

The Influence of the Residential Area's Openness to Road Passage

Songqin Liu^{1,2}, Yumei Liao^{1,2,3*}, Zhouhao Zheng¹, Qian Wu¹

¹Department of Mathematics and Computer Science, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

²Internet+ Innovation and Entrepreneurship Center of Guizhou Education University, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

³Industrial Internet of Things Engineering Research Center of the Higher Education Institutions of Guizhou Province, Guizhou Education University, Guiyang Guizhou

Email: 1339335635@qq.com, 1490117621@qq.com, 994945854@qq.com, *liaoyumei-1999@163.com

Received: Nov. 8th, 2016; accepted: Nov. 26th, 2016; published: Nov. 29th, 2016

Copyright © 2016 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

Abstract

The article is mainly to take the rational allocation of urban space, to optimize the urban space resources, to improve the road network traffic capacity and to coordinate each main road and the road vehicle flowing as a starting point. It is the evaluation system that is through the system dynamics building road network settings, intersection, traffic lights, and the rush hour and so on. And then using Poisson distribution imitates the case that each main traffic road and the branches of roads are flowing in some places after opening. It can be concluded that the stress of traffic around the roads is decreased by comparing the traffic capacity and the number of stranded vehicles.

Keywords

System Dynamics (SD), Poisson Distribution, Traffic Capacity, The Number of Stranded Vehicles

开放式小区对道路通行能力的影响

刘松琴^{1,2}, 廖玉梅^{1,2,3*}, 郑周豪¹, 吴倩¹

¹贵州师范学院数学与计算机科学学院, 贵州 贵阳

²贵州师范学院大学生互联网+创新创业训练中心, 贵州 贵阳

³贵州师范学院贵州省高校工业物联网工程技术研究中心, 贵州 贵阳

*通讯作者。

文章引用: 刘松琴, 廖玉梅, 郑周豪, 吴倩. 开放式小区对道路通行能力的影响[J]. 建模与仿真, 2016, 5(4): 152-160.

<http://dx.doi.org/10.12677/mos.2016.54020>

Email: 1339335635@qq.com, 1490117621@qq.com, 994945854@qq.com, *liaoyumei-1999@163.com

收稿日期: 2016年11月8日; 录用日期: 2016年11月26日; 发布日期: 2016年11月29日

摘要

本文主要以优化城市空间资源、提高路网通行能力和协调各主干道与支干道车辆流通作为出发点, 通过系统动力学构建路网设置、交叉路口和上下班高峰期等影响因素作为评价体系, 并使用Poisson分布模拟开放后小区各主干道与支干道车流量, 通过对小区开放前后车辆通行能力和车辆滞留数进行对比, 得到小区开放后减缓了周边道路通行的压力。

关键词

系统动力学, Poisson分布, 车辆通行能力, 滞留车辆数

1. 研究背景及目的

随着我国人均拥有车辆不断增多, 城市交通问题逐渐走进了专家学者们的视线。目前对缓解交通问题的研究中多是从增加或拓宽城市主干道路、主城区车辆限号等几个方面入手, 但是道路不能无限制增加或扩宽, 且车辆限号进入主城区虽然缓解了主城区交通压力, 但还是不足以解决城市道路交通问题。因此, 需要寻求一种在原有城市空间资源基础上, 使城市可用道路增加, 从而改善城市道路拥挤的问题。

本文是在2016年“高教社”杯全国大学生数学建模竞赛B题参赛论文的基础上完成的, 将针对以下几个问题对开放小区对城市交通的影响进行进一步分析:

问题一: 选取合适的评价指标体系, 用以评价小区开放对周边道路通行的影响。

问题二: 建立关于车辆通行的数学模型, 用以研究小区开放对周边道路通行的影响。

问题三: 小区开放产生的效果, 可能会与小区结构及周边道路结构、车流量有关。选取或构建不同类型的小区, 应用建立的模型, 定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。

本文的研究目的是充分利用城市城市空间资源提高路网通行能力, 在深入分析系统动力学的基础上, 针对小区实际结构, 提出了区分不同小区状态分别对模型进行标定的思路, 同时, 设计了运用Poisson分布模拟开放后小区各主干道与支干道车流量对模型进行修正的方法。对比实验结果表明, 开放小区道路可以起到分流的作用, 从而缓减的主干道的压力。

2. 模型建立与求解

2.1. 模型基本假设

- (a) 车辆的进出小区是互相独立的;
- (b) 假设天气因素不影响交通流量;
- (c) 在同一时间间隔内, 车辆进出小区的概率与时间无关, 与该段时间区间的长度成正相关关系。

