

Research on Expressway Accident Management and Control Strategy Based on VISSIM Simulation

Cuijiao Chen, Lidong Zhang, Liangzhi Zhang, Guanghong Qian

Shandong Jiaotong University, Jinan Shandong
Email: 294675389@qq.com

Received: Oct. 19th, 2018; accepted: Nov. 1st, 2018; published: Nov. 8th, 2018

Abstract

In order to reduce traffic congestion quickly and accurately after traffic accidents on express ways, in this paper, we use toll station data to establish freeway vehicle speed model. According to the speed threshold, we can judge whether there is a traffic accident on a certain road. According to the duration of accidents, a decision-making method of management and control based on VISSIM simulation is proposed. The "queue length" parameter is selected as the evaluation index of the management and control scheme, and the prohibition time and the number of entrances at the charging stations upstream of the accident are controlled. Taking a typical expressway section in Shandong Province as an example, the results of VISSIM simulation and practical application show that: the use of vehicle speed model and the implementation of management and control scheme have a scientific assistant decision-making role, and provide a strong technical support for the real-time management and control of expressway.

Keywords

Vehicle Speed Model, VISSIM Simulation, Expressway, Control and Control Scheme

基于VISSIM仿真的高速公路事故管控策略研究

陈翠娇, 张立东, 张良智, 钱光宏

山东交通学院, 山东 济南
Email: 294675389@qq.com

收稿日期: 2018年10月19日; 录用日期: 2018年11月1日; 发布日期: 2018年11月8日

摘要

为了能够在高速公路发生交通事故后快速有效地减轻交通拥堵, 本文利用收费站数据建立高速公路车辆速度模型, 根据速度阈值判断某一路段是否发生交通事故, 根据事故持续时间提出了一种基于VISSIM仿真的管控决策方法。选取“排队长度”参数作为管控方案的评价指标, 通过对事故上游的收费站入口禁行时间和入口数量进行管控。以山东青临高速公路某一路段为例, VISSIM仿真和实际应用结果表明: 车辆速度模型的使用及管控方案的实施, 具备科学的辅助决策作用, 为高速公路的实时性管控提供了强有力的技术支持。

关键词

车辆速度模型, VISSIM仿真, 高速公路, 管控方案

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着高速公路通车里程和汽车保有量的急剧增加, 给人们生活带来方便的同时也增加了交通拥堵、交通事故的发生。由于交通事故带有偶发性、不可预测性的特点[1], 在实际研究中往往难以及时获取到交通事故的响应信息; 同时, 由于交通事故相关的历史数据具有不对外公开性, 导致研究起来相当困难。当复杂的交通系统无法用简单抽象的数学模型描述时, 交通仿真便成为研究交通问题的重要途径。对于事故路段通行能力的研究, 美国学者 Goolsby 等最早研究了交通事故造成高速公路车道阻塞后的瓶颈路段通行能力, 给出了不同紧急事件下高速公路有效通行能力的比例[2]。由于国内外高速公路车辆运行特性存在差异, 为此, 本文采用 VISSIM 仿真软件构建我国基于 VISSIM 的高速公路事故路段的仿真模型, 采用青临高速公路车辆运行特征参数, 介绍一种基于 VISSIM 仿真的高速公路管控方案。

2. 高速公路管控模型

2.1. 路段模型

基于高速路网拓扑, 构建高速路交通状态判别模型。

以南向北方向高速路段入口 A 、出口 B 之间的路段为研究对象。如图 1 所示, 入口 A 和出口 B 之间的路段长度为 L_0 。设统计时段为 $[t_1, t_2]$, 时间差为 $\Delta t = t_2 - t_1$, 在此时间段内该高速路段的交通流量组成为两类: 第一类为由入口 A 进入且由出口 B 流出的交通流 Q_{AB} ; 第二类由经过路段 L_0 的过境交通流 Q_{AB}^1 、 Q_{AB}^2 、 \dots 、 Q_{AB}^n 组成, 其中 Q_{AB}^1 表示该支车流量经过路段 AB 且入口和出口之间有 2 个路段, 以此类推, Q_{AB}^n 表示该支车流量经过路段 AB 且入口和出口之间有 $n+1$ 个路段。

