

针对小区开放效果的道路通行能力研究

摘要

本文针对小区开放对周边道路的影响问题,通过基本道路通行能力计算公式,负荷影响度分析等多种方法,综合运用了 MATLAB、VISSIM、SPSS 等软件建立了道路车辆通行分析模型和小区开放影响度综合评价模型,定量分析了不同类型的小区开放后对周边道路的影响程度,并向城市规划和交通管理部门提出了关于小区开放的合理化建议。

针对问题 1,首先,分析小区开放对周边道路通行情况的作用途径,将其评价指标分为小区开放压力源、道路车辆通行能力和周边道路分布结构三个模块。然后,本文根据大量文献并利用 VISSIM 交通仿真软件将评价指标细化为小区开放压力源下的小区结构、小区道路分布;道路车辆通行能力下的行车速度、车辆平均长度、车辆制动距离、司机在反应时间内车辆行驶的距离;周边道路分布结构下的车道数、道路分布形状。

针对问题 2,首先,利用 VISSIM 软件进行仿真模拟,收集样本数据。其次,根据道路通行能力公式和道路通行修正理论,建立道路车辆通行分析模型。然后,利用 MATLAB 编程求解得到道路车辆通行能力数据。最后,利用 SPSS 对模型进行了正态检验。

针对问题 3,首先,我们以小区结构、周边道路分布形状、周边道路车道数为标准构建了 9 种不同类型的小区。其次,我们通过问题二中的模型及交叉口通行公式计算出小区周边各路段和交叉口的通行能力。然后,我们运用负荷度分析方法建立小区开放影响度综合评价模型。最后,我们利用 MATLAB 编程求解,得到小区结构和周边道路车道数对于小区开放的效果有明显影响,其中组团无序型小区开放后对道路通行能力影响程度最高,影响度为 0.3916。

针对问题 4,在本文研究结果的基础上结合实际情况,提出关于小区开放的建议,并向城市规划和交通管理部门提交建议报告。

本文在问题一、二的探究中利用 VISSIM 软件进行了仿真模拟,提取了样本数据进行分析。并对两个模型分别进行了基于 GREENSHIELD K-V 线性模型和 Bress 悖论的改进。最后,本文对模型进行了误差分析及灵敏度分析,并在此基础上对模型的优点和不足之处进行了评价,在横向和纵向上对模型适用性进行了推广。

关键词: 开放式小区; 基本通行能力公式; 负荷影响度; 灵敏度分析; MATLAB; VISSIM

§ 1 问题的重述

一、引言

1.背景知识

开放式小区是指在保证小区内部居住、办公、上班、休息、教育等正常运行的情况下，把小区内部的一条或者多条道路与外界的市政道路连接，供车辆或者行人使用的小区类型。

随着经济的快速发展，我国的各大中城市的交通量在成倍增长，交通拥挤时有发生。小区作为城市的组成要素和城市交通流的主要产生源，已经成为解决交通拥堵问题的主要研究对象，其中小区是否应该开放这一问题更是研究的重点。与此同时，在 2016 年 2 月 21 日国务院发布的《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中提到“原则上不再建设封闭住宅小区，已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放”等意见更是进一步加深了这一问题的热议程度。

2.问题产生

在关于小区是否应该开放的全民热议中，有一种观点认为小区开放后，路网密度提高，道路面积增加，通行能力会有所提升能够缓解交通拥堵。但也有不少人认为小区开放后，虽然可通行道路增多，可相应地小区周边主路上进出小区的交叉路口的车辆也会增多，在一定程度上会影响主路的通行速度，降低通行能从而会加重交通拥堵情况。因此，研究小区开放对周边道路通行情况的提高有无帮助对于缓解城市交通拥堵有重要意义。

二、相关数据

VISSIM 软件仿真模拟监测样本（见附录附表）

三、要解决的具体问题

1. 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。
2. 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。
3. 问题三：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。
4. 问题四：根据问题一、二、三的研究结果，从交通通行的角度，向城市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。

§ 2 问题的分析

一、研究现状综述

我国在研究城市交通时，起初多通过增加城市道路和加宽城市道路宽度来解决交通拥堵问题，但效果并不理想。随着人们对城市空间规划的研究不断深入，有越来越多的学者开始将目光放在了开放小区交通这一措施上。2010 年，周扬发表过名为《与城市交通空间发生行为互动的住区界面设计》的文章，研究了开放小区对城市公共交通网络的影响，其得出的结论为开放式小区可以使住区与城市之间相互融合，增添居住区的活跃度，有利于构建城市公共交通网络。李向鹏在 2014 年曾做过《城市交通拥堵对策——封闭型小区交通开放研究》^[1]文章论

述了对封闭型小区进行交通开放改造后，对城市交通产生的影响不是绝对的，会随着小区类型等因素的不同而产生相应变化。

虽然我国学者对于是否应该开放小区交通做过大大小小的研究，但多为定性分析或仅集中在某一类型的小区，不能定量地分析不同类型的小区对于周边道路通行情况的影响。因此对于这一问题的研究仍需完善发展。

二、本文的研究思路和步骤

1. 问题总分析及解题思路

本文研究小区开放对周边道路的影响问题，对本问题的求解分为 4 个步骤：第一，利用文献资料和 VISSIM 软件仿真确立合适的评价指标体系。第二，使用基本道路通行公式建立道路车辆通行分析模型确定了小区开放对某一路段车辆通行能力的影响。第三，使用负荷影响度方法建立影响度综合评价模型确定了各类型小区开放对整个周边路网通行能力的影响程度。第四，综合分析问题一、二、三的结论向城市规划和交通管理部门提出了关于小区开放的合理化建议。

本文的总体解题思路如图 1 所示。

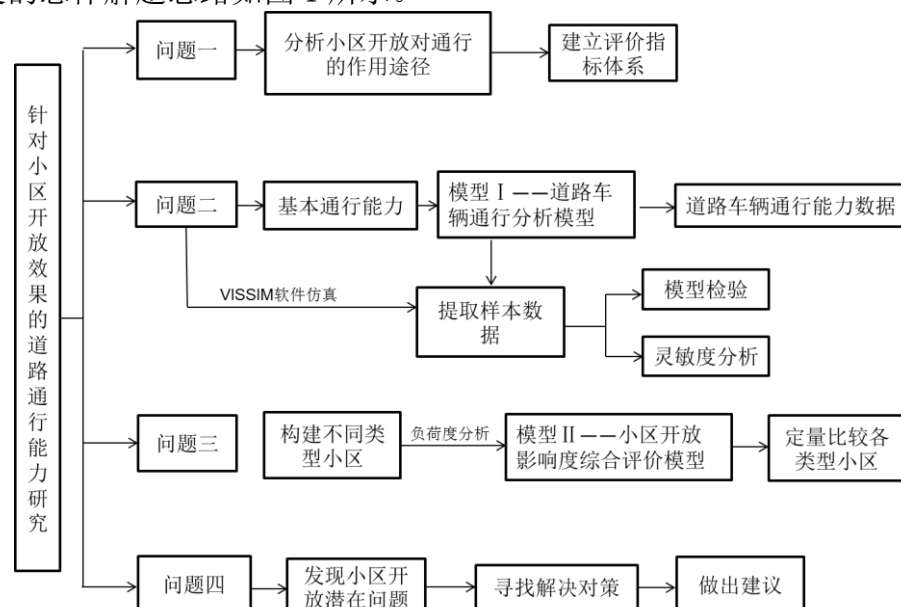


图 1 总体思路流程图

2. 具体问题的分析和对策

(1) 问题一的分析和对策

问题一要求我们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。针对问题一，首先，分析小区开放对周边道路通行情况的作用途径，将其评价指标分为小区开放压力源、道路车辆通行能力和周边道路分布结构三个模块。然后，我们根据大量文献并利用 VISSIM 交通仿真软件将评价指标进行细化。