2.2. 模型符号约定

模型符号约定如下。

符号	解释	符号	解释
H_l	车道理论通行能力	η	车道宽度影响系数
R_l	平均车头时距	T_m	表示两个时间段之差
H_s	车道可能通行能力(模拟实际)	n	车辆数
T_n	表示现在时表示过去的时间刻	T_f	表示仿真时间变量
T_p	表示过去的时间	f_m	表示过去时间与现在时间间隔

2.3. 模型问题分析

针对问题一，各个评价指标在道路交通中的影响程度是不同的，道路通行等级的综合评价往往要考虑多个指标。按照系统动力学[1]构建小区开放影响周边道路交通的各个变量集，并用其来评价小区开放对周边道路通行的影响。

针对问题二，因为车辆进出小区是一个随机性事件，根据车辆流通特性建立了泊松数学模型，用以研究小区开放对周围道路的车流量能否起到减低道路通行的压力。

根据一条车道理论通行能力[2]计算公式

$$H_l = \frac{3600}{R_l} \quad (1)$$

可以计算出该小区主干道的理论通行能力。

针对问题三，小区车流量的大小受多方面因素影响，其中有小区的地理位置、管理措施、小区面积的大小等因素。而小区开放产生的影响与小区的车流量有关，为此我们选取地理位置不同、小区面积大小不同的小区进行分析。对于小区开放后的效果可以通过对车辆滞留数¹进行前后对比进行模拟拟合。

2.4. 模型建立与求解

2.4.1. 问题一的模型建立与求解

第一问中，根据题目描述，我们考虑主要影响因素如下：

(a) 环境因素

利用系统动力学方法，构建小区开放影响周边交通环境的环境因素影响周边交通力的变量集：

$falg_1$ ：路网因素对通行能力的影响；

J_1 ：交叉延误[3]对通行能力的影响；

P_{f_1} ：路网因素对通行力的影响；

T_1 ：路网因素的衰减率(衰减率是指在没有添加因素前的值与添加因素后的值的一个比值)。

(b) 时间因素

时间因数表示不同时间段的影响，如：高峰期(上下班时间段)、普通时段的影响：

$falg_2$ ：时间因素对通行力的影响；

J_2 ：时间因素的影响率；

P_{f_2} ：时间因素对通行力贡献率；

T_2 ：时间因数衰减率(衰减率是指在没有添加因素前的值与添加因素后的值的一个比值)。

综合环境因素和时间因素，得出小区开放影响周边交通力[4]的因果关系图(见图 1)。

交通力的投入是指改变小区开放和不开放影响周边交通力的因素。结合以上两条反馈回路可以知道：

¹车辆滞留数计算公式：滞留车辆数 = 理论通行量 - 实际通行量。

随着交通力度的加大投入，环境因素和时间因素也会随着提升，从而整个周边交通能力也会提升。如果这个交通力度水平没有达到期望的交通力度水平，那就要加大交通力度的投入。反之，则可以适当减少交通力度的投入。可以做出以下小区开放影响周边交通力的影响因素的关系图(见图 2)。

由上述可得系统动力学流程图[5]如下(见图 3)。

由此得出如下方程：

a) 水平方程

$$flag_1 \cdot T_n = flag_1 \cdot T_p + J_1 + p_{f_1} \cdot f_m + T_1 \cdot f_m T_f$$

$$flag_2 \cdot T_n = flag_2 \cdot T_p + J_2 + p_{f_2} \cdot f_m + T_1 \cdot f_m T_f$$