2.2. 速度模型

以当前计算路段的出入口交通流量对应的平均速度为主要依据, 兼顾经过此路段的过境交通流量的平均速度, 将其加权求和, 得到本路段的平均速度。

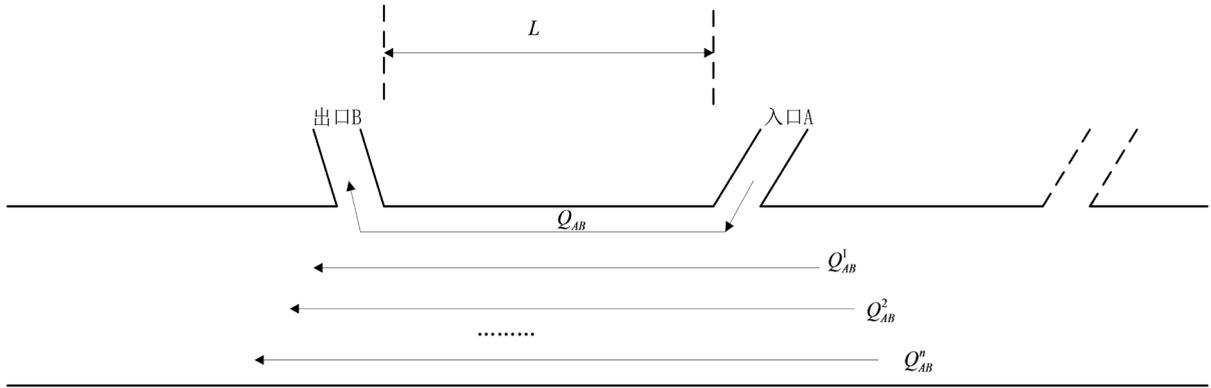


Figure 1. Section model
图 1. 路段模型

1) 根据前面条件设定, 设待求 AB 区间的区间平均速度为 \bar{v}_{AB} , 其计算公式如下:

$$\bar{v}_{AB} = \alpha_1 \bar{v}_{AB} + \alpha_2 \bar{v}'_{AB} \tag{1}$$

其中, \bar{v}_{AB} 为由 AB 口直接对应的车流平均速度; \bar{v}'_{AB} 为 AB 口的过境交通流对应的车流平均速度, 权值 α_1 和 α_2 表示两车速平均值的重要程度 ($\alpha_1 \gg \alpha_2$ 且 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$)。

\bar{v}_{AB} 的计算方法如下:

$$\bar{v}_{AB} = \frac{L}{\frac{1}{N} \sum_i^N (t_{i出} - t_{i入})} \tag{2}$$

其中, $t_{i出} - t_{i入}$ 表示第 i 辆车在路段 L_0 上的行驶时间, N 表示在统计时间段 Δt 内该路段内的车辆总数。

\bar{v}'_{AB} 的计算方法如下:

$$\bar{v}'_{AB} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k \left(\frac{L_k}{\frac{1}{M_k} \sum_j^{M_k} (t_{j出} - t_{j入})} \right) \tag{3}$$

其中, k 表示第 k 支过境交通流, L_k 表示该支交通流对应的路段长度, M_k 表示经过分析路段的所有交通流总数。

2.3. 收费站入口控制模型

高速公路发生事故后, 可用排队长度来表征事故上游的拥堵情况, 确定交通拥堵输入的语言变量值, $\tilde{A} = \{\tilde{A}_i : i = 1, 2, \dots, N\}$, 其中, \tilde{A}_i 根据人类的语言习惯可取诸如 {轻微, 中等, 严重, 非常严重}, 用以度量交通拥堵的严重程度, 根据工作人员的判断, 通过系统中的下拉控件选择相应的等级; 各语言值的隶属度函数可取三角形、钟形、梯形, 或离散型等多种类型, 三角形隶属度函数示例如图 2 所示。

确定各等级交通事件的区域影响范围 R 和时间影响长度 T 的语言变量及其相应的隶属度函数。区域影响范围 R 是以事件发生地点为原点, 以 r 为半径的圆形或椭圆形区域, 其语言变量值可取为 $\tilde{R} = \{\tilde{R}_j : j = 1, 2, \dots, M\}$, 其中 \tilde{R}_j 根据人类的语言习惯可取诸如 {很小、较小、小、中等、较大、很大} 等值; 区域影响范围和时间影响长度的隶属度亦可取三角形、钟形、梯形, 或离散型等多种类型, 区域影响范围的梯形隶属度函数示例如图 3 所示。

