

文章编号:1001-7372(2013)04-0139-07

高速公路主线收费站拥堵消散控制策略

张晨琛^{1,2}, 王艳辉^{1,2}, 贾利民^{1,2}

(1. 北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044;

2. 北京交通大学 交通运输学院, 北京 100044)

摘要:针对高速公路主线收费站自身结构特点,分析了高速公路主线收费站系统组成和系统各组分内的车辆行为特征,对现有元胞自动机模型规则进行改进,建立了一种适用于高速公路主线收费站的元胞自动机交通流模型,并对 4 种可能引发高速公路主线收费站拥堵的因素进行了交通流模型仿真分析和比较,分析了拥堵产生的机理;综合考虑拥堵诱因以及常用的拥堵消散策略,提出了 3 种组合消散控制策略,并分别对拥堵消散过程进行了仿真分析。分析结果表明:组合策略Ⅲ(主线限速、入口流量控制和收费通道数控制组合策略)在排队长度和消散效果两方面均优于组合策略Ⅰ(入口流量控制和收费通道数控制组合策略)和组合策略Ⅱ(主线限速和收费通道数控制组合策略)。

关键词:交通工程;主线收费站;元胞自动机;拥堵消散控制策略;高速公路

中图分类号:U491.2 **文献标志码:**A

Congestion Dissipation Control Strategies for Expressway Mainline Toll Station

ZHANG Chen-chen^{1,2}, WANG Yan-hui^{1,2}, JIA Li-min^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: An analysis was conducted on the system components of the mainline toll stations and characteristics of the vehicle behavior in each component, based on the structural features of the expressway mainline toll stations. An improvement was made on the rules of the current cellular automation model and a traffic flow model of the cellular automation suitable for the system of the expressway mainline toll stations was established. In addition, a simulated analysis and comparison were carried out on the four possible factors that might trigger congestion in the expressway mainline toll stations, to find out a clear-cut mechanism for the congestion. In light of the triggers for congestion and the common dissipation strategies, three combined strategies of congestion dissipation control were proposed. A stimulated analysis and comparison were followed on the dissipation processes. The results show that combined strategy Ⅲ (speed limit for the mainline, traffic flow limit at the entrance and control of the charge channel) is more effective than the combined strategy Ⅰ (traffic flow limit at the entrance and control of the charge channel) and Ⅱ (speed limit for the mainline and control of the charge channel) regarding the length of the queue and dissipation effect.

收稿日期:2012-08-22

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2009BAG13A01)

作者简介:张晨琛(1985-),女,新疆富蕴人,工学博士研究生,E-mail:huanqinchenchen@126.com。

Key words: traffic engineering; mainline toll station; cellular automaton; congestion dissipation control strategy; expressway

0 引言

随着中国高速公路建设里程的迅猛增加和汽车保有量的快速增长,高速公路交通需求和交通流量激增,加大了高速公路收费站的通行压力,尤其是在交通高峰时段,主线收费站服务效率大大下降,当服务水平不能满足交通量需求时,主线收费站广场内将会形成交通拥堵和排长队现象。等待交费过站的驾驶人难以判断能以最短时间通过的车道,驾驶人心理趋势会促成其采取变更或抢占收费车道等不安全交通行为,以便能快速进入较短的排队车道,减少排队等待时间。这种情况下,收费站广场内车辆的相互交织,进一步加剧了主线收费站的拥堵,严重影响了高速公路的服务质量,同时也带来了安全隐患。因此,分析高速公路主线收费站拥堵传播机理,采取有效交通措施对拥堵传播进行控制,确保高峰期的收费站车流畅通,是高速公路主线收费站管理中所面临的首要任务。

近年来,为了揭示交通流运行的内在规律,学者们提出了多种交通流理论和模型,为分析交通拥堵机理和消散策略提供了理论基础。其中,LWR 模型^[1-2]、跟驰模型^[3-4]、元胞自动机模型^[5-7]等道路交通流理论已形成较成熟的理论体系,并被广泛应用于拥堵形成与消散、相变等行为的分析中^[8-9]。针对交通拥堵形成的原因,拥堵消散控制策略主要分为 2 类:静态预防策略和动态控制策略。适当延长相邻交叉口之间的道路长度,合理设置道路渠化区的长度等都属于静态预防策略^[10-11]。这些策略可最大程度降低交通拥堵传播的速率,缓解交通拥堵,但这些策略缺乏灵活性。相反,动态控制策略具有很大的灵活性,常见的包括交叉口信号控制、交通诱导、禁止转弯、限速控制等^[12-15]。