b) 辅助方程

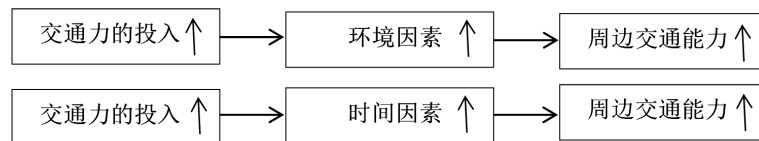


Figure 1. Causality diagram of community opening influence on peripheral traffic

图 1. 小区开放影响周边交通力的因果关系

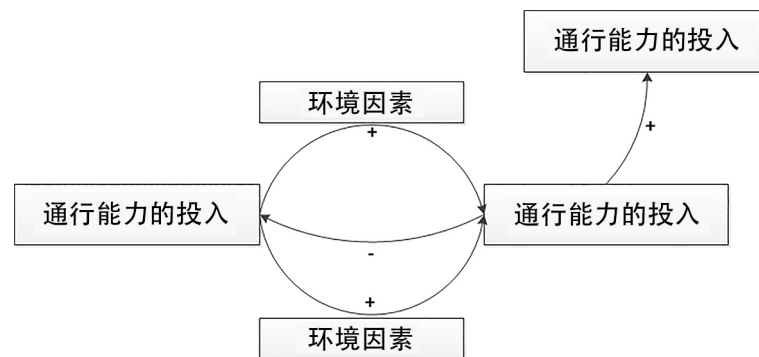


Figure 2. The influence of community openness on the influencing factors of peripheral traffic

图 2. 小区开放影响周边交通力的影响因素的关系

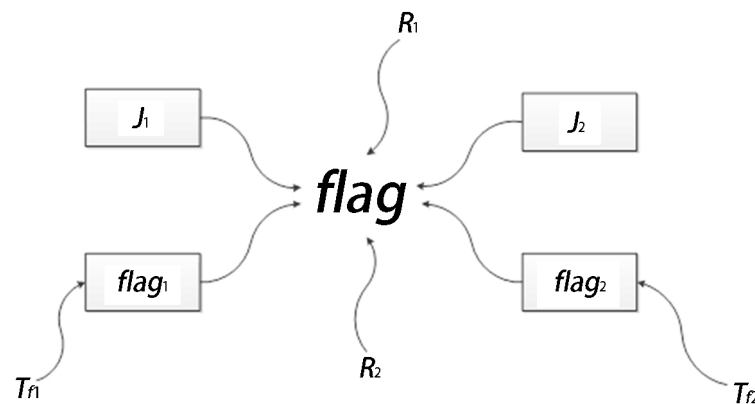


Figure 3. The flow chart of the system dynamics model influencing the influence of surrounding traffic forces

图 3. 小区开放影响周边交通力的影响的系统动力学模型流程图

$$flag \cdot T_n = flag_1 \cdot T_n \cdot R_1 + flag_2 \cdot T_n \cdot R_2$$

$$R_1 + R_2 = 1$$

$$J_1 \cdot T_n = p_{f_1} \cdot f_m$$

$$J_2 \cdot T_n = p_{f_2} \cdot f_m$$

$flag_1 \cdot T_n$ 表示现在时刻该因素对周边通行力指标的值;

$flag_1 \cdot T_p$ 表示过去时刻该因素对周边通行力指标值;

$flag_1 \cdot T_n$ 表示两个时间段之间(即: 过去时间到现在的时间)对交通力的影响。

对于开放小区对周边通行能力的指标体系 $flag$ 的初始值的取值、时间因素的影响率 J_1 、路网因素对通行力的影响 p_{f_1} 、因素指标 u (三个因素的平均值)的取值如下表所示(见表 1)。

由表可做出如下指标体系图(见图 4)。

从上图可知随着对交通力投入的增加, 小区开放对周边交通力的影响也随着增加。当因素指标 u 增加到一定值时, 时间因素、路网因素以及其他因素指标会使小区开放对周边通行能力呈现出一种饱和的状态。此时, 我们应该减少对小区交通力度的投入。

2.4.2. 问题二的模型建立与求解

在该小区路段分别观察 2 min 和 5 min 车辆通行量, 利用车道可能通行能力[4] (模拟实际)计算公式

$$H_s = H_l \cdot \gamma \cdot \eta \tag{2}$$

Table 1. Evaluation of the influencing factors of the open community to peripheral capacity

表 1. 开放小区对周边通行能力的各影响因素评价

指标体系(flag)	79	82	207	196
时间因素的影响率(J_1)	0	1	2	4
路网因素(P_n)	0.4	0.3	0.2	0.3
因素指标(u)	0.33	0.63	0.93	1.63

