

道路交通拥堵自动检测的改进加州算法及仿真

楚杨杰¹, 陈春红¹, 刘 昭¹, 王 雄¹, 宋 兵²

(1. 武汉理工大学理学院, 湖北 武汉 430070)

(2. 武汉外国语学校数学教研室, 湖北 武汉 430022)

摘 要: 本文研究了高速公路交通拥堵自动检测算法. 利用改进的加州算法, 获得了用 VISSIM 软件对高速公路车流量情况的仿真数据及结果, 仿真结果表明改进加州算法的检测结果良好.

关键词: 道路交通拥堵; 自动检测; 改进加州算法; 仿真

MR(2010) 主题分类号: 90B20

中图分类号: O224

文献标识码: A

文章编号: 0255-7797(2012)04-0740-05

1 引言

交通问题已成为阻碍世界大中城市发展的普遍难问题, 道路交通拥堵的自动检测问题的研究, 有助于预测拥堵的发生时间和地点, 保障交通拥堵的及时发现与处理, 大大减少城市交通拥堵对经济、环境等各方面的不良影响.

目前已经研究和应用的各种高速公路事故自动检测算法, 主要有基于决策树的模式识别方法 (California 算法^[1] 和 McMaster 算法^[2] 等), 此算法是通过比较事件发生时上、下游的交通模式与正常的模式相比较以确定事故是否发生; 统计算法^[3] (包括标准偏差法、事件序列分析方法、贝叶斯算法、指数平滑法等) 是用检测器的时间序列数据构造模型, 根据控制变量及阈值之间的关系推断事故是否发生; 突变论^[3] (Catastrophe Theory) 是修正的 McMaster 算法, 该算法需要对不同地点和不同的数据集合重新定义; 此外还有滤波技术^[4] (Filter Technique)、人工神经网络^[5] (Artificial Neural Network) 及图像处理技术 (Digital Image Processing) 等.

California 算法逐渐成为经典算法, 通常被作为评估其他算法性能的标准. 但是加州算法只适用于在单车道上, 通过上、下游检测器中占有率的变化判断是否发生交通事故, 而在高速公路上, 如: 双向六车道, 由于车道数很多, 当事故发生时所引起的影响不确定, 交通参数可能不会发生明显变化, 用传统加州算法会使误报率增加, 因此需要找出上、下游检测器的数据的变化, 本文便通过相邻检测器的数据变化, 讨论高速公路上交通拥堵问题, 改进加州算法, 建立交通拥堵预警模型, 对拥堵点进行预警.

2 多车道交通拥堵检测的改进加州算法

2.1 传统的加州算法

*收稿日期: 2012-03-12 接收日期: 2012-04-11

基金项目: 武汉理工大学基金资助 (116814002).

作者简介: 楚杨杰 (1969-), 男, 湖南永兴, 副教授, 主要研究方向: 复杂系统建模及仿真.

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 $OCCDF$ 大于阈值 K_1 , 即

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

- 2) 上下游检测器的测量占有率差值与上游的占有率之比 $OCCRDF$ 大于阈值 K_2 , 即

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

- 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 $DOCCTD$ 大于阈值 K_3 , 即

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

当同时满足以上三个条件时, 判定事件发生 [2].

2.2 基于多车道交通拥堵检测的改进加州算法

设车道数为 N , 道路上行驶车辆的平均速度为 V , 平均长度设为 L , 在 t 时间内, 通过某监测点的车辆为 n 辆, 路段长度 b_1 , 车辆总长度 b_2 .

空间占有率 [6]: $OCC = \frac{b_2}{b_1}$, 由 $b_1 = NVt$, $b_2 = nL$ 得

$$OCC = \frac{nL}{NVt}, \quad (2.1)$$

由 (2.1) 式可以看出, 占有率与车道数及车辆速度均为反相关关系, 根据加州算法的第一个条件中的变化, 在不发生拥挤时相邻监测点占有率应该是基本不变的, 当发生交通拥堵而造成车道数变化时, 占有率的变化是显著的. 由于在检测时不明确该检测点的车道数是否因为交通拥堵发生了变化, 用传统加州算法会影响预警的精度.

