

一种组合式高速公路交通事件检测算法

谭泽芳 路小波

(深圳市城市规划发展研究中心 广东 深圳 518040)

摘 要 传统的高速公路事件检测算法原理简单、容易实现,但很难达到高检测率和低误报率的效果。国内外学者越来越偏向于研究复杂算法,虽在理论上取得了较好的效果,但因数据传输量大、数据处理繁琐、对设备要求高等特征,降低了这些算法的实用性。因此,如何构建适合现状高速公路检测设备和软件系统,且具有良好检测效果的实用性算法,成为目前高速公路事件检测技术的热点话题。文中基于降低硬件成本和运行费用、提高检测效果这一目标,利用不同情况下各自算法特征值的变化规律,提供了一种基于 California 算法和滤波算法的组合算法。仿真研究表明,与单独应用 California 算法或滤波算法相比,这一组合算法在软硬件费用不增加的情况下,具有较高的检测率,且能有效降低误报率。

关键词 高速公路;事件检测;California 算法;滤波算法

中图分类号:U492.8 文献标志码:A DOI:10.3963/j. ISSN 1674-4861.2011.03.023

0 引言

高速公路上的偶发性事件包括交通事故、车辆抛锚、货物洒落、临时性的维护及修建、信号及检测器的失效以及特殊的或非正常的活动等^[1]。受事件影响的高速公路交通拥挤无论在空间域还是在时间域上都显示异常的变化规律^[2]。若能识别这些变化规律,将能尽快发现事件、缩短事件反应和排除时间,使高速公路尽快恢复到正常服务水平,同时可有效地减少二次事故的发生^[3]。

目前应用的各种事件自动检测算法,主要有模式识别方法(California 算法^[4]和 McMaster 算法^[5]等)、统计预测(标准正常偏差法和平滑法)^[6]、交通流理论模型算法和低流量的事件检测算法等,应用较多有 California 算法和滤波算法^[7]。但是单独的 California 算法和单独的滤波算法的性能一般,并没有很好地解决检测率与误报率之间的矛盾。而近年来的研究热点主要在智能算法(模糊逻辑算法、神经网络算法和小波算法等),但因现状检测硬件设备性能不足和交通组成复杂,难以短期在中国推广使用^[8]。

因此,在不增设设备的前提下,如何利用常用的经典算法提高检测率和降低误报率,成为一个新的研究方向。本文在对 California 算法和滤波

算法研究的基础上,提出一种基于 California 算法和滤波算法的组合算法,以期解决检测率与误报率之间的矛盾,提高检测算法的性能。

1 基础算法描述

1.1 California 算法

California 算法为双截面算法,它基于事件发生时上游截面占有率将增加,下游截面占有率将减少这一事实,对相邻检测站进行比较。该算法用 1 min 平均占有率 $OCC(i, t)$,即在时刻 t 从检测站 $i = 1, 2, \dots, n$ 得到的平均占有率。按下述方法计算环形线圈占有率的变量值,判断是否满足以下条件:

1) 上下游检测器占有率的绝对差值大于阈值 K_1 ,即

$$OCCDF = |OCC(i, t) - OCC(i + 1, t)| \geq K_1 \quad (1)$$

2) 上下游检测器的测量占有率差值与上游的占有率之比大于阈值 K_2 ,即

$$OCCRDF = \frac{|OCC(i, t) - OCC(i + 1, t)|}{OCC(i, t)} \geq K_2 \quad (2)$$

3) 下游检测器的不同时间占有率差值与下游的占有率之比大于阈值 K_3 ,即

收稿日期:2010-09-29 修回日期:2011-05-09

第一作者简介:谭泽芳(1984),助理工程师,研究方向:交通工程控制, E-mail:tzf9@21cn.com

$$DOCCTD = \frac{|OCC(i+1, t-2) - OCC(i+1, t)|}{OCC(i+1, t-2)} \geq K_3 \quad (3)$$