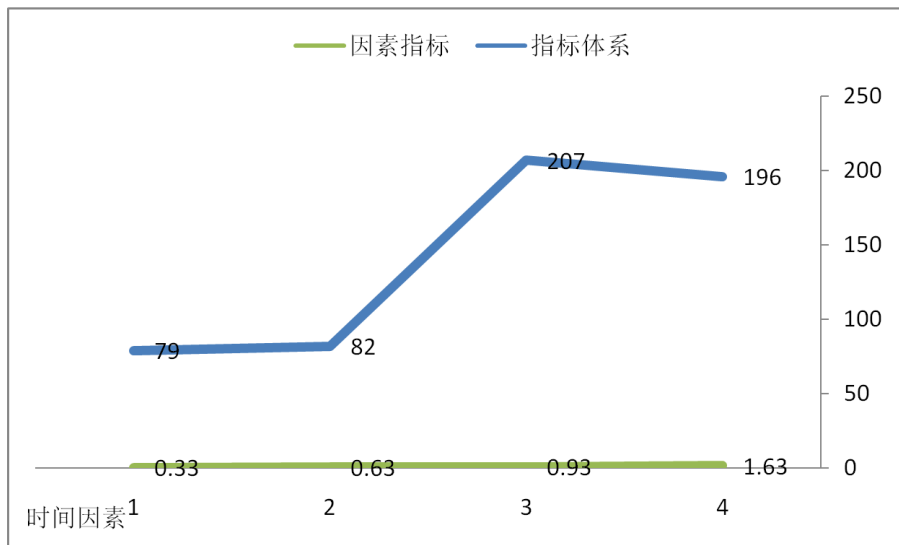


Figure 4. The influence of factor indicator u on the capacity of open

图 4. 因素指标 u 对开放小区对周边通行能力的影响

得到该小区 1 小时内主干道和支干道(小区内部交通)的可能通行能力为 2400 (pch/h)。又因为车辆进入观察区域是个随机事件,为此可将其转化为进入观察区域的车辆的间隔时间,通过车流量数据的分析,发现在城区、市郊、高速公路等车辆通行量较大的地方,车流近似呈现出具有波峰的分布趋势,但并不是每个观测时段经过车辆数都相等。针对这种情况,将交通流量差异按时间段划分为高峰期(即上下班时期)和普通时段。对此,采取观测交通高峰期和普通时段某一时期车流量的变化,把对于比较特别的交通情况(如举办某类大型活动、道路修整等情况)产生的较大波峰趋势忽略不计,利用 R 软件分别生成 2 min 和 5 min 时间内小区开放道路前与开放道路后的车辆通行能力(见图 5、图 6)。

因此选用 Poisson 分布[6]来表示小区道路路段交通流量的分布情况。由此就可得出该小区主干道和支干道在开放前后1小时内的模拟滞留车辆数。依据该小区开放道路前后路段滞留车辆数建立关于车辆通行的数学模型,由模拟数据对比结果并得出该小区开放对周边道路通行的影响,下图为开放后小区平面模拟图(见图 7)。