设某检测器 i 在 t 时间间隔内检测的占有率 $OCC(i, t)$, 则相邻两观测点的表达式为

$$OCC(i, t) = \frac{n_i L_i}{NV_i t}, \quad (2.2)$$

$$OCC(i + 1, t) = \frac{n_{i+1} L_{i+1}}{NV_{i+1} t}. \quad (2.3)$$

由于观测数据的时间间隔为固定值, 并且车道数目相同, 则其表达式可改写为

$$\frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i} = \frac{1}{Nt}, \quad (2.4)$$

$$\frac{OCC(i + 1, t)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}} = \frac{1}{Nt}. \quad (2.5)$$

当车道数目固定, 并且观测数据的时间间隔为固定值时, 在不发生交通拥堵的路段上, 相邻检测点的 $\frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i}$ 与 $\frac{OCC(i+1, t)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}}$ 应基本不变.

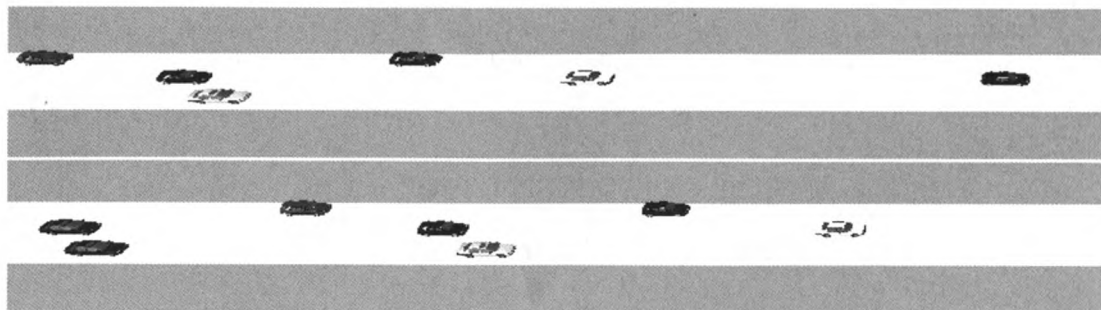


图 1: 无事故发生时的仿真图

因此, 把 $OCC(i, t)$ 替换为 $\frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i}$, 加州算法的判定条件可以修改为

$$\begin{cases} OCCDF = \left| \frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i} - \frac{OCC(i+1, t)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}} \right| \geq K'_1, \\ OCCRDF = \frac{\left| \frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i} - \frac{OCC(i+1, t)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}} \right|}{\frac{OCC(i, t)V_i}{n_i L_i}} \geq K'_2, \\ DOCCTD = \frac{\left| \frac{OCC(i+1, t-2)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}} - \frac{OCC(i+1, t)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}} \right|}{\frac{OCC(i+1, t-2)V_{i+1}}{n_{i+1} L_{i+1}}} \geq K'_3, \end{cases} \quad (2.6)$$

其中 K'_1 、 K'_2 、 K'_3 为新的阈值, 当同时满足以上三个条件时, 判断有拥堵发生.

3 多车道交通拥堵检测的改进加州算法的仿真

VISSIM 软件为德国 PTV 公司开发的微观交通流仿真软件系统, 用于交通系统的各种运行分析. 该软件系统能分析在车道类型、交通组成、交通信号控制、停让控制等众多条件下的交通运行情况, 具有分析、评价、优化交通网络、设计方案比较等功能, 是分析许多交通问题的有效工具 [7].

利用 VISSIM 软件 [8] 对高速公路单向三车道的路面车辆运行状况进行仿真, 设定三条长度为 10km 的高速公路, 单车道宽度为 3.5m, 车辆输入为 3000, 三个车道的车辆平均速度分别设定为 110km/h、90km/h、80km/h, 仿真时间 2000s, 从路段起始位置以 2km 的路段间隔对各车道分别设定 6 个车辆检测器, 由于实际中的微波检测器只能检测单个车道的车流量参数, 依次将同一位置的三个车道的检测器合并, 并依次标号, 设为检测点, 以 60s 的时间间隔收集仿真过程中的车辆数、车辆的平均速度、占有率、车辆平均长度四组数据. 无事故发生时, 利用 VISSIM 仿真运行结果如图 1.