(2) 问题二的分析和对策

问题二要求我们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，问题的重点在于建立车辆通行的模型。针对问题二，首先，利用 VISSIM 软件进行仿真模拟，收集样本数据。其次，根据道路通行能力公式和道路通行修正理论，选取修正因素，建立道路车辆通行分析模型。然后，利用 MATLAB

编程^[2]求解得到道路车辆通行能力数据。最后，利用 SPSS 对模型进行正态检验。

(3) 问题三的分析和对策

问题三要求我们选取或构建不同类型的小区，并应用建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。首先，我们以小区结构、周边道路分布形状、周边道路车道数为标准构建不同类型的小区。其次，我们通过问题二中的模型及交叉口通行公式计算出小区周边各路段和交叉口的通行能力。然后，我们运用负荷度分析方法建立小区开放影响度综合评价模型。最后，我们利用 MATLAB 编程求解，定量对比不同类型的小区开放前后对道路通行的影响。

(4) 问题四的分析和对策

问题四要求我们根据问题一、二、三的研究结果，从交通通行的角度，向城市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。针对问题四，在本文研究结果的基础上结合实际情况，提出关于小区开放的建议，并向城市规划和交通管理部门提交建议报告。

§ 3 模型的假设

- 1. 假设在计算理论车辆通行能力时道路为理想道路；
- 2. 假设在计算修正车辆通行能力时驾驶员技术水平修正系数为 0.95；
- 3. 假设文中构建的小区规划图中，同等级道路各种参数均相同；

§ 4 名词解释与符号说明

一、名词解释

- 1. **理论通行能力**：理论通行能力是指每一条车道(或每一条道路)在单位时间内能够通过的最大交通量。
- 2. **修正通行能力**：在具体条件下，通过修正系数对理论通行能力修正后得到的单位时间内所能通过的最大交通量。
- 3. **道路服务水平**： 主要以道路上的运行速度和交通量与可能通行能力之比综合反映道路的服务质量。
- 4. **制动距离**：是汽车在一定的初速度下，从驾驶员急踩制动踏板开始，到汽车完全停住为止所驶过的距离。包括反应距离和制动距离两个部分。
- 5. **修正系数**：是指在数据计算、公式表达等由于理想和现实、现实和调查等产生偏差时，为了使其尽可能的体现真实性能对计算公式进行处理而加的系数。
- 6. **负荷度 (V/C)**：是指在理想条件下，最大服务交通量与基本通行能力之比。
- 7. **侧向净宽**：是指从路边围栏、护墙等障碍物至车道外边缘的横向距离。
- 8. **影响度**：是指新增路段或交叉口造成增加或减少的交通量与原有道路最大交通量的之比。

二、主要符号说明

序号	符号	符号说明
1	v	行车速度 (km/h)
2	t_{min}	车头最小时距 (s)

3	J_{\min}	车头最小间隔 (m)
4	J_a	车辆平均长度 (m)
5	J_z	车辆的制动距离 (m)
6	J_r	司机在反应时间内车辆行驶的距离 (m)
7	A_{\max}	最大交通量
8	α_1	车道数修正系数
9	α_2	车道宽度和侧向净宽修正系数
10	α_3	大型车修正系数
11	α_4	驾驶员技术水平修正系数
12	k_j	阻塞密度
13	v_f	自由车速
14	v_m	最佳车速

§ 5 模型的建立和求解

一、问题一的求解和分析

1. 对问题的分析

问题一要求我们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。针对问题一,首先,分析小区开放对周边道路通行情况的作用途径,将其评价指标分为小区开放压力源、道路车辆通行能力和周边道路分布结构三个模块。然后,我们根据大量文献中的相关信息并利用 VISSIM 交通仿真软件将评价指标进行细化,最后综合以上结果建立小区开放对周边道路通行情况的评价指标体系。

2. 对问题的求解

(1) 分析作用途径^[3]

小区周边道路的组成总是复杂的,为了简化研究,我们将周边道路情况分为道路车辆通行能力和周边道路分布结构两方面来探究。我们认为小区开放后会通过对道路车辆通行能力的改变,从而对周边道路通行产生影响。因此小区开放后对周边道路通行情况的影响机制应表现为图 2 所示。

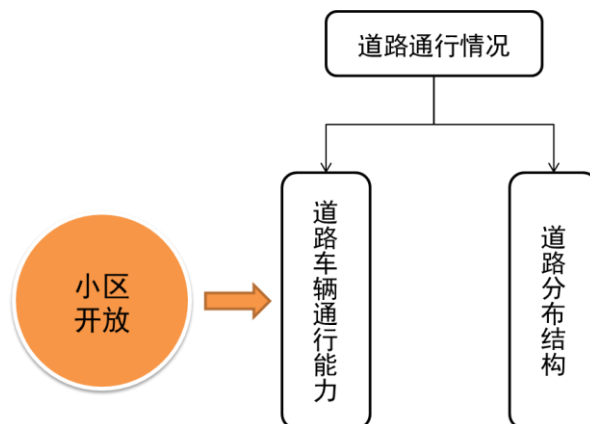


图 2 作用途径示意图

通过这一作用途径，我们将评价指标分为三个模块，关于小区开放压力源和周边道路分布结构的评价指标应该是较为固定的，而道路车辆通行能力的评价指标需要考虑到小区开放的影响，较为复杂多样，应是我们后续研究的重点。

(2) 查阅文献，确定初步指标

我们在大量研究开放式小区、道路车辆通行能力和道路分布的文献中进行初步筛选。首先确定较为固定的小区开放压力源和周边道路分布结构的评价指标。再根据“选取的道路车辆通行能力指标应为在小区开放前后会产生变化的指标”这一原则，初步确定道路车辆通行能力指标。指标选取的初步结果及文献分布详见表 1

表 1 文献分布表

内容	篇数	重点文献	结论
开放式小区	8	《城市交通拥堵对策——封闭型小区交通开放研究》	小区开放后，其小区结构和小区道路分布会发生相应变化。
道路车辆通行能力	18	《城市道路通行能力的影响因素研究》 ^[4]	基于道路通行能力公式，道路车辆通行能力的可能影响因素为行车速度、车辆平均长度、车辆制动距离、司机在反应时间内车辆行驶的距离和视距不足。
道路分布	12	《低山丘陵区农村道路分布特点及其影响因素分析》	道路分布结构主要与道路数、车道数、信号灯控制交叉口数及道路分布形状情况有关。

根据表格内容可看出，小区开放压力源的评价指标为：小区结构、小区道路分布。周边道路分布结构的评价指标为：道路数、车道数、信号灯控制交叉口数、道路分布形状。以上指标均为基本确定指标，而对于道路车辆通行能力评价指标我们初步选取：行车速度、车辆平均长度、车辆制动距离、司机在反应时间内车辆行驶的距离。