目前交通流理论研究的主要对象为高速公路的基本路段和出入口,与其相比,高速公路主线收费站具有不同的构成特征,其内部的交通流运行规律也存在差异。针对高速公路主线收费站拥堵形成机理和消散策略的分析,尚缺乏相关的研究成果。因此,本文中在对北京市周边多条高速公路主线收费站实地调研和参考前人研究成果的基础上,对高速公路主线收费站收费系统和收费系统内车辆个体的行为特征进行了分析,并建立适用于高速公路主线收费

站的元胞自动机交通流模型,模拟分析拥堵形成机理,制定相应的动态控制策略,为高速公路的收费管理提供有力的理论和数据支持。

1 高速公路主线收费站交通流模型

1.1 问题说明

(1) 交通状态表征

交通系统通常被看作是一个由多粒子构成的复杂巨系统,其内部个体依据简单的交通规则相互作用而构成动态系统的演化,形成系统的不同状态,鉴于元胞自动机理论与交通系统状态演化的相似性,选用元胞自动机模型作为研究的基础理论。

(2) 高速公路主线收费站交通状态表征

综合实地调研结果和相关参考文献,将高速公路主线收费站交通状态分为:畅通、轻度拥堵、中度拥堵和重度拥堵 4 个等级。其中,轻度拥堵、中度拥堵和重度拥堵统称为拥堵。

高速公路主线收费站交通拥堵是指高速公路交通量需求远远超过主线收费站服务水平时,车辆滞留在收费广场过渡段内形成排长队的交通现象(状态)。研究通过收费站收费通道上游的排队长度来表征交通拥堵程度,参考收费站工作人员的实践经验,确定具体划分标准见表 1。

表 1 高速公路主线收费站交通拥堵程度划分标准

Tab. 1 Traffic Congestion Degree of Expressway Mainline Toll Station

拥堵程度	轻度拥堵	中度拥堵	重度拥堵
排队长度	$(\frac{1}{4}L_b, \frac{1}{2}L_b]$	$(\frac{1}{2}L_b, \frac{3}{4}L_b]$	$(\frac{3}{4}L_b, L_b]$

注: L_b 为收费广场过渡段长度。

(3) 高速公路主线收费站拥堵消散效果定义

设 D 为采用拥堵消散策略前的收费广场过渡段排队长度, D_p 为采用第 p 种控制策略后的收费广场过渡段排队长度,则拥堵消散效果 E_p 定义为

$$E_p = \frac{D - D_p}{D} \times 100\%$$

式中: $p=1, 2, \dots, q, q$ 为控制策略总数。

(4) 高速公路主线收费站构成元素

高速公路主线收费站主要包括高速公路基本路段、收费通道和收费广场过渡段三部分。

高速公路基本路段:依据《公路交通标志和标线设置规范》要求,在距离收费广场渐变段起点 2, 1,

0.5 km 处应设置收费站预告标志,驾驶人在看到 2 km 预告标志牌起开始减速,准备进入收费广场。为此,本文定义中从收费站 2 km 预告标志起至收费站标志路段为高速公路基本路段。该路段车道数为 k ($2 \leq k \leq 4$), 长度为 $L_a = 2\ 000$ m, 宽度为 $W_a = 3.75k$, 分别记作 A_1, A_2, \dots, A_k (图 1 中 A 段)。

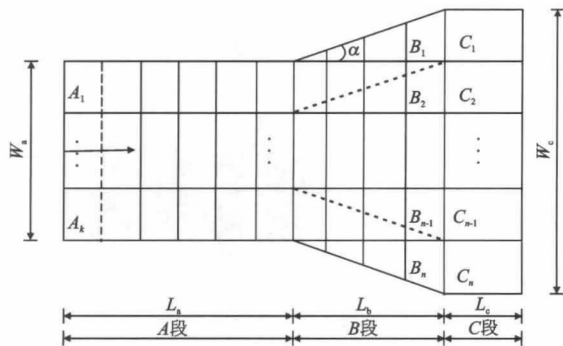


图 1 高速公路主线收费站系统(单向)

Fig. 1 Expressway Mainline Toll Station (Unidirectional)