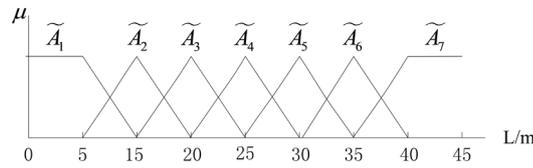


Figure 2. Membership function of event severity
图 2. 事件严重程度隶属度函数

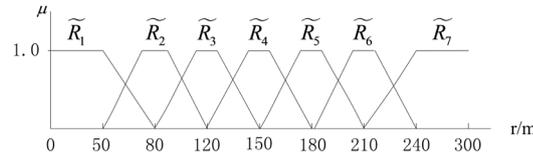


Figure 3. Membership function of regional influence range
图 3. 区域影响范围隶属度函数

时间影响长度 T 的语言变量值 $\tilde{T} = \{\tilde{T}_k : k=1,2,\dots,K\}$, 其中 \tilde{T}_k 根据人类的语言习惯可取为诸如{很短、较短、中等、较长、很长}等值, 论域为 X , 划分为 7 个等级, 即 $x = \{1,2,3,4,5,6,7\}$, 模糊子集为 $\{VS,S,M,L,VL\}$, 其相应隶属度值如表 1; $\mu_{\tilde{T}_i}(x)$ 表示各模糊子集值在等级 X 中对应的隶属度值。

Table 1. The corresponding membership values of each fuzzy subset value in rank X
表 1. 各模糊子集值在等级 X 中对应的隶属度值表

$T \backslash \mu_{\tilde{T}_i}(x)$	1	2	3	4	5	6	7
$\tilde{T}_1(VS)$	1.0	0.4	0.1	0	0	0	0
$\tilde{T}_2(S)$	0.3	1.0	0.3	0	0	0	0
$\tilde{T}_3(M)$	0	0.3	1.0	1.0	0.3	0	0
$\tilde{T}_4(L)$	0	0	0.1	0.3	1.0	0.3	0.1
$\tilde{T}_5(VL)$	0	0	0	0.1	0.3	0.5	1.0

以上三角形和梯形隶属度函数构成专家系统知识库中的主要内容。专家系统知识库的规则库, 用来存放全部模糊控制规则, 在推理时为“推理机”提供控制规则。第 i 条推理规则为

$$R_p: \text{IF } \tilde{A} \text{ is } \tilde{A}_i \text{ THEN } \tilde{R} \text{ is } \tilde{R}_j \text{ AND } \tilde{T} \text{ is } \tilde{T}_k$$

全局规则库为: $R = \bigcup_p R_p$

建立推理机。推理机在模糊控制器中的功能是: 根据输入的模糊量和知识库(数据库、规则库)完成模糊推理, 并求解模糊关系方程, 从而获得模糊控制量。已知实时获取的道路交通事件严重程度为 A , 则输出的模糊集 U 可由模糊推理的合成算法获得, 即

$$U = A \cdot R \tag{4}$$

解模糊或清晰化接口方法, 可采用最大隶属度判决法、加权平均判决法, 和中位数法等, 其中加权平均法方法如下:

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu U_1(u_i) u_i}{\sum_{i=1}^n \mu U_1(u_i)} \tag{5}$$

至此, 可根据实时道路交通拥堵检测结果, 推理得到应该实施交通管制的入口个数和管制时间。

3. 交通事故参数设置及仿真

3.1. 仿真参数设置

利用 VISSIM 软件对高速公路基本路段进行微观仿真, 具体步骤如下[3] [4] [5] [6]。

设计一条长约 70 km 的单向 3 车道高速公路基本路段的仿真模型。由于青临高速公路几何条件对交通流特性影响较小, 所以在设计该基本路段的仿真模型时, 将行车道宽度统一设为 3.75 m, 纵坡设计为 0, 平曲线和限速标志等均按理想条件下设置。

