在 Matlab 中编程实现了信息融合过程,试验结果表明在三级报警策略下,信息融合算法的事件检测率、误报警率和平均检测时间都达到了较高的检测水平,证明了所设计的信息融合交通事件检测方法的优越性。

关键词 自动交通事件检测;信息融合;人工神经网络;浮动车;VISSIM

中图分类号:TP391 **文献标志码**:A

高速公路交通事故会带来严重的道路拥堵,并可能引发 2 次事件,所以尽早检测到事件发生并采取相应的救援疏导策略对提高高速公路的通行效率具有重要意义,而选择高效的交通事件检测方法是其成功的保证。以加利福尼亚算法为代表的一系列经典事件检测算法在早期高速公路事件检测中发挥了重要作用,后来随着人工智能技术的出现,一些新兴理论与技术逐渐应用到交通事件检测中^[1]。近年来,随着多传感器信息融合技术的发展,将多源信息有效融合进行交通事件检测成为人们研究的热点,本文依托人工神经网络技术,将固定检测器与浮动车采集的交通参数进行信息融合,以探索更高效的交通事件检测方法。

1 信息融合

1.1 信息融合方法

随着传感器技术的发展,信息融合技术也在飞速发展,许多学者提出了多种有效的信息融合方法,归纳起来主要有^[2-3]:①加权平均法;②D-S 证据推理算法;③贝叶斯推理算法;④卡尔曼滤波法;⑤模糊逻辑推理算法;⑥人工神经网络算法等。各方法都有其不同的优缺点和适用范围,在实际应用中应该针对不同情况选择相应的算法,本文的信息融合算法选用模式识别效果较好的人工神经网络算法。

1.2 信息融合的过程

信息融合的过程主要包括以下 5 大类^[4]:

1) 数据输入/数据输出(DAI-DAO)。这是最基本的,也是最低层的融合形式,属于数据级融合。这个过程主要是对多信息源输入的原始数据进行融合处理,如交通流数据预处理等。

2) 数据输入/特征输出(DAI-FEO)。该过程属于数据级融合,其主要功能是根据解决实际问题的需求,通过对多源数据的融合提取出目标路段的交通流状态特征信息。

3) 特征输入/特征输出(FEI-FEO)。该过程属于特征级融合,其主要功能是对已提取的目标路段的交通流状态特征在空间和时间上进行分析与合并。

4) 特征输入/决策输出(FEI-DEO)。该过程属于决策级融合,在已有目标路段的交通流状态特征的基础上,通过对来自不同信息源的特征进行分类识别,从中得出融合结果。

5) 决策输入/决策输出(DEI-DEO)。该过程属于决策级融合,其主要作用是对局部的决策结果进一步融合,使得最终的融合结果更加精确可靠。

本文中固定检测器与浮动车的信息融合用到了其中 2 种,即数据输入/特征输出和特征输入/决策输出,前一过程即为数据的预处理,此过程一方面消除检测器的噪声,另一方面提取对事件检测信息融合有用的交通参数特征;后一过程是将预处理后的交通特征信息输入到事件检测算法中,输出为有无事件的结果。

2 自动事件检测算法性能评价指标

通常衡量一个交通事件检测算法有 3 个指

收稿日期:2008-10-25

标^[5]:检测率(detection rate, DR)、误报警率(false alarm rate, FAR)和平均检测时间(mean time detection, MTTD)。

$$DR = \frac{DN}{AN} \times 100\% \quad (1)$$

$$FAR = \frac{FN}{AND} \times 100\% \quad (2)$$

$$MTTD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [TI(i) - AT(i)] \quad (3)$$

式中:DN为检测到的事件次数;AN为实际发生的事件次数;FN为误报的事件次数;AND为非事件状态总数;TI(i)为事件*i*实际发生的时刻;N为算法检测到的实际发生的事件数。

误报警率主要有3种计算方法:①误报警数占总决策数(事件决策和非事件决策)的比例;②误报警数占非事件状态总数的比例;③在一定时间段内误报警数占事件状态总数的比例,本文FAR采用第2种。同时为了更好的说明事件检测效果的优劣,论文引入误分类率^[6](misclassification rate, MCR)作为以上3个评价指标的补充。

$$MCR = \frac{\text{错误分类的交通状态数}}{\text{交通状态总数}} \quad (4)$$

检测率和误报警率体现了算法的检测效果,而平均检测时间体现了算法的检测效率。这3个指标并非彼此独立的,通常检测率高的事件检测算法必须具有很高的灵敏度,这会导致较高的误报率;相反灵敏度低的算法产生的误报率小,但此时检测率也很低;如果增加算法的检测时间,那么该算法能够分析更多的数据,从而提高检测率并降低误报率,但是增加平均检测时间将会延误对交通事件的疏导,降低了事件检测算法的效率。由于以上3个评价交通事件检测算法的指标存在着相互依赖的关系,所以一个算法必须权衡这3个方面,没有一个必然的最佳选择,一般在评价交通事件检测算法时,将误报率(FAR)限制在一个可接受的范围内,尽量改善检测率(DR)和平均检测时间(MTTD)。