在此种无交通事故时的仿真, 对输出文件中的车辆数、车辆的平均速度、占有率、车辆平均长度四组数据分析整理, 根据模型 (2.6) 计算得出 OCCDF、OCCRDF、DOCCTD, 根据以上三个参量的波动情况, 如图 5、6、7, 为保证在无交通事故时的路段上的 OCCDF、OCCRDF、DOCCTD 均在阈值以内, 分别设定阈值 K'_1 、 K'_2 、 K'_3 为 0.75、0.14、0.15.

在 6km 到 8km 的路段上设定障碍点, 即在 4、5 检测点内发生交通事故, 其仿真结果图如下 (图中白色轿车因为出现事故而停止):

从图 2 可以看到第二车道的白色轿车因为前面轿车发生事故绕道而行.

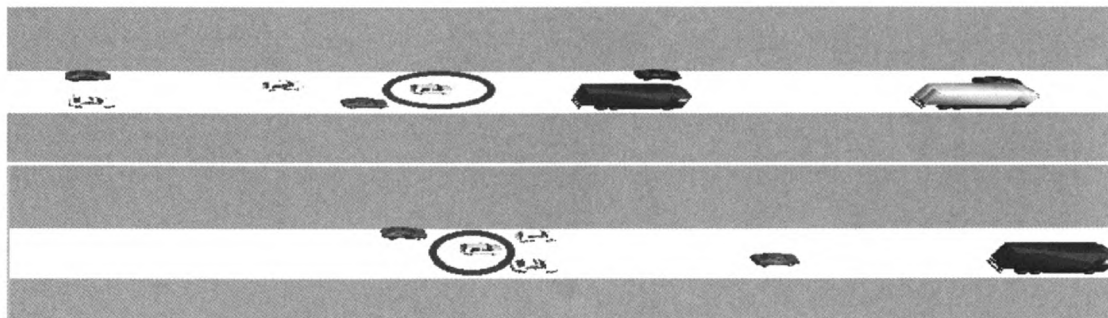


图 2: 有事故发生时的仿真图

同样对该情况下输出文件中的各个数据进行分析, 利用 Matlab 软件作出 3、4 检测点 (区间内无事故发生) 以及 4、5 检测点 (区间内发生事故) 的流量 - 时间函数图如下:

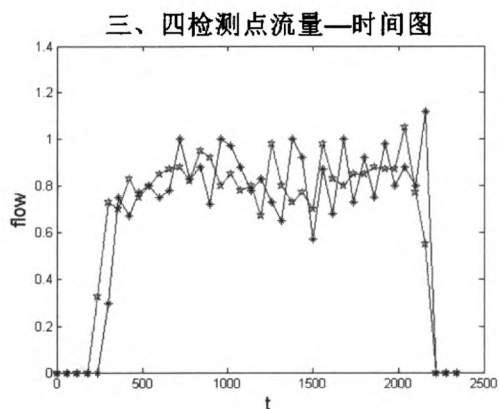


图 3: 3、4 检测点的流量 - 时间函数图

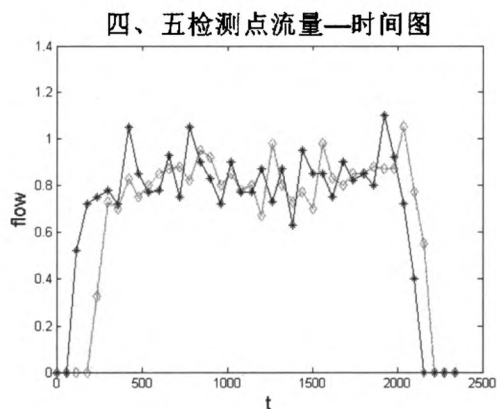


图 4: 4、5 检测点的流量 - 时间函数图

流量表示单位时间通过某一横截面的总的车辆数, 当未发生交通事故时, 车流畅通, 相邻检测点在固定时间间隔 t 内的车流量基本吻合; 而发生交通事故时, 事故发生点上下游相邻检测点在固定时间间隔 t 内的车流量会发生明显的波动. 图 3、图 4 比较可以看出无事故发生时, 上下游检测点的流量函数 - 时间函数基本吻合, 当发生交通事故时上下游检测点的流量 - 时间函数差别较大. 利用模型 (2.6) 对 4、5 检测点的数据统计后计算得出 OCCDF、OCCRDF、DOCCTD, 并做出其数值图, 如图 5、6、7.