收费通道: 车辆接受收费服务所经过的通道。收费通道数为 N' ($2 \leq N' \leq 10$), 长度为 L_c , 宽度为 W_c , $W_c = 5.4N'$, 分别标记为 $C_1, C_2, \dots, C_{N'}$ (图 1 中 C 段)。

收费广场过渡段: 连接高速公路基本路段和收费通道的等腰梯形区域。该梯形的边与高速公路基本路段的夹角为 α ($3^\circ \leq \alpha \leq 5^\circ$), 上底长度为 W_a , 下底长度为 W_c , 长度为 $L_b = \frac{W_c - W_a}{2 \tan(\alpha)}$ 。将该区域划分为 n 条路段, 分别记作 B_1, B_2, \dots, B_n (图 1 中 B 段), 其中 B_1, B_n 均为虚线段, 当 k 和 n 均为偶(奇)数时, B_2, \dots, B_{n-1} 为 A_1, A_2, \dots, A_k 的正向延伸段; 当 k 为奇(偶)数, n 为偶(奇)数时, B_2, \dots, B_{n-1} 为 C_2, \dots, C_{n-1} 的反向延伸段。

1.2 模型构建

基于上述说明以及对实际车流运行特性的调研分析, 本文中将在几种常用交通流元胞自动机模型的基础上针对以下几种情况分别使用特定的规则: ①车辆在 A 段上行驶; ②车辆从 A 段进入 B 段; ③车辆在下一个时间步会到达 C 段; ④车辆停在 C 段接受服务。

(1) A 段内车辆根据 k 值的变化选择不同的模型进行更新

$$\begin{cases} k=1 & \text{NaSch 模型} \\ k=2 & \text{双车道 NaSch 模型} \\ k>2 & \text{多车道模型} \end{cases}$$

在更新过程中, 考虑大型车和小型车的车辆最

大限速和长度不同^[16], 令 $v_{\max} = \{v_{\max}^b, v_{\max}^s\}$ 表示车辆的最大限速值集合, 其中 v_{\max}^b 为大型车的最大限速值, v_{\max}^s 为小型车的最大限速值, $I_{\max} = \{I_{\max}^b, I_{\max}^s\}$ 表示车辆长度的集合, 其中 I_{\max}^b 为大型车车长, I_{\max}^s 为小型车车长。

(2) 根据实地调研情况, B 段中车辆交互频率高, 强度大, 容易发生拥堵, 甚至导致交通安全事件发生, 是本文中研究的重点。

当车辆进入 A 段的最后 1 个元胞时, 假定其会跟随 B 段可选路段中离它较远的车辆, 即进入集合 $E = \{B_i | \max_i(d_{Bi})\}$ 的元素 B_i 路段, 其中 E 为 B 段中可选路段的集合, 这些可选路段上的车辆与 A 段的最后 1 个元胞距离最远; d_{Bi} 为可选 B_i 路段最后 1 辆车与 A_j 路段头车的距离, $d_{Bi} = x_{Bi \text{ last}} - x_{Aj \text{ lend}} - l_{\text{veh}}$, $i = 1, 2, \dots, n$, $x_{Bi \text{ last}}$ 为可选 B_i 路段最后 1 辆车的位置, $x_{Aj \text{ lend}}$ 为 A_j 路段 A_j 头车的位置。 A_j 路段头车可选择的路径如表 2 所示。表 2 中“ \Rightarrow ”表示可能进入; $j = 1, 2, \dots, k$, k 为高速公路基本路段数量; 当 $d_{B_1} = d_{B_2} = \dots = d_{B_n}$ 时, 以相同概率随机选择路径。

表 2 A_j 路段头车可选路径

Tab. 2 Optional Paths of Lead Vehicle on Segment A_j

表达式		条件	
$A_{j\text{lead}} \Rightarrow$	B_j	$k = n$	k 和 n 奇偶性相同
	B_{2j-1}, B_{2j}	$k < n, k$ 和 n 同偶	
	B_j, B_{j+1}	$k < n, k$ 和 n 同奇	
	B_j		
	B_{j+1}, B_{j+2}		
	B_j, B_{j+1}		
		k 和 n 奇偶性不同	

当车辆进入 B 段时, 车辆换道规则如下^[17]:

①考虑右道: 如果 $d_n^-(t) \geq v_{\max} - v_n(t) + 1$, $d_n^+(t) \geq d_n^-(t)$ 并且 $d_{ci}^-(t) < d_{ci}^-(t)$, 那么 $L_n(t) = L_n(t) - 1$, 否则 $L_n(t) = L_n(t)$;