(3) 仿真模拟^{[5][6]}，检验因素有效性

对于不能确定的道路车辆通行指标，我们进行进一步探究。利用 VISSIM 对初步选取的评价指标进行检验，通过数据对比观察行车速度、车辆平均长度、车辆制动距离、司机反应时间内车辆行驶的距离在小区开放前后是否有明显变化，保留有差异的因素，排除无变化的因素，从而确定最终的评价指标。

A. 仿真正常行驶

我们假设在一条简单道路的上方有一小区，小区开放前如图 3，小区开放后封闭的小区建设了直通市政干路的道路如图 4。

定义 1 简单道路：简单道路是指不经过交叉口且车辆行驶限定为单一方向一车道，不考虑坡道等其它因素的直线道路。

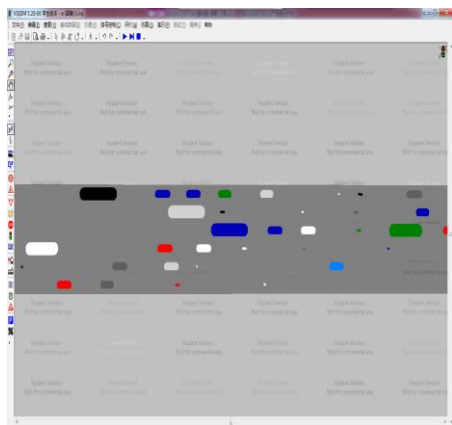


图 3 小区开放前道路局部示意图

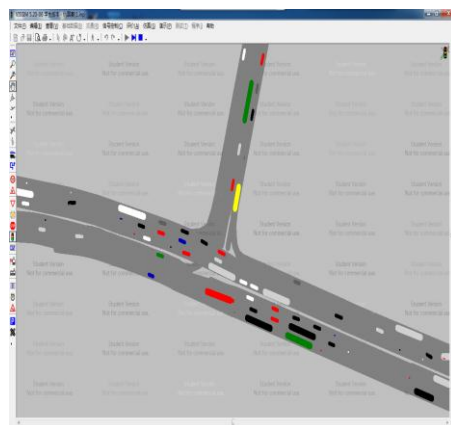


图 4 小区开放后道路局部示意图

注：图中水印为软件自带

通过基本参数的设定后，我们在各车道分别设立行程时间测量段和数据监测点。由于我们研究的是小区开放对周边道路的影响，因此对于图 4 我们仅在东西向的主干道设立以上监测工具。监测点分布详见表 2、3。

表 2 小区开放前道路监测点分布表

数据采集点 01	在路段 2 车道 2 的 16.859 米处
数据采集点 02	在路段 1 车道 3 的 197.590 米处
数据采集点 03	在路段 1 车道 2 的 198.213 米处
数据采集点 04	在路段 1 车道 1 的 198.212 米处
数据采集点 05	在路段 2 车道 3 的 175.454 米处
数据采集点 06	在路段 2 车道 2 的 175.874 米处
数据采集点 07	在路段 2 车道 1 的 175.670 米处

表 3 小区开放后道路监测点分布表

数据采集点 01	在路段 1 车道 1 的 8.063 米处
数据采集点 02	在路段 1 车道 2 的 8.063 米处
数据采集点 03	在路段 1 车道 3 的 8.063 米处
数据采集点 04	在路段 3 车道 4 的 50.136 米处
数据采集点 05	在路段 3 车道 3 的 50.163 米处
数据采集点 06	在路段 3 车道 2 的 50.163 米处
数据采集点 07	在路段 3 车道 1 的 50.163 米处
数据采集点 08	在路段 9 车道 1 的 56.986 米处
数据采集点 09	在路段 9 车道 2 的 56.869 米处
数据采集点 10	在路段 9 车道 3 的 56.869 米处
数据采集点 11	在路段 9 车道 4 的 56.869 米处
数据采集点 12	在路段 6 车道 3 的 2.811 米处
数据采集点 13	在路段 6 车道 2 的 2.811 米处
数据采集点 14	在路段 6 车道 1 的 2.811 米处

在监测准备完成后，我们对在两种道路情况下的车辆运动情况分别进行仿真模拟后，运用评价菜单对数据进行收集，随机选取其中的 100 个样本点得到道路车辆的速度、平均长度等信息，仿真实验演示图如图 5、6，数据记录详见附录附表 1、2

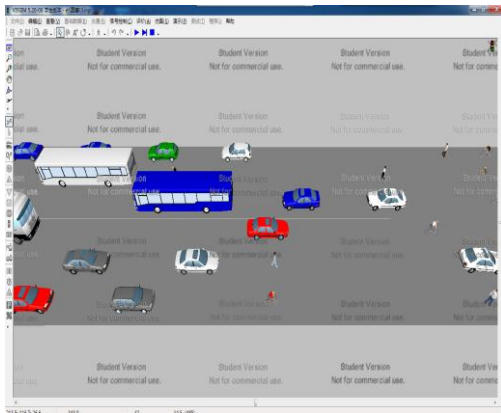


图 5 小区开放前仿真演示图

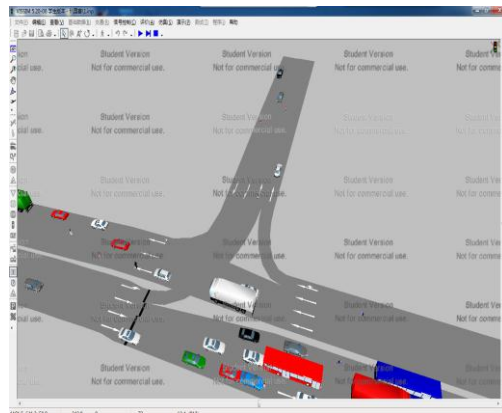


图 6 小区开放后仿真演示图

我们对得到的数据进行平均值的计算，得到结果详见表 4，图 7。

表 4 平均值结果表

	速度	车辆长度
小区开放前	13.114	4.5903
小区开放后	11.905	4.1815

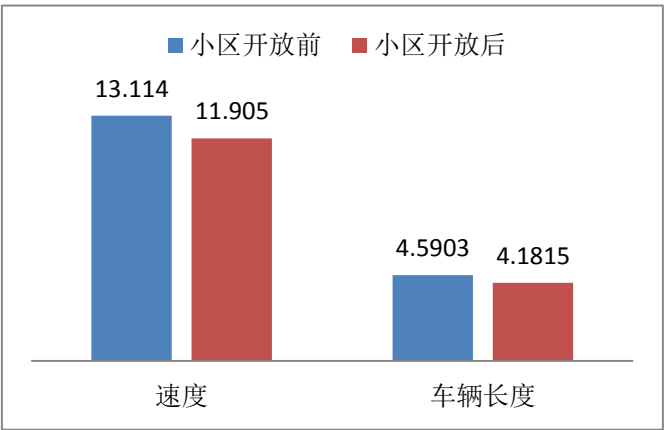


图 7 平均值结果图

根据以上分析可看出速度和车辆长度在小区开放前后有明显区别，说明小区开放后对其有显著影响，所以我们将这两个因素选取为评价指标。

B. 刹车情况分析

车辆制动距离、司机在反应时间内车辆行驶的距离两个因素并不容易直接测得，但我们知道制动距离=0.5*车辆静止耗时*车速；司机在反应时间内车辆行驶的距离=司机反应时间*车速。此时的车速情况我们已经获得，而司机反应时间是人为主观因素，车辆静止耗时应为车辆性能指标均不会因为小区开放与否产生变化，所以我们假定其在小区开放前后均为一固定常量。这意味若小区开放后对车速产生了明显影响，则车辆制动距离、司机在反应时间内车辆行驶的距离均会产生变化。