从图 5、6、7 中可以看到在 36-37 时间间隔内, 只有四、五检测点的 OCCDF, OCCRDF, DOCCTD 均发生突变, 超过相应阈值, 根据模型可以判断出事故发生, 与 VISSIM 仿真设定的参数相同, 判断用模型 (2.6) 可以达到预警目的. 在式 (2.4) 和 (2.5) 中, 当 N 变化时, 表明车道数变化时, 加州算法的各参量也随之发生变化; 当 $N = 1$ 时, 表明模型 (2.6) 也适用于单车道模型.

小结 随着高速路的不断增加, 实现交通拥堵的快速、准确的自动检测, 减少因为不能及时预警而造成的损失意义重大. 本文研究了高速公路交通拥堵的自动检测算法, 并对加州算法进行了改进, 利用 VISSIM 软件进行仿真, 比较事故点上、下游检测点的各个交通流参数, 仿真结果表明: 利用多车道交通拥堵预警模型能够对事故作出准确预警.

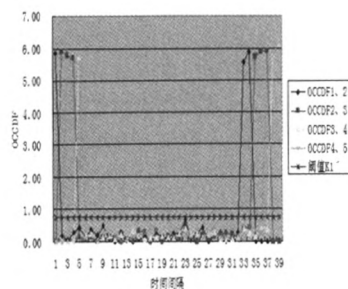


图 5: 各检测点内的 OCCDF 图

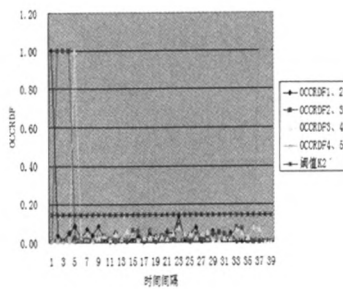


图 6: 各检测点内的 OCCDF 图

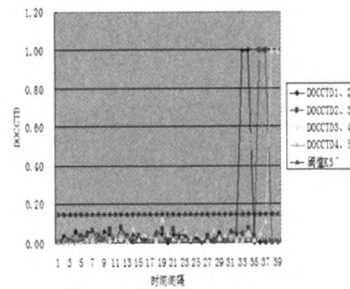


图 7: 各检测点内的 DOCTD 图

参 考 文 献

- [1] 于勇, 邓天民. 一种新的快速路交通事件综合检测算法 [J]. 公路与汽运, 2009, 13(1): 35.
- [2] 郑建湖, 陈洪. 快速路交通事件自动检测系统及算法 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(9): 1144-1145.
- [3] 谭光莉, 姜紫峰. 高速公路事故自动检测算法的探讨 [J]. 西安公路交通大学学报, 1999, 19(3): 56-57.
- [4] Perasnd B, Hall F L. Catastrophe Theory and Pattern in 30-second freeway traffic data-implication for incident detection [J]. Transportation Research, 1989, 23A(2): 103-113.
- [5] 谌永荣, 黄崇超. 带平衡约束的离散网络平衡设计问题的遗传算法 [J]. 数学杂志, 2012, 32(1): 152-153.
- [6] 蔡晓禹. 城市快速路自动事故检测方法研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [7] 盖春英. VISSIM 微观仿真系统及在道路交通中的应用 [J]. 公路, 2005, (8): 119.
- [8] 辟途威交通科技(上海)有限公司(中文版权). VISSIM530 - 中文 [EB/OL]. <http://ishare.iask.sina.com.cn/f/20852178.html>, 2011-1.

ROAD TRAFFIC CONGESTION AUTOMATIC DETECTION OF IMPROVEMENT OF THE ALGORITHM OF CALIFORNIA AND THE SIMULATION

CHU Yang-jie¹, CHEN Chun-hong¹, LIU Zhao¹, WANG Xiong¹, SONG Bing²

(1.School of Science, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

(2.Department of Mathematics, Wuhan Foreign Language School, Wuhan 430022, China)

Abstract: This paper studies the highway traffic congestion automatic incident detection algorithm. By using the improved California algorithm, we obtain the simulation data and simulation result using the simulation software VISSIM to check the highway traffic flow magnitude situation. The simulated results show that the improved California algorithm test results is good.

Keywords: traffic congestion; automatic detection; improved California algorithm; simulation

2010 MR Subject Classification: 90B20