3 交通事件检测多源信息融合原理

图1所示为高速公路采用浮动车进行交通参数采集示意图,每辆浮动车带有通信设备,用于将采集到的交通参数与交通管理控制中心进行数据传递,浮动车可以采集到车辆瞬时速度、行程时间等参数。高速公路上发生事件引起的交通拥挤会

导致道路上行驶车辆的平均行程时间和延误增加,这一交通状况由途经该路段安装有GPS装置的车辆(简称浮动车,PV)采集数据后,按一定的时间间隔传输到交通监控中心,与GIS匹配,集中进行数据处理,从而获得该路段上的交通流特征。笔者设计的固定检测器与浮动车检测器进行信息融合的交通事件检测原理如下:在高速公路上每隔一定间距布设固定检测器,利用所布设的固定检测器将高速公路进行区段划分,然后按照一定比例加载浮动车,利用每辆浮动车采集的行程时间,计算在固定时间间隔内,经过每个区段的浮动车平均行程时间,将该交通参数通过路旁的通信塔台或其它设备传递到交通管理控制中心,与固定检测器采集的交通参数进行信息融合处理,判断是否有事件发生。



图1 基于浮动车的高速公路事件检测原理图

4 交通事件检测多源信息融合算法设计

图2为信息融合事件检测流程图,数据预处理阶段包括数据消噪处理和提取信息融合算法输入参数过程,数据消噪处理选择小波消噪方法^[7]。

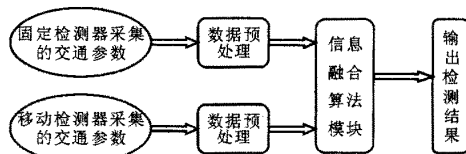


图2 固定检测器与浮动车信息融合系统

信息融合算法模块采用BP神经网络,共有5个输入神经元,选择固定检测器采集的占有率与速度交通参数的组合和浮动车采集的路段平均行程时间;输出为1个神经元,隐层数需要通过实际数据试验得到,详细结构如图3所示。

5 数据来源及仿真分析

由于研究条件所限,本文是通过Vissim4.2建立双向4车道的高速公路基本路段仿真模型获

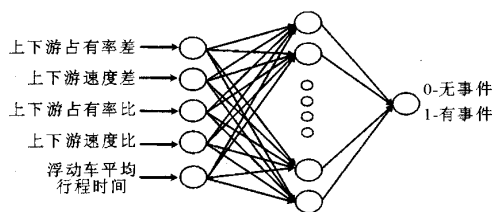


图3 事件检测模块4的BP神经网络图

得相关数据的。其中单车道宽度为 3.75 m,事件仿真考虑了交通流高峰、平峰和低峰的情况,高速公路基本路段的实际通行能力为 3 000 辆/h^[8],分别加载交通需求为 1 000、1 500、2 000 和 2 500 辆/h。其中交通组成中小汽车占 80%,大客车占 10%,大货车占 10%。根据参考文献[9]可知,目前固定检测间距常采用 125、200、250、300、500、600、750、800、1 000 m 等不同的数值(视不同的路段采用的不同的布设间距)。另外浮动车的派遣比例也不确定,实际应用中需要考虑不同交通需求并有利于信息交换的路段长度限值要求。本文研究的是高速公路基本路段,在正常交通流下,假设固定检测器布设间距为 600 m,同时以固定检测器的布设将基本路段分为若干区段,取浮动车的比例为 15% 为例说明事件检测信息融合的过程。

考虑到交通事件发生后,需要采集浮动车的行程时间,交通数据采集时间间隔定为 60 s,在不同的交通需求下每隔 40 m 发生一次事件,共仿真发生事件 42 起,每起交通事件仿真时间为 1 h,其中前 20 min 为无事件,第 21 min 发生事件,事件持续 20 min,后 20 min 为无事件状态。将仿真发生的 42 组事件分为 2 个数据集,第 1 个数据集为训练数据集(RH-881A),第 2 个数据集为测试数据集(RH-881B),如表 1 所列。

表1 信息融合的事件检测数据库表

事件数据集名称	数据集	事件数	事件模式数	无事件模式数	用途
RH-881	RH-881A	21	420	819	算法的训练
	RH-881B	21	420	819	算法的测试

为了实现固定检测器与移动检测器采集的交通参数有效融合,首先需要对原始数据进行预处理,即消除噪声干扰和参数组合,消除噪声采用小波分析方法,本文小波消噪过程如下:首先将数据信号进行小波分解为 3 层,各层包括高频部分和低频部分,噪声包含在各层的高频部分中;其次比较强制消噪方法、默认阈值消噪方法和给定阈值消噪方法的消噪效果,最后选择给定阈值消噪方