②考虑左道: 如果 $d_n^+(t) \leq d_n^-(t)$ 并且 $d_n^-(t) \geq v_{\max} - v_n(t) + 1$ 或 $v_n(t) = 0$ 并且 $d_{ci}^-(t)$, 那么 $L_n(t) = L_n(t) + 1$;

③进行换道: 以概率 P 令 $L_n(t) = L_n(t)$ 。为避免发生碰撞, 要从右向左依次对每个车道进行处理。换道完成后, 车辆根据单车道 NaSch 模型进行更新

$$x_n(t+1) = x_n(t) + v_n(t), v_n(t+1) = v_n(t), L_n(t+1) = L_n(t)$$

参数说明: $d_n^{xy}(t)$ 表示 t 时刻车辆 n 与左、右及本道上前后相邻车辆之间的空元胞数, 其中 x 可以

是 l, r 或空, l 表示左道, r 表示右道, 空表示本道, y 可以是 + 或 -, + 表示 n 车前车, - 表示 n 车后车; $z(t)$ 表示与左、右及本道相对应的 C_i 收费岛前被连续占用的元胞数, 其中 z 可以是 l, r 或空, l 表示左道, r 表示右道, 空表示本道; $L_n(t)$ 表示车辆 n 在 t 时刻所在车道的标号, 车道自右向左依次记为 1, 2, ..., N , 默认右道为车辆偏好行驶道; $L_n(t)$ 表示车辆 n 在 t 时刻所在位置; $v_n(t)$ 表示车辆 n 在 t 时刻的速度。

(3) $x_n(t) < x_{\text{toll}}$, 并且 $x_n(t+1) \geq x_{\text{toll}}$ 。令 $x_n(t+1) = x_{\text{toll}}$, $T_w = T$ 。其中, x_{toll} 表示收费站的位置, T_w 表示车辆仍然需要在收费站停留的时间, T 为车辆在收费站停留总时间的集合, $T = \{T^b, T^s\}$, T^b 为大型车在收费站停留的总时间, T^s 为小型车在收费站停留的总时间。

(4) $x_n(t) = x_{\text{toll}}$, 需要检测 T_w 的值。如果 $T_w > 0$, 那么 $T_w = T_w - 1$, 并且 $x_n(t+1) = x_{\text{toll}}$; 如果 $T_w = 0$, 根据开口边界条件, 车辆 n 驶出该路段。

2 高速公路主线收费站拥堵机理

2.1 标准参数标定

为了尽可能真实再现高速公路主线收费站交通运行环境, 在仿真参数设定过程中以实地调研结果和《公路交通标志和标线设置规范》为依据, 以第 1 节中对收费站构成元素的定义为标准, 设定模型参数中 $m=2$; $N'=2$; 元胞长度为 7.5 m; $L_a=2\ 000$ m (即约 267 元胞); $\alpha=3$; $L_b = \frac{W_c - W_a}{2 \tan(\alpha)} = 135$ m (即约 18 元胞); $L_c = 7.5$ m (即 1 元胞); $v_{\max} = \{v_{\max}^b, v_{\max}^s\} = \{80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}, 100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}\}$; $l_{\text{veh}} = \{l_{\text{veh}}^b, l_{\text{veh}}^s\} = \{15 \text{ m}, 7.5 \text{ m}\}$; $T = \{T^b, T^s\} = \{12 \text{ s}, 8 \text{ s}\}$, 采用开放式边界条件, 设置道路入口处的 4 个元胞为发车区, 大型车比例为 $P_m = 0.3$, 设置进车概率为 $P_m = 0.5$, 车辆随机慢化概率为 $P_s = 0.25$, 车辆换道概率 $P_c = 0.25$ 。设定模拟运行步数 500 步, 时间步长为 1 s。

2.2 拥堵机理分析方法

在查阅相关资料和实地调研的基础上, 选取可能导致高速公路主线收费段拥堵的参数如下: 服务时间、收费通道开放数量和入口流量。以标准标定参数为基准点, 模拟不同参数变化条件下的交通流时空图, 通过定量比较不同参数变化下收费站广场排队长度的差异, 确定拥堵发生的主要原因。