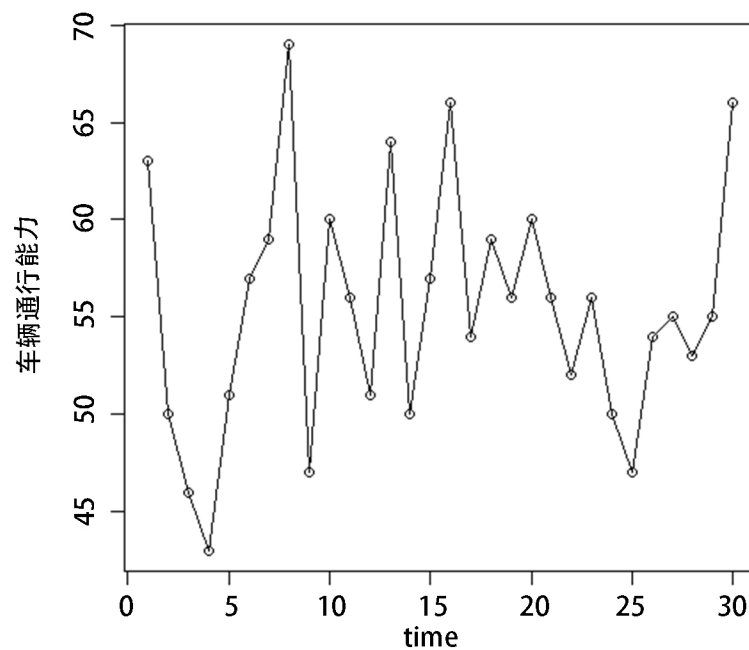


Figure 5. Simulation of 1 hour road traffic volume before cell opening

图 5. 小区开放前模拟 1 小时道路通行量

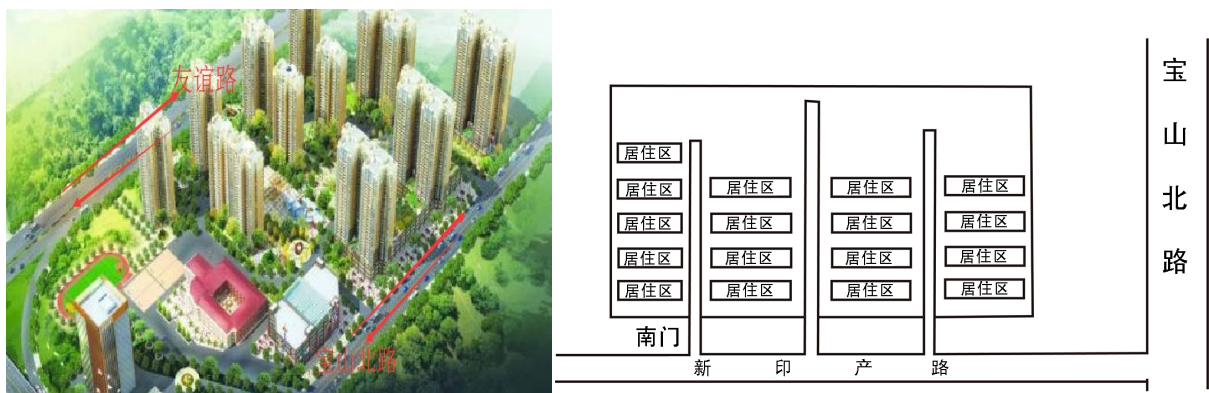


Figure 6. Cell open before the satellite map (left) and plan (right)

图 6. 小区开放前卫星图(左)和平面图(右)

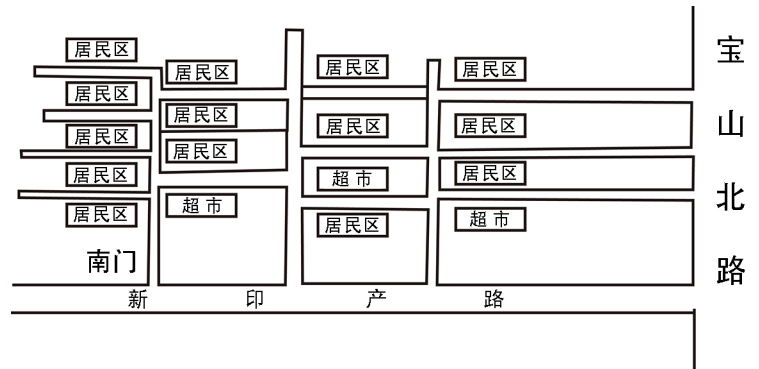


Figure 7. Plot after cell opening
图 7. 小区开放后平面图

根据公式可以计算出该小区主干道的理论通行能力 1800 (pch/h)，但是由于时间有限，我们在该小区路段分别观察 2 min 和 5 min 车辆通行量，利用公式(2)得到该小区 1 小时主干道和支干道(小区内部交通)的可能通行能力为 2400 (pch/h)。

利用 R 软件随机模拟生成符合 Poisson 分布的随机数，使小区主干道和支干道分别按车流量修正比例(修正比例是指主干道和支干道所分配的车辆流通量比例)为 7:3 生成 2 min 和 5 min 时间内小区开放道路前与开放道路后的车辆模拟通行能力，如下表(见表 2)。

由泊松分布函数公式，依据该小区开放道路前后路段滞留车辆对比建立关于车辆通行的数学模型如下：

$$p_{\mu}(n) = \frac{(\beta \cdot \mu)^n}{n!} e^{-(\beta \cdot \mu)}, n > 0$$

其中， λ 为已知常数(均值)， $\mu \in (0,1)$ ， $\mu = F(\eta_1 \eta_2 \cdots \eta_n)$ 为影响道路通行能力的不同因数。

2.4.3. 问题三的模型建立与求解

在第二问的基础上建立了如下模型：

$$P_{\mu}(n) = \frac{(\beta \cdot \mu)^n}{n!} e^{-(\beta \cdot \mu)}, n > 0$$

$$P_{\nu_i}(n) = \frac{(\lambda \cdot \nu_i)^n}{n!} e^{-(\lambda \cdot \nu_i)}, n > 0$$

假设两个小区的道路通行能力一致，影响他们之间的因素只有不同小区的结构。以 20 s 为时间间隔，在两个不同地点之间测量了 50 次，得到 50 组数据如下表 3 所示。