综上所述，我们选取的合适的评价指标为小区开放压力源下的小区结构、小区道路分布；道路车辆通行能力下的行车速度、车辆平均长度、车辆制动距离、

司机在反应时间内车辆行驶的距离；周边道路分布结构下的道路数、车道数、信号灯控制交叉口数、道路分布形状。构建的指标体系详见图 8

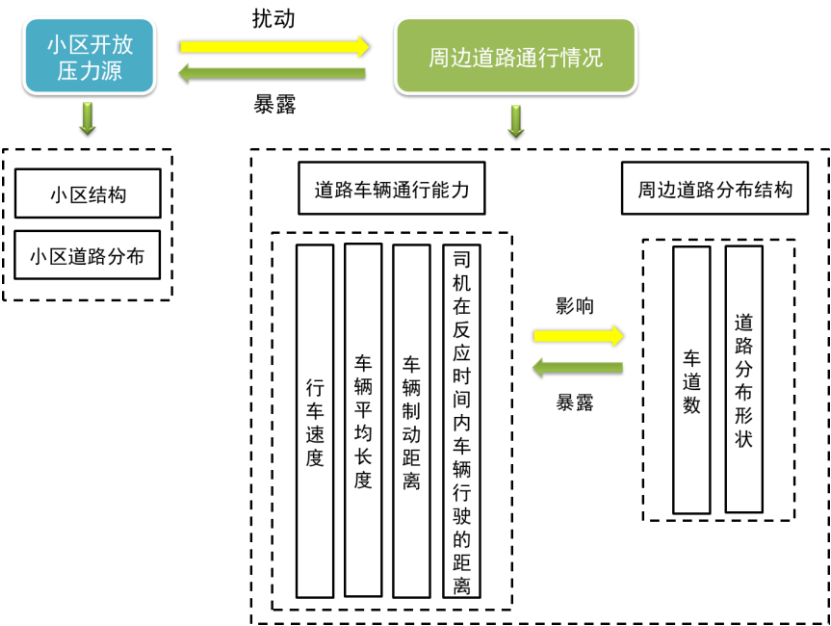


图 8 评价指标体系图

二、问题二的求解和分析

1. 对问题的分析

问题二要求我们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，问题的重点在于建立车辆通行的模型。针对问题二，首先，利用 VISSIM 软件进行仿真模拟，收集样本数据。其次，根据道路通行能力公式和道路通行修正理论，建立道路车辆通行分析模型。然后，利用 MATLAB 编程求解得到道路车辆通行能力数据。最后，利用 SPSS 对数据进行正态性检验。

2. 对问题的求解

模型 I ——基于道路通行能力公式的道路车辆通行分析模型

(1) 数据处理

为了计算出修正道路车辆通行能力的数值结果，我们根据问题一的方法继续采用 VISSIM 软件模拟真实场景，进行实时监控，收集了样本数据详见附录附表 3。

(2) 模型的建立

1) 建立理论车辆通行公式^[7]

理论通行能力是指每一条车道(或每一条道路)在单位时间内能够通过的最大交通量。根据此定义我们取单位时间 1 小时换算成 3600 秒，用单位时间除以车辆车头最小时距，计算出单位时间内通过的车辆数表示最大交通量。为了研究最大交通量，我们对所研究的道路进行限定，假定我们所研究的道路为理想道路。

定义 2 理想道路：理想道路是指车道宽度在 3.65m 以上，路旁侧向余宽在 1.75m 以上，没有坡度，路面状况良好的道路。其上行驶车辆均为标准车型汽车且连续不断地以能够与前车保持最小车头间隔的相同速度行驶。

在此条件下，结合问题一中的道路车辆通行指标我们建立每条道路的理论车辆通行能力计算公式：

$$A_{\max} = \frac{3600}{t_{\min}} = \frac{3600}{J_{\min} / (v/3.6)} = \frac{1000v}{J_{\min}} (\text{辆}/h) \quad (1)$$

$$J_{\min} = J_r + J_z + J_a \quad (2)$$

2) 确立修正系数^[8]

由于理论通行能力是在理想情况下计算出来的通行能力评估指数, 所以其不能够客观地反映各影响因素对车辆通行能力造成的实际影响, 故我们需要对计算出的理论通行能力进行修正, 我们选取的修正指标及其对应的系数为:

A. 车道数

车道数的不同可能会对车辆通行能力造成影响, 当车道数较多时, 车辆便能有更多的道路来分流疏散; 当车道数减少时, 车辆的通行能力便会受到一定程度的损失, 故我们将车道数选为理论通行能力的修正因素之一, 记为 α_1 , 其系数的确定详见表 5。

表 5 车道数修正系数采用值

车道数	1	2	3	4
车道数修正系数	1	1.87	2.6	3.2

B. 车道宽度和侧向净宽

侧向净宽是指从路边围栏、护墙等障碍物至车道外边缘的横向距离, 当侧向净宽较小的时候, 驾驶员会由于心理因素偏向路得中央行驶, 从而导致边车道的利用受阻, 这也说明了, 车道的宽度和侧向净宽的大小会影响车辆的通行能力, 故我们将车道宽度和侧向净宽选为理论通行能力的修正因素之一, 记为 α_2 , 其系数的确定详见表 6

表 6 车道宽度和侧向净宽修正系数表

侧向净宽	0	0.5	1	1.5	2.5	3.5	≥ 4.5
车道宽度	3	3.25	3.5	3.75			
修正系数	0.52	0.56	0.84	1	1.16	1.32	1.45

C. 大型车因素

大型车在车道上行驶时, 由于车长、车宽等规格与普通标准小汽车的不同, 会导致道路上车辆通行能力的不同。故我们将大型车因素选为理论通行能力的修正因素之一, 记为 α_3 , 其系数的确定详见表 7

表 7 大型车对通行能力的修正系数

设计速度	交通量 (辆/h)	大型车修正系数
80km/h	<1400	2.0
	<2800	3.5
	≥ 2800	3.0
60km/h	<1200	3.0
	<2400	5.0
	≥ 2400	4.0
$\leq 40km/h$	<1000	4.5
	<2000	8.0
	≥ 2000	7.0

D. 驾驶员技术水平

不同的驾驶员对于路况的反应以及判断程度有所差异, 驾驶员驾驶技术水平的高低会对车辆通行能力造成影响, 技术水平低的驾驶员会阻碍道路车辆运行。故我们将驾驶员技术水平选为理论通行能力的修正因素之一, 记为 α_4 , 其系数一般在 0.9~1 之间。

3) 建立修正车辆通行公式

根据理论车辆通行公式和修正因素, 我们将修正车辆通行公式建立为:

$$A_p = A_{\max} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 = \frac{1000v}{J_r + J_z + J_a} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 \quad (3)$$