当同时满足以上 3 个条件时判定事件发生^[1]。

上列式子中, K_1, K_2, K_3 为判断阈值, 这些阈值应该根据路段的特点、交通流特点和时间段的不同适当选取, 阈值的选择与检测效果息息相关。

1.2 滤波算法

此类算法设 t 时刻在上下游 2 检测站测得的占有率之差为 $\Delta OCC(t)$ 。事件对交通流的作用是比较突然的, 不同于常发性拥挤, 所以当检测到 t 之后 M 时间内 $\Delta OCC(t)$ 的平均值和 t 之前 N 时间内的 $\Delta OCC(t)$ 的平均值之间有较大差异时, 可以断定事件的发生。

滤波算法的关键是对原始数据做低通滤波处理, 并在此基础上判别是否存在拥挤, 以及拥挤是否由事件引起。

设事件发生时刻为 t , 定义 $OCC_i(t+k)$ 为事件发生后检测站 i 的 k 个占有率检测值的平滑值, $OCC_i(t)$ 为事件发生前 n 个占有率的平滑值。在上下游两侧检测站测得的占有率分别为 $OCC_i(t), OCC_i(t+k)$, 则检测路段内事件所采用的变量被定义为此两者占有率之差

$$\Delta OCC(t) = OCC_i(t) - OCC_{i+1}(t) \quad (4)$$

为了在不同占有率情况下, 使用共同的门限值来判断事件发生, 引入一归化因子 $\max OCC(t)$, 其定义为:

$$\max OCC(t) = \max\{OCC_i(t), OCC_{i+1}(t)\}$$

以下有 2 个判断条件

$$\frac{\Delta OCC(t+k)}{\max OCC(t)} \geq T_c \quad (5)$$

则存在拥挤;

$$\frac{\Delta OCC(t+k) - \Delta OCC(t)}{\max OCC(t)} \geq T_1 \quad (6)$$

则发生了偶发性拥挤。^[1]

2 组合算法

通过实验分析, California 算法误报率 FDR 较高, 检测率 TP 较低; 而滤波算法在同一检测率的情况下误报率 FDR 比 California 算法低。因此, 基于上述特点提出组合的方式, 以期把 California 算法和滤波算法正确检测的事件保留, 把 California 算法或滤波算法误报的事件滤掉, 提高检测率 TP 和降低误报率 FAR 。

通过实验分析, 无论是 California 算法或者滤波算法, 误报事件的判断因子均略超阈值, 而正确检测事件的判断因子均远大于阈值。基于这个显著的特点, 通过组合方式, 引入综合影响度变量 (QQ 和 WW)、影响因素变量 (a) 和组合算法阈值 (F)。

QQ 为 California 算法对组合算法事件判断的综合影响度。

WW 为滤波算法对组合算法事件判断的综合影响度。

a 为描述其中一个算法对检测其是否为事件的权重。

F 为判断其是否为真的事件。

如果其中一个算法的误报率比较高, 那么 a 可取小值, 以减少误报数; 反之则取高值。同时引入组合算法的阈值为 F , 判断其是否为真的事件, 即

$$aQQ + (1-a)WW \geq F \quad (7)$$

满足上述条件时, 判定发生事件。这种做法的目的在于, 保留仅 California 算法检测到的真实事件, 或者仅滤波算法检测到的真实事件; 同时滤掉仅 California 算法误报的事件, 或者滤掉仅滤波算法误报的事件。

为减少复杂度, 本文先取定变量 QQ, WW 与 California 算法主要参数 K_1 和滤波算法阈值 T_1 相关。

QQ 为 California 算法判断因子同时满足 California 算法 3 个判断条件后, $OCCDF$ 超过 K_1 的幅度, 即

$$QQ = \frac{OCCDF}{K_1} \quad (8)$$

WW 为滤波算法判断因子 $P(t)$ 同时满足滤波算法两个判断条件后, 超过 T_1 的幅度, 即

$$WW = \frac{P(t)}{T_1} \quad (9)$$

3 实验分析及结果

本文运用 TSIS 软件建立高速公路交通事件模型产生仿真数据。基本设置为双向 4 车道, 车道宽度 3.5 m, 检测器间距 800 m, 小型车辆: 大型车辆 = 3 : 7。在模拟中使用了不同的路段交通量, 分别为: 拥挤流量 (4 400~5 600 pcu/h)、高流量 (3 600~4 400 pcu/h)、中等流量 (2 400~3 600 pcu/h)、低流量事件 (1 600~2 400 pcu/h) 和没有事件发生的流量总体输入 (1 600~5 600 pcu/h)。同时, 根据事件的不同位置 (上游、中游和下游) 和