(1) 不同服务时间对比分析

参照高速公路收费站设计相关规范, 在大型车比例达 30% 以上时, 设计时采用的服务时间为 $T = \{T^b, T^s\} = \{12 \text{ s}, 8 \text{ s}\}$, 以此为标准, 将服务时间扩大 1 倍, 即为 $T = \{T^b, T^s\} = \{24 \text{ s}, 16 \text{ s}\}$, 2 组模拟仿真结果的排队长度对比表明 (图 2), 随着收费道口收费时间的延长, 收费广场过渡段发生拥堵的时间提前, 排队数也逐渐增大。与服务时间的成倍增大相比, 交通流状态变化并不显著。

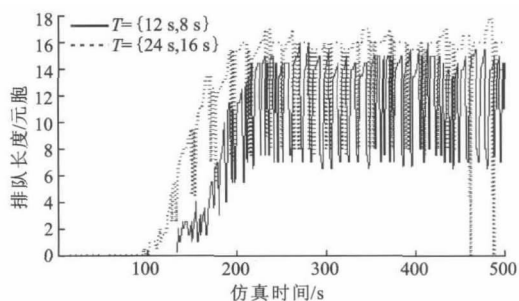


图 2 不同服务时间排队长度对比

Fig. 2 Comparison of Queue Lengths Under Different Service Times

(2) 不同收费通道数对比分析

收费通道开放数量 $N' = 2$ 和 $N' = 4$ 时, 2 组模拟仿真结果的排队长度对比表明 (图 3), 随着收费通道开放数量的增加, 交通流被分配到新增的收费通道上, 缓解了原有收费通道的排队压力。与收费通道开放数量的成倍增大相比, 收费广场过渡段交通状态变化显著。

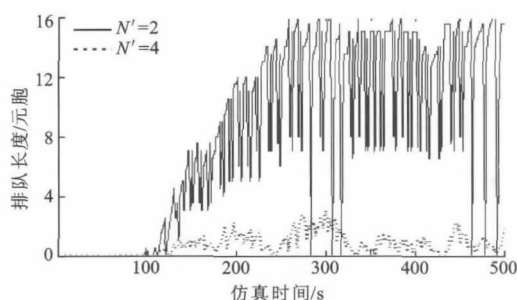


图 3 不同收费通道数量排队长度对比

Fig. 3 Comparison of Queue Lengths Under Different Numbers of Tollbooths

(3) 不同入口流量对比分析

高速公路基本路段入口处流量 $P_e = 0.50$ 和 $P_e = 0.25$ 两组模拟仿真结果的排队长度对比表明 (图 4), 随着进入路段车辆数的减少, 收费广场过渡段交通压力得到缓解, 拥堵传播的范围有限。与入口流量的成倍增大相比, 收费广场过渡段交通状态变化显著。