(3) 模型的求解

1) 在对问题进行求解时, 由于驾驶员技术水平主观性过强不易通过计算得到, 结合其修正系数一般在 0.9~1 之间波动, 我们假定其修正系数为 0.95。

2) 车辆制动距离 $J_z = 0.5 * \text{车辆静止耗时} * \text{车速}$

3) 司机在反应时间内车辆行驶的距离 $J_r = \text{司机反应时间} * \text{车速}$

4) 利用 MATLAB 编程, 程序详见附录程序 1, 带入样本数据, 我们求解得到修正车辆通行能力为详见表 8。

表 8 修正道路车辆通行能力结果表

样本 编号	修正道路车辆 通行能力	样本 编号	修正道路车辆 通行能力	样本 编号	修正道路车辆 通行能力	样本 编号	修正道路车辆 通行能力	样本 编号	修正道路车辆 通行能力
1	5323	21	984	41	3826.1	61	1665.5	81	3114.8
2	3618	22	2362	42	2425.1	62	1843.7	82	3450.4
3	4082	23	3289	43	3760.4	63	2140.6	83	2474.3
4	3326	24	4946	44	3970.1	64	1320.4	84	5021.3
5	2830	25	4164	45	4596	65	5606	85	4325.1
6	1956	26	4833.4	46	2376.7	66	2861.2	86	7756.3
7	2069	27	6328.8	47	1102	67	2796.7	87	4616.9
8	3291	28	3920	48	4292.5	68	2712.1	88	3268.3
9	6461	29	2144.3	49	2299.2	69	5194.6	89	6393.7
10	6348	30	3630	50	2372.4	70	3681.9	90	2471.4
11	6249	31	6439	51	4159.9	71	4217.2	91	2043.9
12	4515	32	6993.4	52	7380	72	1860.4	92	2437.8
13	3391	33	6418	53	4405.1	73	3892.4	93	7844.2
14	2479	34	8111	54	2879.8	74	1320	94	2502.6
15	3577	35	2990.5	55	5197.6	75	3755.5	95	6485.3
16	3343	36	5367.4	56	4312.4	76	6764.3	96	5131
17	3817	37	2735.4	57	2319	77	3144.9	97	3622.2
18	1167	38	5135.7	58	2114.4	78	2536	98	4179.2
19	4990	39	1106.7	59	2461.6	79	4916.4	99	2621.5
20	762	40	3464.7	60	1877.1	80	3572.2	100	4823.2

(4) 模型的检验

我们通过对 VISSIM 软件里导出的样本数据进行计算, 得到对应的样本修正

通行能力数据。再利用 SPSS 分析对该样本数据进行正态检验，检验结果详见表 9，图 9：

表 9 正态检验结果表

Kolmogorov-Smirnova		
统计量	df	Sig.
0.072	100	.200*

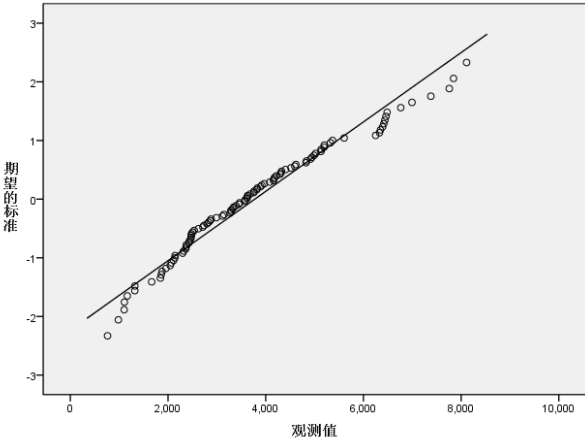


图 9 Q-Q 图

根据检验结果显示，P 值大于 0.05，且 Q-Q 图几乎与直线重合，说明该样本数据基本符合正态分布。从一定程度上说明了模型的可靠性。

三、问题三的求解和分析

1. 对问题的分析

问题三要求我们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。针对问题三，首先，我们以小区结构、周边道路分布形状、周边道路车道数为标准构建不同类型的小区。其次，我们通过问题二中的模型及交叉口通行公式计算出小区周边各路段和交叉口的通行能力。然后，我们运用负荷度分析方法建立小区开放影响度综合评价模型。最后，我们利用 MATLAB 编程求解，定量比较不同类型的小区开放前后对周边道路通行的影响程度。

2. 对问题的求解

模型 II——基于负荷度分析的小区开放影响度综合评价模型

(1) 模型的准备

1) 负荷度介绍

负荷度 (v/c) 是指在理想条件下，最大服务交通量与基本通行能力之比。

2) 数据处理

将道路分为主干道路和次干道路，其主要参数详见表 10

表 10 主次道路参数表

道路类型	主干路	支干路	小区内宽道路	小区内窄道路
行车速度	50km/h	40km/h	30km/h	20km/h
车道数	4	3	2	1

(2) 模型的建立

1) 小区的分类

根据小区结构, 周边道路分布形状和周边道路车道数的不同, 我们将小区分别分为 4、2、3 类, 小区的分类结果详见表 11

表 11 小区分类表

分类标准	类型名称	类型说明
小区结构	A 组团有序型	小区楼房呈组团型分布, 每一区域间隔较大, 开放后小区道路较宽, 且区域间分布有序。
	B 紧凑有序型	小区楼房间隔紧凑, 且排列有序, 开放后道路网格呈“街区型”, 特点为“高密度、窄路宽”。
	C 组团无序型	小区楼房呈组团式分布, 每一区域间隔较大, 开放后小区道路较宽, 但区域间分布杂乱。
	D 紧凑无序型	小区楼房间隔紧凑, 但排列杂乱, 开放后小区道路呈现“低密度, 窄路宽”的特点
周边道路形状分布	四周围绕型	四周均为道路
	半边包围型	半边围绕道路
车道数 (针对半封闭性)	主干道型	两条道路均为主干道
	次干道型	两条道路均为次干道
	混合型	两条道路一主一次

2) 计算周边各路段及交叉口的通行能力

对于周边各路段的通行能力, 我们运用问题二已建立的模型进行计算。在此基础上对于交叉口的通行能力 $G_{\text{交叉口}}$ 我们建立公式如下:

$$G_{\text{交叉口}} = \sum_{i=1}^n G_i \quad (4)$$

$$G_i = \sum_{j=1}^k C_j \quad (5)$$

其中, C_j 为进口各车道的通行能力, G_i 为交叉口各进口的通行能力。

3) 建立影响度综合评价体系^{[9][10][11]}

我们采用先单项评价再综合评价的方法, 其总体思路见表 12

表 12 综合评价思路表

评价性质	评价内容	评价指标
单项评价	局部路段及交叉口交通负荷影响	路段影响度
		交叉口影响度
综合评价	整个路网交通负荷影响	平均路段影响度
		平均交叉口影响度