模拟交通事故。交通事故根据其发生的时间、路段交通特性、事故特征对交通运行有不同程度的影响, 因此事故持续的时间也会有相应不同。在本次仿真中, 将事故的持续时间设定为 20 min、30 min、45 min、60 min 四种情况。在路段模型上设置三个收费站入口, 在距离第三个收费站入口下游 2000 m 处模拟发生交通事故, 模拟交通事故发生在第 550 s, 分别在 1750 s、2350 s、3250 s、4150 s 结束。

设置数据采集点、排队计数器和停车场。在 1999 m 处设置数据采集点和排队计数器。在 2000 m 处设置停车场, 利用停车场功能定义事故车辆, 改变车辆停靠时间模拟事故持续时间。

设置车辆类型、及车辆速度。根据收费站数据设置高速公路上包括汽车、客车、货车三大种车辆类型。根据上述高速公路流量与速度模型得到各种车辆类型的速度作为仿真速度值。

设置路口的禁行时间。车辆发生事故后, 车流由其他路段通行, 在收费站入口外侧有另一条道路, 因此在外侧道路上设置一个较短的连接器作为临时通行的局部路径。通过设置决策路径的通行时间, 通过调整时间段的值作为不同的管控方案。

3.2. 排队长度原始数据的获取

在仿真参数设定中选取最高的仿真精度(1 时间步长/仿真 s), 每次仿真时间设为 7200 s, 最大排队长度设为 2000 m。一共生成 44 种不同方案的排队长度数据, 用于记录不同事故持续时间的排队计数器获取的排队长度, 输出文件格式 “.stz”。

VISSIM 的排队长度输出文件里记录了平均排队长度、最大排队长度、停车次数, 表 2 列出了事故持续 20 分钟不实施管控方案时仿真的部分输出数据。

Table 2. Data table of “queue length” part

表 2. “排队长度”部分数据表

时间段	平均排队长度	最大排队长度	排队内停车次数
120	0	0	0
240	0	0	0
360	0	0	0
480	0	0	0
600	4	24	5
720	40	72	15
840	90	118	16
960	147	180	19
1080	210	231	16
1200	250	294	18
1320	325	380	27
1440	415	449	18

Continued

1560	485	529	21
1680	578	635	26
1800	713	776	45
1920	261	788	4
2040	0	0	0

由表中数据可以看出, 排队的情况开始出现在 600 秒时, 符合系统设定 550 秒开始发生事故, 平均排队长度的最大值出现在 1800 秒时, 最大值达到了 713 米。从 2040 秒开始, 排队时间清零, 代表事故清理完成, 道路恢复正常运行。

4. 仿真方案对比分析

当仿真时的车辆类型、比例以及数量完全相同, 改变收费站入口的禁行时间和收费站入口的数量, 研究事故持续时间不同的情况下, 事故上游的平均排队长度变化规律, 分析采取哪一种管控方案时事故的影响时间范围和空间范围最小。仿真结果如图 4 所示。