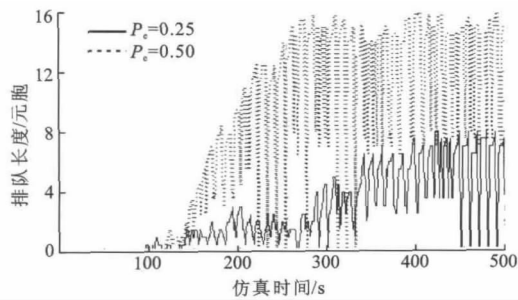


图4 不同入口流量排队长度对比

Fig. 4 Comparison of Queue Lengths Under Different Entrance Traffic Flows

通过以上的比较分析,可以得出以下结论:收费通道开放数量和入口流量是高速公路主线收费站拥堵的主要原因。

3 高速公路主线收费站拥堵的消散

3.1 拥堵消散策略

针对高速公路主线收费站拥堵的主要原因,综合考虑现有的拥堵控制策略,拟定了入口流量控制、主线限速控制和收费通道数控制3种控制策略。

(1) 入口流量控制

通过入口匝道信号灯控制,可限制进入高速公路基本路段的车流量,进而缓解收费广场过渡段的交通压力,达到优化收费广场过渡段交通流的目标。

(2) 主线限速控制

主线限速控制的对象是高速公路基本路段上的交通流,通过对主线交通流速度的限制,延迟交通流到达收费广场过渡段的时间,缓解收费通道上的交通压力。

(3) 收费通道数控制

通过通道数的控制,将交通流转移到通行能力尚有剩余的通道上,达到优化收费广场过渡段交通流的目标。

考虑到收费通道开放数量对拥堵的显著影响,将收费通道数控制作为固定的控制元素,在仿真研究中,重点对收费通道数控制和其他控制策略的组合策略进行模拟分析。

3.2 拥堵消散仿真

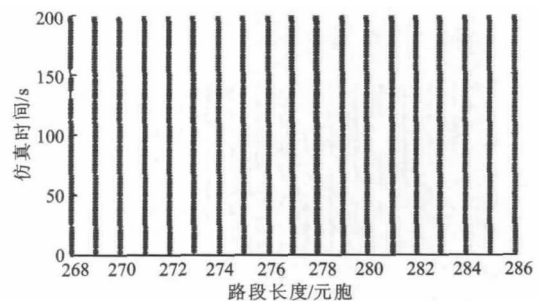
以 $T = \{T^b, T^s\} = \{24\text{ s}, 16\text{ s}\}$ 时的仿真情况作为研究对象,研究各组合拥堵消散控制方法在仿真步长200步内产生的消散效果。

本文中的时空图是基于MATLAB语言编程实现,时空图中每个点表述1个车辆,其对应的横轴和纵轴坐标分别表示车辆在路段中的位置和该状态所

处时刻。图中点的密度对应现实中车流密度。

(1) 无干涉传播

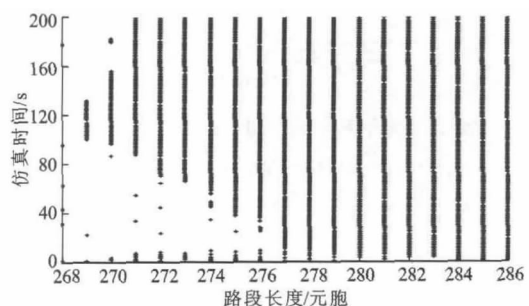
图5为无干涉条件下的收费广场过渡段拥堵传播时空图,由于没有采取任何控制措施,收费广场过渡段拥堵将会呈现拥堵车流带向上游传播,无消散趋势。

图5 无干涉条件下B₂车道拥堵传播时空图Fig. 5 Traffic Congestion Space-time Map Without Control Measures on B₂ Lane

(2) 组合控制策略Ⅰ:入口流量控制+收费通道数控制

将入口流量控制策略与收费通道数控制策略组合使用,能有效弥补2种方法独立控制时的缺陷。设置限流时间为200s,限流期间发车概率为 $P_e = 0.25$,收费通道数量为 $N' = 4$ 。

从仿真结果(图6)来看,采取控制策略的前100s,第268~275元胞拥堵消散明显,其消散得益于收费通道数量的增加。由于车流由上游入口处传至收费广场过渡段存在一个延误过程,不能在拥堵形成的第一时间对其进行干预,因此,直至仿真至120s时,限流措施的消散效果才得以显现,从图6的模拟仿真结果看,该策略只能在一定时间范围内缓解拥堵,但并不能完全控制拥堵向上游继续传播。

图6 组合策略Ⅰ下B₂车道控制时空图Fig. 6 Space-time Map for Combined Strategy I on B₂ Lane

(3) 组合控制策略Ⅱ:主线限速控制+收费通道数控制

收费广场过渡段发生拥堵后,在第100~267元

胞之间的区域进行限速管制,最大速度管制为 $v_{\max} = \{v_{\max}^b, v_{\max}^s\} = \{1 \text{ 元胞} \cdot \text{s}^{-1}, 2 \text{ 元胞} \cdot \text{s}^{-1}\}$,增加收费通道的数量为 $N' = 4$ 。

由于限速区间的选择为高速公路基本路段的末端,因此,从仿真结果(图7)来看,拥堵消散策略基本能够在第一时间消散拥堵,消散区间在第268~276元胞间,拥堵消散效率较高,但并不能完全控制拥堵继续向上游传播。

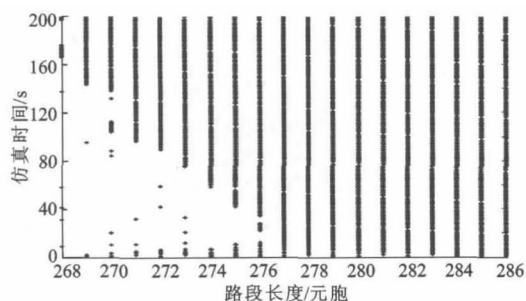


图7 组合策略Ⅱ下 B_2 车道控制时空图

Fig. 7 Space-time Map for Combined Strategy II on B_2 Lane

(4)组合控制策略Ⅲ:入口流量控制+主线限速控制+收费通道数控制

如上文所述,无论是策略Ⅰ还是策略Ⅱ,都不能从根本上控制拥堵继续向上游传播。但是2种策略组合却能够有效控制拥堵传播。从仿真结果(图8)来看:①控制策略能够在拥堵发生的第一时间消散拥堵,拥堵消散的区间在第268~278元胞间;②仿真至80~120s区间时,拥堵不再向上游传播。