从表 3 中可以算出 β 期望和 λ 期望：

$$\beta = \sum_{i=0}^n np = 8$$

$$\lambda = 5.38$$

又因为 $\lambda < \beta$ ，我们可以知道在道路通行能力[7]的影响因素一样时，小区 2 的道路车流量小于小区 1 车流量，其中我们调查的小区 2 的道路比小区 1 的通道口多，当经过这条道路的时候可以起到分流的作用，从而缓减的主干道的车流量。

3. 结果及分析

由本文模型可知，利用开放道路前与开放道路后的该小区主干道路段和支干道在 1 小时内的滞留车

Table 2. According to the ratio of 7:3 on the main and trunk roads open before and after the observation time vehicle traffic simulation data**表 2.** 按 7:3 比例对主、干道路开放前后观测时间内车辆通行量模拟数据

观测时间	开放情况	通行能力(辆/2min)	合计(辆/h)
2 min	开放前	72 71 78 88 77 89 78 68 91 71 97 84 89 62 75 67 79 83 76 8183 78 73 86 80 79 82 78 72 84	2371
	开放后	主干道: 53 75 73 53 55 67 58 48 59 48 61 50 45 58 50 55 5165 50 65 55 50 49 51 55 61 46 49 63 49 支干道: 23 21 22 23 20 30 25 22 13 15 17 17 29 1921 26 22 18 18 18 22 19 24 24 19 17 19 20 22 9	2435
5 min	开放前	194 218 222 197 198 195 187 200 173 189 198 195	2366
	开放后	主干道: 141 156 174 145 135 124 134 126 134 128 137 144 支干道: 55 68 58 65 64 53 55 58 72 64 50 67	2442

Table 3. The probability of the vehicle passing through the cell 1 and the cell 2 is counted**表 3.** 车辆通过小区1和小区2的概率统计

车辆数(veh/s)	观察频率/次(I 2)	观察频率/次(I 2)	车辆通过概率(I 2)	车辆通过概率(I 2)
0	1	1	0.00	0.00
1	1	1	0.02	0.02
2	2	2	0.08	0.08
4	6	6	0.26	0.26
5	12	12	0.46	0.46
6	8	8	0.68	0.68
7	10	10	0.86	0.86
≥8	7	7	1.00	1.00

辆对比;修正比例为 7:3 模拟观测时间为 2 min 时,开放前车辆模拟通行量为 2427,开放后支干道为主干道分担了一部分车辆流量,且两条路模拟通行量总和也在开放前基础上有所增加,有效地缓解了城市道路的交通压力。当固定时间间隔时,通过在不同的时刻测量车辆数的方法确定参数 β, λ 。对于固定时间间隔,若间隔时间过短,车辆数会相对较少,数据的波动不稳定,不符合泊松分布的定义;若过长,车辆数会趋于某一常数,不能体现出车辆数的服从泊松分布的规律。当固定时间间隔选取的车流量能有较好的代表性,我们应遵循当选取车流量较大,我们时间间隔相对较小,当选取车流量较小,我们时间间隔相对较长。

需要注意的是,本文提出的方法流程具有较高的普适性,但给出的具体模型形式是在特定试验小区上所到的,在应用于其它小区或者同一小区的其他路段时,需要对模型参数进行专门标定。

基金项目

2014 年省级本科教学工程项目“计算机科学与技术”专业综合改革(项目编号:黔教高发[2014]378 号)、2015 年省级本科教学工程建设项目“贵州师范学院大学生互联网+创新创业训练中心”(项目编号:黔教高发[2015]337 号)。

参考文献 (References)

- [1] 宋成举,张亚平,姜莉.城市公共交通系统发展策略的系统动力学建模与仿真[J].黑龙江工程学院学报,2014,28(1):15-19.

-
- [2] 李向朋. 城市交通拥堵对策—封闭型小区交通开放研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2014.
 - [3] 赵雨旸, 冯雨芹, 杨忠良. 信号交叉口 Webster 法延误计算修正模型[J]. 黑龙江工程学院学报, 2010, 24(2): 8-10.
 - [4] 曹森. 基于停车线前置的信号交叉通行能力计算分析[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 华东交通大学, 2015.
 - [5] Ding, S.B., Shi, R. and Shi, H.P. (2006) Study of Air-Traffic System Safety Management Based on System Dynamics. *Journal of Transportation Engineering Information*.
 - [6] 莫智锋, 余嘉, 孙跃. 基于泊松分布的微观交通仿真断面发车数学模型研究[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2003, 27(1): 73-76.
 - [7] 刘海静. 居住小区道路交通系统规划模式研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 清华大学, 2012.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mos@hanspub.org