A. 负荷度单项评价

a. 封闭式小区开放后, 新增小区内道路对于周边某一路段 i 的影响度 K_{si}

根据公式计算:

$$K_{si} = \frac{I_{sip} - I_{sib}}{B_{si}} \quad (6)$$

$$I_{sip} = I_{sib} + a \quad (7)$$

其中, I_{sip} 为小区道路建成后路段 i 上高峰小时交通量, I_{sib} 为不考虑小区道路建成后新增交通量的情况下, 路段 i 的高峰小时交通量, B_{si} 为路段 i 的设计通行能力, a 为开放后小区道路的通行量。

b. 封闭式小区开放后, 新增小区内道路对于周边道路交叉口的影响度 K_{ci}

根据公式计算:

$$K_{ci} = \frac{I_{cip} - I_{cib}}{B_{ci}} \quad (8)$$

其中, K_{ci} 为小区道路建成后对交叉口 i 的影响度, I_{cip} 为小区道路建成后交叉口 i 上高峰小时交通量, I_{cib} 为不考虑小区道路建成后新增交通量的情况下, 交叉口 i 的高峰小时交通量, B_{ci} 为交叉口 i 的设计通行能力。

B. 负荷度路网综合评价

a. 封闭小区开放后对影响范围内主要路段的平均影响度 K_s

根据公式计算:

$$K_s = \sum_{i=1}^m \frac{\frac{I_{sib}}{B_{si}}}{\sum_{i=1}^m \frac{I_{sib}}{B_{si}}} K_{si} \quad (9)$$

其中, m 为影响范围内主要路段的个数, 主要路段一般应包括主干路和次干路以及较重要的支路。

b. 封闭小区开放后对影响范围内主要交叉口的平均影响度 K_c

根据公式计算:

$$K_c = \sum_{i=1}^m \frac{\frac{I_{cib}}{B_{ci}}}{\sum_{i=1}^m \frac{I_{cib}}{B_{ci}}} K_{ci} \quad (10)$$

m 为影响范围内交叉口的个数。

c. 整个路网交通负荷影响度 K

根据公式计算:

$$K = \lambda_s K_s + \lambda_c K_c \quad (11)$$

$$\begin{cases} \lambda_s + \lambda_c = 1 \\ \lambda_s / \lambda_c = \eta \end{cases} \quad (12)$$

其中, λ_s 、 λ_c 分别为平均路段影响度及平均交叉口影响度的权重系数, η 为

影响范围内路网中主要路段的现状平均交通负荷与主要交叉口的现状平均交通负荷的比值。

(3) 模型的求解

以按小区结构为标准的分类形式为例，画出小区示意图如图 10-13，带入具体数值利用 MATLAB 编程进行模型的求解，程序见附录程序 2。



图 10 组团有序型小区

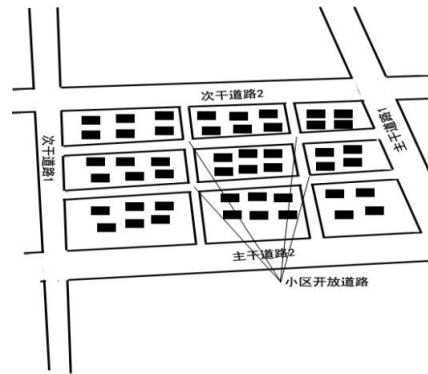


图 11 紧凑有序型小区



图 12 组团无序型小区



图 13 紧凑无序型小区

1) 计算各类型路段的通行能力

根据问题二中建立的模型，求解得出主干路、次干路、支路、小区内宽窄道路的最大车辆通行能力和实际车辆通行能力，结果详见表 13、14。

表 13 各类型道路最大车辆通行能力计算结果表

道路类型	主干路	次干路	小区内宽道路	小区内窄道路
最大车辆通行能力 (辆/h)	6080	4909	3495	1030

表 14 各类型道路实际车辆通行能力计算结果表

道路类型	主干路	次干路	小区内宽道路	小区内窄道路
实际车辆通行能力 (辆/h)	3890	1589	1286	876

2) 计算各类型小区周边路段的影响度

表 15 各类型小区周边路段影响度表

小区类型	周边道路	路段影响度	小区类型	周边道路	路段影响度
A	主干路 1	0	C	主干路 1	0
	主干路 2	0.2115		主干路 2	0.2115
	次干路 1	0		次干路 1	0.2619
	次干路 2	0.2619		次干路 2	0.6288
B	主干路 1	0.2882	D	主干路 1	0.1441
	主干路 2	0.2882		主干路 2	0
	次干路 1	0.3569		次干路 1	0.1784
	次干路 2	0.3569		次干路 2	0

3) 计算各类型小区周边道路交叉口的影响度

表 16 各类型小区周边道路交叉口的影响度表

小区类型	交叉口类型	交叉口影响度
A	主干道与主干道交叉口	0.0212
	次干道与次干道交叉口	0.1965
	主干道与次干道交叉口 1	0
	主干道与次干道交叉口 2	0.0351
B	主干道与主干道交叉口	0.0721
	次干道与次干道交叉口	0.0892
	主干道与次干道交叉口 1	0.0797
	主干道与次干道交叉口 2	0.0797
C	主干道与次干道交叉口 1	0.0351
	主干道与次干道交叉口 2	0.0585
	主干道与次干道交叉口 3	0.0468
	主干道与次干道交叉口 4	0.0936
D	主干道与主干道交叉口	0.0216
	次干道与次干道交叉口	0.0267
	主干道与次干道交叉口 1	0.0159
	主干道与次干道交叉口 2	0.0159

4) 综合整个路网，计算各类型小区路段平均影响度

表 17 各类型小区路段平均影响度表

小区类型	A	B	C	D
平均交叉口影响度	0.2184	0.3113	0.4399	0.1556

5) 综合整个路网，计算各类型小区交叉口平均影响度

表 18 各类型小区交叉口平均影响度表

小区类型	A	B	C	D
平均交叉口影响度	0.0583	0.0841	0.0585	0.0209

6) 综合整个路网，计算各类型小区周边路网的整体影响度

表 19 各类型小区周边路网的整体影响度

小区类型	A	B	C	D
η	0.1325	0.1536	0.1449	0.01286
路网交通负荷影响度	0.077031	0.114351	0.10677	0.02261

通过以上求解过程我们得出了按小区结构为标准的 4 类小区的周边路网整体影响度, 然后, 我们改变标准, 分别计算出按周边道路形状分布和车道数为标准进行分类的各类型小区周边路网整体影响度, 整合数据得出 3 种不同分类标准下的所有类型小区的周边路网整体影响度表, 详见表 20

表 20 所有类型小区的周边路网整体影响度表

分类标准	类型名称	路网交通负荷影响度
小区结构	A 组团有序型	0.1997
	B 紧凑有序型	0.2811
	C 组团无序型	0.3916
	D 紧凑无序型	0.1539
周边道路结构	四周围绕型	0.2084
	半边包围型	0.2175
车道数 (针对半边包围型)	主干道型	0.1778
	次干道型	0.2175
	混合型	0.1916

根据运算结果分析:

A. 在小区结构的选择上, 组团无序型的小区结构开放后对于路网交通负荷的影响度最大, 效果较为明显, 而紧凑无序型小区开放后效果最小。因此开放小区在小区内部结构的选择上组团优于紧凑, 有序优于无序。

B. 在周边道路结构的选择上, 四周围绕型和半边包围型的小区路网通负荷在小区开放后改变的效果程度相当, 因此判定小区周边道路结构对于小区开放后小区路网交通负荷呈弱相关。

C. 在小区周边道路类型的选择上, 在相同的条件下, 周边道路类型的等级越低, 基本道路车辆通行能力越低, 小区开放后对于小区周边路网交通负荷的影响效果越明显。

综合来看, 小区内部结构以及小区周边道路类型对于小区开放的效果有明显影响, 而小区周边道路结构影响不大。

四、问题四的求解和分析

1. 对问题的分析

问题四要求我们根据问题一、二、三的研究结果, 从交通通行的角度, 向城市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。针对问题 4, 在本文研究结果的基础上结合实际情况, 提出关于小区开放的建议, 并向城市规划和交通管理部门提交建议报告。