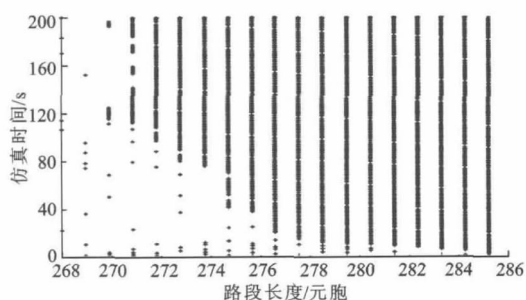


图8 组合策略Ⅲ下 B_2 车道控制时空图

Fig. 8 Space-time Map for Combined Strategy III on B_2 Lane

该控制策略的优势在于:①利用主线限速控制将拥堵分散化,避免了致密拥堵带的出现;②主线限速控制延缓了拥堵向上游传播的时间,减小了入口限流控制的延误时间,使入口限流控制更为高效。

3.3 拥堵消散策略对比分析

基于仿真结果,分别计算3种组合策略下车辆的排队长度,定量分析控制策略的拥堵消散效果。从对比结果来看(图9):组合策略Ⅰ的平均排队长

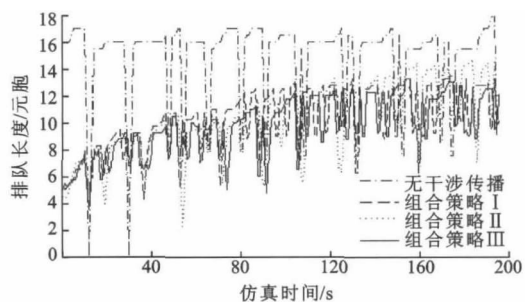


图9 组合策略排队长度对比

Fig. 9 Comparison of Queue Lengths for Different Combined Strategies

度为10.19元胞,消散效果为30.87%;组合策略Ⅱ的平均排队长度为10.12元胞,消散效果为31.34%;组合策略Ⅲ的平均排队长度为9.70元胞,消散效果为34.19%。组合策略Ⅲ具有较优的拥堵消散效果。

4 结语

(1)结合实地调研结果,对高速公路主线收费站系统进行了映射,在此基础上,分析了各个系统组分中车辆的特征,建立了适用于描述高速公路主线收费站交通拥堵传播的元胞自动机模型。

(2)运用构建的交通流元胞自动机模型,分析了收费站拥堵形成机理,模拟了不同参数变化下的交通流状态,通过定量比较不同参数变化下收费站广场排队长度的差异,确定了拥堵发生的主要原因。

(3)综合考虑拥堵发生的原因以及现有的拥堵控制策略,制定了3种收费站拥堵消散组合策略,较好地模拟了不同策略对拥堵的消散过程,分析了不同策略下拥堵消散的原因,通过定量比较策略实施后拥堵消散的效果,得出了较优的控制策略。

(4)为了客观比较策略实施后的效果,本文中虽然提出了拥堵消散效果这一定量指标,但仍需对其进行扩充和完善,以期对策略实施效果进行更加全面的评价;对于构建的交通流元胞自动机模型,如果能够考虑到ETC系统对收费站服务水平的影响,添加相应的ETC车辆的行驶规则,则能够更加贴近收费站的实际情况。

参考文献:

References:

- [1] Lighthill M J, Whitham G B. On Kinematic Waves. II. A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads[J]. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences,