法进行数据消噪。其实施是在 Matlab 小波分析工具箱上进行的^[10],即利用函数 Wavedec 进行小波分解,利用函数 Detcoef 提取各层高频系数,利用函数 Appcoef 提取小波分解的低频系数,对第 1 层高频系数,取阈值为 1.45,对第 2 层高频系数,取阈值为 1.83,对第 3 层高频系数,取阈值为 2.78。计算结果显示该方法能够较好的去除高频突变噪声。

信息融合通过 Matlab 人工神经网络工具箱实现^[11],融合算法模块选择 BP 神经网络,网络结构为 5×25×1,其中隐层的神经元数是经过反复调试获得的。

采用三级报警策略,即采用延长时间进行持续检测,当持续 3 个时间间隔均有事件发生报警,便采取救援措施,该方法在一定程度上降低了误报警率(FAR),但同时也延长了平均检测时间并降低了检测率。表 2 为信息融合交通事件检测的各个评价指标结果表。

表2 融合算法的高速公路基本路段事件检测结果

报警级别	DR/%	FAR/%	MTTD/s	MCR/%
一级报警	100	2.93	60	
二级报警	100	0.36	137.14	6.37
三级报警	100	0.24	214.28	

由表 2 可以看出:将融合算法用于高速公路事件检测的效果较好,三级报警时的检测率达到 100%,平均检测时间为 214 s,误报警率为 0.24%,误分类率为 6.37%,这几个评价指标都达到了理想的要求。

若仅仅使用固定检测器进行事件检测,检测算法采用 BP 神经网络,具体的网络结构仍采用图 3 所示的 BP 网络,只是输入参数中取消了浮动车平均行程时间,隐层神经元数经过反复试算确定为 20 个,数据利用表 1 中 Vissim 仿真获得的数据,最后得出只采用固定检测器的交通事件检测效果的各项评价指标,如表 3 所列。

表3 固定检测器间距为 600 m 的交通事件检测算法评价指标表

报警级别	DR/%	FAR/%	MTTD/s	MCR/%
一级报警	100	2.56	94.28	
二级报警	100	0.49	214.29	9.77
三级报警	95.24	0	399	

比较表 2 与表 3 的事件检测算法评价指标结果可以看出:依托人工神经网络技术,通过设计合理的信息融合算法,将固定检测器与浮动车采集

的交通数据融合处理进行交通事件检测的效果优于仅采用单一的固定检测器的交通事件检测效果。

6 结束语

笔者依托人工神经网络技术,研究了高速公路采用固定检测器与移动检测器进行信息融合的交通事件检测方法,通过仿真数据的试验分析得到文中所设计的信息融合事件检测算法检测效果较好。关于浮动的派遣比例、固定检测器的布设间距以及信息融合其它算法还有待更深入的研究。

参考文献

- [1] 温娟,贺国光.基于粗集理论预处理数据的神经网络交通事件自动检测算法[J].交通运输系统工程与信息,2004,4(4):54-59
- [2] 易正俊.多源信息智能融合算法[D].重庆:重庆大学,2002
- [3] 黄鹏.基于智能技术的多源信息融合理论与应用研究[D].南京:东南大学,2004
- [4] 覃频频.基于信息融合的高速公路事件检测建模与仿真[D].成都:西南交通大学,2007
- [5] Cheu R L, Neural network models for automated detection of lane-blocking incidents on freeways [D]. University of California, Irvine, Ph. D. Dissertation, 1994
- [6] Jin X, Cheu R L, Srinivasan D. Development and adaptation of constructive probabilistic neural network in freeway incident detection[J]. Transp. Res. (part C), 2002, 10(2): 121-147
- [7] Divid L, Donoho. De - Noising by soft - Thresholding. IEEE Transaction on information theory. 1995, 41(3): 613-627
- [8] JTGB01—2003.公路工程技术标准[S].北京:人民交通出版社,2004
- [9] 张彬彬.高速公路交通事件检测算法及检测器布设方案研究[D].长春:吉林大学,2005
- [10] 郑治真.小波变换及其MATLAB工具的应用[M].北京:地震出版社,2001
- [11] 闻新,周露,李翔,等. MATLAB神经网络仿真与应用[M].北京:科学出版社,2003

Freeway Incident Detection Algorithm Based on Multi-source Information Fusion

CHEN Fukun WU Zhong TIAN Liang

(Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: To study the detection algorithm of freeway traffic incident, this paper designed an information fusion detection algorithm of fixed and probe vehicles detectors based on multi-source information fusion theory and artificial neural network technology. It described the specific principles and integration process. Finally, this paper obtained the data by VISSIM and realized the process of information fusion in Matlab. The test results show that the incident detection rate, false alarm rate and mean detection time have reached a relatively high level in three-stage alarm strategy. Therefore, it proves the superiority of the information fusion traffic incident detection method.

Key words: automatic incident detection; information fusion; artificial neural network; probe vehicle; VISSIM