2. 对问题的求解

关于推广小区开放、加强交通管理的建议报告

尊敬的交通管理部门领导：

2016年2月，国务院发布《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，其中提出了关于推广街区制的意见。科学地进行小区开放工作有利于促进道路通行，减轻交通压力，但如果草率地进行小区开放，对于交通通行而言反而是一种负担。因此，合理细致地进行小区开放工作有利于道路交通通行。现将小区开放中交通管理方面的建议报告如下：

一、加强重点交叉口、重点路段的交通管理

经过研究分析，小区开放对周围道路交叉口的通行能力影响程度较大。因此交通管理部门应当加强对重点交叉口、重点路段的管理，以减轻交叉口拥堵现象。

二、适当增设车道数，合理进行车道划分

首先，通过对不同车道数、不同车道划分的路网交通负荷影响度进行定量比较得知，车道数多的道路负荷影响度小于车道数少的道路负荷影响度。这一数据说明了车道数增多会给道路通行带来积极的影响。其次，当主干道多、次干道少时，道路的通行会更加顺畅。由此说明了，如果能够适当增设车道数，并对车道进行细致合理的划分，道路通行的过程将流畅许多。

三、规范路边停车，加强车辆管理，整改路边障碍物放置

小区开放后，必然有车辆在小区中来往通行。由于小区道路处在居民区，居民用车路边停靠的现象会比正规道路更严重，因此为了保证车辆在小区内正常通行，不因拥堵而致使由小区开放引起的道路通行能力下降，需要交通管理部门编制相关规定，规范路边车辆停靠，并对道路中垃圾桶等居民区障碍物进行正确的安置。此外，还应树立警示牌以对小区行人进行驾驶区危险警示，避免交通事故的发生。

四、车速控制，道路拓宽

首先，研究表明，随着车辆速度的提高，道路交通量也会增加，继而道路通行能力便会提高。但是另一方面，对于开放的小区内部道路，考虑到小区道路的尺寸规模有限，需要控制车速以避免交通事故以及行人的人身安全。其次，由于小区内部道路规模的局限性，并且通过定量研究分析得知，道路加宽能够有效提高车辆的实际通行能力，因此，为了更好的疏导车辆通行，建议交通管理部门尽可能对小区内部的道路进行拓宽。

五、监控新技术的开发

小区开放后的道路与正常的交通道路相比，道路行人大大增多，小区内部的安全隐患较大。因此，建议交通管理部门开发监控小区内部及周边道路的交通监控技术，时刻监控小区及周边道路的交通状况，以便能够紧急解决临时性事故。

关于推广小区开放、加强城市规划的建议报告

尊敬的城市规划部门领导：

2016年2月，国务院发布《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，其中提出了关于推广街区制的意见。科学地进行小区开放工作有利于促进道路通行，减轻交通压力，但如果草率地进行小区开放，对于交通通行而言反而是一种负担。因此，合理细致地进行小区开放工作有利于道路交通通行。现将小区开放中城市规划方面的建议报告如下：

一、充分考虑周边道路结构，合理安排开放小区的位置

由结构分析可知,在周边道路交叉路口较少的位置以及城市中心交通繁华的地段开放小区对于疏导交通通行做出的贡献最大,因此建议城市规范部门考虑到周边道路结构问题,合理安排开放小区的位置。

二、合理进行小区内部结构规划

研究分析表明,小区内部结构不同,对车辆通行能力的影响程度也不同,其中,选择内部结构为组团结构的小区进行开放最能够提高小区道路开放对整个道路车辆通行的疏导程度。

三、适当增设车道数,合理进行车道划分

首先,通过对不同车道数、不同车道划分的路网交通负荷影响度进行定量比较得知,车道数多的道路负荷影响度小于车道数少的道路负荷影响度。这一数据说明了车道数增多会给道路通行带来积极的影响。其次,当主干道多、次干道少时,道路的通行会更加顺畅。由此说明了,如果能够适当增设车道数,并对车道进行细致合理的划分,道路通行的过程将流畅许多。

四、信号灯的位置规划

由于小区开放以后扩增了路网,交通组成类型变得更加复杂,为了保证车辆在顺畅且有序进行的同时,尽可能增强道路通行能力,增加交通量。因此,建议城市规划部门对信号灯的位置、数量以及内部的秒数设置进行重新规划与修改,使小区开放对整个车辆通行能力带来尽可能的提升,也让整个复杂的路网变得更加有序、高效。

§ 6 误差分析与灵敏度分析

一、误差分析

- 1.在数学软件的计算中,会将小数计算结果进行保留,使得随后的计算或统计结果造成一定误差;
- 2.在问题三中,忽略了行人道路通行的影响,在实际生活中当人流量的达到一定的值后会对行车效率以及道路车流量有一定影响。
- 3.问题三中所采用的数据取自某一单位时间内可能具有一定的特殊性,如果根据泊松分布计算日均交通量,所获取的结果可能更加具有代表性。
- 4.开放小区形成后,开放的小区道路两侧会引发商圈的入驻,伴随而来的是道路两侧停车位需求的增加,人流量的增加,在一定程度上可能会引起反向效果。

二、灵敏度分析

对于问题二中的模型一,车辆制动耗时会影响制动的距离,进而可能影响道路通行能力,这两者之间的关系可用修正道路车辆通行公式表示:

$$A_p = A_{\max} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 = \frac{1000v}{J_r + J_z + J_a} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 \quad (13)$$

$$J_z = \frac{1}{2} vt \quad (14)$$

其中 t 为制动时间,因此我们利用 Matlab 编程分析制动时间对于道路修正通行能力的灵敏度分析,程序见附录程序 3,分析结果见图 14。

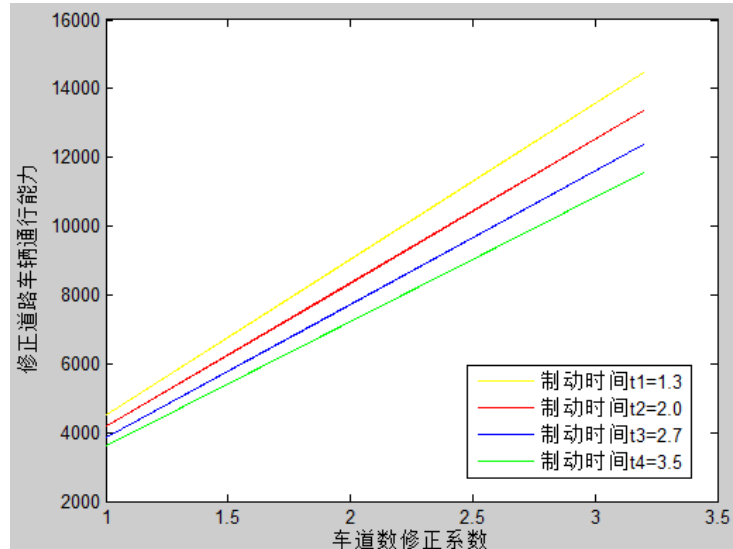


图 14 灵敏度分析图

由灵敏度分析图可知，车辆制动耗时与道路修正通行能力成线性正相关，说明车辆制动耗时的多少与道路修正通行能力的大小成正比。因此，我们也能得出：要减少道路上的急刹车等紧急减速情况，进行合理的路判，保持交通顺畅。