- 1995,229(1178):317-345.
- [2] RICHARDS P L. Shock Waves on the Highway[J]. Operations Research,1956,4(1):42-51.
- [3] GAZIS D C, HERMAN R, ROTHERY R W. Nonlinear Follow-the-leader Models of Traffic Flow[J]. Operations Research,1961,9(4):545-567.
- [4] BANDO M, HASEBE K, NAKAYAMA A. Dynamic Model of Traffic Congestion and Numerical Simulation[J]. Physical Review E,1995,51(2):1035-1042.
- [5] NAGEL K, SCHRECKENBERG M. A Cellular Automaton Model for Freeway Traffic[J]. Journal de Physique I,1992,12(2):2221-2229.
- [6] CHOWDHURY D, DIETRICH E W, MECHAEAL W. Particle Hopping Models for Two-lane Traffic with Two Kinds of Vehicles: Effects of Lane-changing Rules[J]. Physica A,1997,235(3/4):417-439.
- [7] BONZANI I, GRAMANI CUMINB L M. Modelling and Simulation of Multilane Traffic Flow by Kinetic Theory Methods [J]. Computers and Mathematics with Applications,2008,56(9):2418-2428.
- [8] MAERIVOET S, DE MOOR B. Cellular Automata Models of Road Traffic[J]. Physics Report,2005,419(1):1-64.
- [9] 贾斌,高自友,李克平,等. 基于元胞自动机的交通系统建模与模拟[M]. 北京:科学出版社,2007.
- JIA Bin, GAO Zi-you, LI Ke-ping, et al. Models and Simulations of Traffic System Based on the Theory of Cellular Automaton[M]. Beijing:Science Press,2007.
- [10] YING J Q, LU H P, SHI J. An Algorithm for Local Continuous Optimization of Traffic Signals[J]. European Journal of Operational Research,2007,181(3):1189-1197.
- [11] WRIGHT C, ROBERG P. The Conceptual Structure of Traffic Jams[J]. Transport Policy,1998,5(1):23-35.
- [12] WRIGHT C, ROBERG P. Simple Models for Traffic Jams and Congestion Control[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Transport, 1999, 135(3):123-130.
- [13] ROBERG-ORENSTEIN P, ABBESS C R, WRIGHT C. Traffic Jam Simulation[J]. Journal of Maps,2007,3(1):107-121.
- [14] 李树彬,高自友,吴建军,等. 基于事件的交通拥堵模拟与消散策略研究[J]. 系统仿真学报,2012,34(8):1707-1713.
- LI Shu-bin, GAO Zi-you, WU Jian-jun, et al. Incident-based Traffic Jams Simulation and Dispersing Strategies[J]. Journal of System Simulation, 2012, 34(8):1707-1713.
- [15] 付蓬勃,吕永波,林琳,等. 高速公路意外事件所致堵塞的消散策略研究[J]. 北京理工大学学报,2010,30(9):1051-1055.
- FU Peng-bo, LU Yong-bo, LIN Lin, et al. Study of the Control Measures for Traffic Jam Caused by Accidents on Expressway[J]. Transactions of Beijing Institute of Technology,2010,30(9):1051-1055.
- [16] JTG B01—2003,公路工程技术标准[S].
- JTG B01—2003, Technical Standard of Highway[S].
- [17] PEDERSON M M, RUHOFF P T. Entry Ramps in the Nagel-schreckenberg Model[J]. Physical Review E,2002,65(5):705-714.

中国地质学会与中国公路学会交流工作

2013年6月19日下午,中国地质学会华丽娟处长一行4人到访中国公路学会,双方就学会办事机构职业化建设的有关情况进行了交流座谈,中国公路学会副秘书长乔云、学会管理部主任韩立萍及相关人员参加了会谈。

会上,乔云副秘书长简要介绍了中国公路学会的基本情况,并就学会在办事机构职业化建设中的具体做法、取得的成绩和经验做了详细介绍和说明。华丽娟介绍了中国地质学会的基本情况,以及承担中国科协办事机构职业化改革的有关情况。

乔云表示,中国地质学会与中国公路学会都是中国成立较早的学术性社团,分别在中国工程地质和公路交通领域具有较高的影响力和权威性,2个学会间还有一些共同的领域,希望今后进一步加强交流与合作,相互取长补短,充分发挥各自的优势,共同促进学会事业的发展。

华丽娟表示,通过这次交流,确实感受到中国公路学会的工作在各方面都取得了很大成绩,很多经验都值得借鉴,希望2个学会今后能够在更加广泛的领域加强交流合作,充分发挥学会的作用。

双方就加强办事机构职业化建设、加强学会网站建设和信息化管理等问题进行了比较深入的交流,并商定建立工作联络机制,经常性地开展沟通交流和信息共享,相互配合、相互支持,促进共同发展。