类型(车道堵塞、车道车速降低等)进行仿真。实验共模拟 1 200 个发生事件和 7 200 个无发生事件的场景(并加 10% 噪声)。检测率和误报率计算公式如下:

检测率 $TP = \text{正确检测次数 } DR / \text{设置的事件数 } S (S = 1\,200)$;

误报率 $FAR = \text{误报的次数 } FN / \text{模拟总的次数 } TN (TN = 7\,200)$ 。

由仿真数据可得到不同阈值下所有检测率与误报率点值在图上的分布。根据在同一误报率下检测率最高的原则,用直线连接最大检测率点,作出算法的最优曲线,仅表示检测率与误报率的趋势。通过仿真和统计分析结果,得到三种算法检测率与误报率最优曲线比较图(见图 1 所示)。

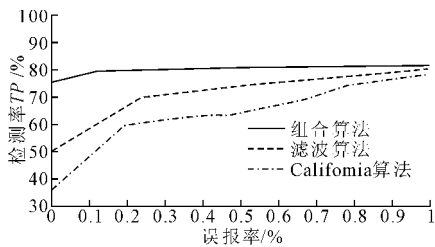


图 1 3 种算法检测率与误报率最优曲线比较图

Fig. 1 Optimal curve comparison chart of the detection rate and the false alarm rate of the three algorithms

比较 3 种算法的最优曲线,可总结出以下几方面的特点:

1) 在 FDR 一定的情况下,California 算法性能最差、滤波算法性能次之、组合算法性能最好。

2) 在 FDR 较小的情况下,California 算法和滤波算法的检测率都很低,但是组合算法的检测率 TP 却达到 75% 以上,组合算法有效地提高了检测率。

3) 在 FDR 较大的情况下,三者的检测率都接近 80% 相差不大,说明组合算法在容许较高误报率的情况下,难以进一步提高检测率。

4 结束语

1) 组合算法是保证误报率的基础上非常有

效地提高了检测率,尤其在低误报率的情况下。

2) 在容许较大误报率的情况下,California 算法的阈值和滤波算法的阈值一定的情况下,各自算法的检测率都较低,直接导致组合算法的检测率不能大幅度提高。

3) 本文仅考虑了 QQ(California 算法的综合影响度)、WW(滤波算法综合影响度)与 California 算法阈值 K_1 和滤波算法阈值 T_1 的关系,如果再进一步研究变量与五个阈值关系,组合算法将会有更优的性能。

参考文献

[1] 刘伟铭. 高速公路系统控制方法主编[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

[2] Sheu J B, Chow Y H, Shen L J. Astochastic estimation approach to real-time prediction of incident effects on freeway traffic congestion[J]. Transp. Res, 2001,35B(6):575-592.

[3] 谭泽芳. 高速公路交通事件自动检测算法研究[D]. 南京:东南大学交通学院,2007.

[4] Levin M, Krause, G M. Incident detection: A bayesian approach[J]. Transportation Research Record, 1978,18(2):52-58.

[5] Payne H J. Amacroscopic simulation model for freeway traffic[J]. Transportation Research record, 1979,7(2):68-77.

[6] Dudek C, Messer J, Nuckle N B. Incident detection on urban freeways[J]. Transportation Research Record 495,1974,13(5):12-24.

[7] Stephanedes Y J, Chassiakos A P. Application of filtering techniques for incident detection[J]. Journal of Transportation Engineering,1993,11(9):13-26.

[8] 陈伟博. 基于小波分析的高速公路交通事件自动检测算法研究[D]. 南京:东南大学交通学院,2007.

(下转第 109 页)