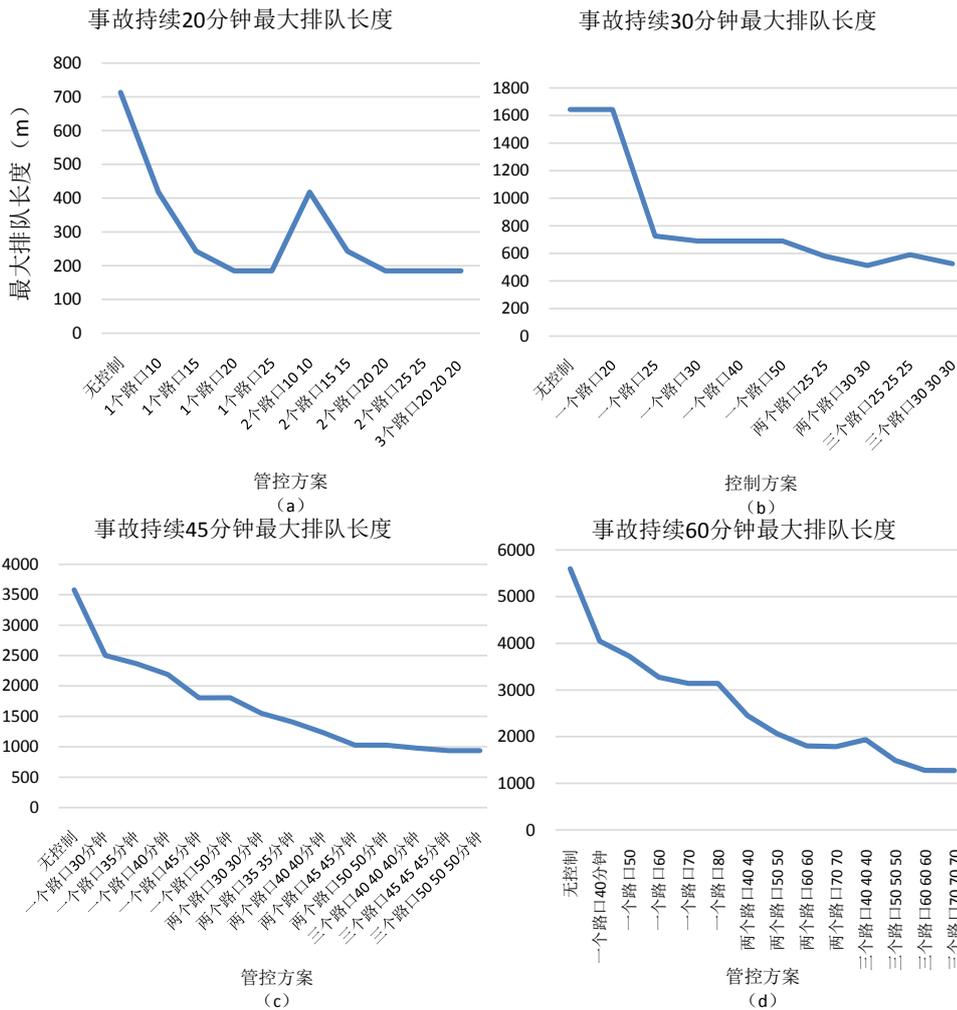


Figure 4. Comparison of control plans under different accident duration
图 4. 不同事故持续时间下管控方案对比图

通过仿真不同的事故持续时间, 统计原始数据文件, 以管控最少收费站入口个数和管控时间最短为最佳方案, 最佳管控方案结果如表 3 所示:

Table 3. Best management and control plan
表 3. 最佳管控方案表

事故持续时间(min)	20	30	45	60
最大排队长度(m)	713	1644	3580	5596
最佳管控路口时间(min)	20	30	45	60
最佳管控路口数量(个)	1	2	3	3

5. 结论

通过不同事故持续时间的比较, 可得当事故持续时间低于 20 分钟时, 控制上游第一个收费站入口即可, 且管控时间为事故持续时间; 当事故持续时间为 20 分钟至 30 分钟, 需要控制上游的两个收费站入口, 管控时间为事故持续时间; 当事故持续时间在 30 分钟至 60 分钟内, 需要控制上游三个收费站入口, 管控时间为事故持续时间。随着事故持续时间的增加, 交通影响时间范围和空间范围随之增加, 所以控制入口的个数和时间也会增加。

基金项目

山东省优秀中青年科学家科研奖励基金资助项目(BS2014DX011); 山东省自然科学基金项目“基于车载互联的多尺度路网状态辨识与诱导控制研究”(ZR2012FL02)山东省高等学校科技计划项目“道路交通系统的粗糙集模型与控制方法研究”(J10LG52)。

参考文献

- [1] 陈昊, 陆建. 基于 VISSIM 仿真的高速公路事故交通影响[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015, 35(S1): 227-229.
- [2] Transportation Research Board (2000) Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington DC.
- [3] 秦焕美, 曹静. 交通规划与仿真软件实验指导书[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2014.
- [4] 李伟楠, 熊军. 基于 VISSIM 仿真的城市快速路设计方案论证及对比分析[J]. 华东公路, 2016(2): 55-57.
- [5] Zhu, Z., Chen, S, Yang, Y., Hu, A. and Zheng, X. (2016) VISSIM Simulation Based Expressway Exit Control Modes Research. *Procedia Engineering*, **137**, 738-746. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.311>
- [6] Yang, Y.Q., Hu, A.X., Chen, S.H. and Zheng, X.Y. (2015) Study on Off-Ramp Metering of Expressways Based on VISSIM Simulation. *Road Traffic & Safety*, **15**, 8-15.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3431, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ojtt@hanspub.org