§ 7 模型的评价与推广

一、模型的评价

1. 优点

- (1) 问题求解中辅之流程图，将建模思路完整清晰的展现出来；
- (2) 问题二在对理论通行能力进行修复时考虑因素细致、全面，修复因素系数准确度高；
- (3) 在问题三中，提出“影响度”的概念，较为直观地定量给出小区开放后的效果，简便有效。在影响度的计算上，由点及面，从每个路段、交叉口到整个路网，层层深入，具有逻辑性；
- (4) 运用多种数学软件（如 MATLAB、SPSS），取长补短，使计算结果更加准确、明晰。

2. 缺点

- (1) 在数学软件的计算中，会将小数计算结果进行保留，使得随后的计算或统计结果造成一定误差；
- (2) 问题二求解修正通行能力时多次使用了查表，操作不够简便。

二、模型的推广

1. 问题二中建立的模型在现实生活中可以作为检验数据对实测数据的准确性进行检验，帮助人们更好的测算交通数据。

2. 基于问题三建立的模型，可以根据道路实时检测数据（某路段单位时间内的车流量，某交叉口单位时间内的交通量）和基本参数（路宽、车道数、行车速度等），推算新建一条道路对于当前交通状况的改善效果，帮助交通建设部门决策，防止基础交通建设中资本的浪费。

§ 8 模型的改进

一、模型一的改进

针对问题二中的模型一，在具体求解大型车对车辆通行能力的修正系数时，我们利用交通量的测算值对照得到相应的大型车修正系数。但是，在实际操作中交通量的测定有很大的难度，如果此时交通量数据无法得到，那么我们便不能得到相应的修正系数，因此我们对模型进行改进。

由 GREENSHIELD K-V 线性模型，可得通行能力的公式：

$$A_p = \begin{cases} \frac{3600}{t} \left(1 - \frac{3.6l}{V_f t}\right) (V_f > 7.2l/t) \\ \frac{250V_f}{t} (V_f \leq 7.2l/t) \end{cases} \quad (15)$$

对应的临界车辆速度：

$$V_p = \begin{cases} \frac{V_f - 3.6l}{t} & (V_f > 7.2l/t) \\ \frac{1}{2}V_f & (V_f \leq 7.2l/t) \end{cases} \quad (16)$$

由美国道路通行能力准则可得，美国将道路服务水平分为六级：A-F 级，而我国目前针对当前国情，将道路服务水平分成四级：一级相当于美国的 A、B 两级；二级相当于美国的 C 级；三级相当于美国的 D 级；四级相当于美国的 E、F 级。因此，相应的，将美国服务水平划分标准进行针对性修正，得到中国道路服务水平划分标准，见表 21。

表 21 我国服务水平划分标准

服务水平 (LOS)	一级		二级	三级	四级	
服务交通量	800	1200	1800	2500	A_p	$< A_p$
速度 km/h	120	120	120	120	$> V_p$	$< V_p$
V/C	0.33	0.48	0.71	1.0	$A_p / A_{\max} < 1.0$	— (无意义)

由于车流量的测算相对于交通量来说较易得到，我们便可以不用对交通量进行测算，可以通过车流量与通行能力的比值计算出 V/C 饱和度值，再通过该值对照我国服务水平划分标准，间接得到服务交通量，从而得到大型车对通行能力的修正系数。

二、模型二的改进

针对于问题三中的模型，在得出各个类型小区在开放后对于整个小区周边路网交通负荷影响度后，无法判别小区开放的效果是积极的还是消极的，由此我们可以采用 Bress 悖论的原理进行判别：在个人独立选择路径的情况下，为某路网增加额外的通行能力（如增加路段的等），反而会导致整个路网的整体运行水平降低的情况。

将路网进行简化如图 15：

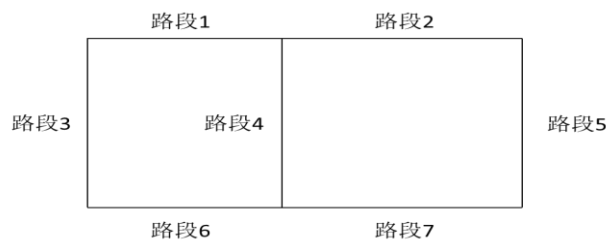


图 15 路网简化图

根据推导可得：当 $\beta_3 / (\beta_1 + \beta_2) \leq (\beta_5 + \beta_6) / \beta_4$ 时，会发生悖论，即道路的开通反而会加剧原有道路的交通状况。

其中， β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 、 β_6 路段 5、路段 7、路段 6、路段 3、路段 1、路段 2 的耽误系数，通过路段上一个月的车速、流量与路段长度估计而得。

参考文献

- [1] 李向鹏. 城市交通拥堵对策——封闭型小区交通开放研究[D]. 交通运输工程, 2014.4;
- [2] 司守奎等. 数学建模算法与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.8 第一版;
- [3] 吕彬. 城市居住区“开放性”模式研究[D]. 建筑设计, 2006.6;
- [4] 茹红蕾. 城市道路通行能力的影响因素研究[D]. 交通运输工程, 2008.3;
- [5] VISSIM 软件路网搭建教程:
<http://wenku.baidu.com/view/7bc33214680203d8ce2f24c4.html>
- [6] 赵琳, 邵长桥. 基于 VISSIM 的高速公路基本路段实际通行能力仿真分析[J]. 道路交通与安全, 2007.2;
- [7] 李冬梅, 李文权. 道路通行能力的计算方法 [J]. 河南大学学报, 2002.6:24-27;
- [8] 城市轨道施工安全及交通组织 [S]. 2014.
- [9] 李鑫, 李雪等. 城市道路网络脆弱性评估指标研究综述[J]. 公路交通科技, 2016.1: 155-157;
- [10] 詹斌, 蔡瑞东等. 基于城市道路网络脆弱性的小区开放策略研究 [J]. 技术方法, 2016.7: 98-101.
- [11] 彭驰. 物流园区交通影响分析研究[D]. 交通运输工程, 2007.4.

附录

1. 附表

附表 1 样本数据整合表

样本编号	车速	车道数	侧向 净宽	车道宽	司机反应时间	车辆静止耗时	交通量
1	37	2	1	3	0.5	1.72	1112
2	47	3	2.5	3.5	0.6	2.41	1835
3	48	3	2.5	3.25	1.2	2.475	2034
4	44	2	2.5	3.25	1	2.26	1477
5	46	3	2.5	3	1.2	2.27	1648
6	53	2	2.5	3.5	1.2	2.498	1952
7	54	3	3.5	3.5	2	2.5	2249
8	59	3	3.5	3.5	0.7	2.634	1893
9	59	3	3.5	3.25	0.2	2.642	2245
10	48	3	2.5	3.25	0.3	2.46	2035
11	50	3	4.5	3.5	0.3	2.52	2318
12	56	3	3.5	3.25	0.9	2.617	2203
13	57	2	2.5	3.5	0.8	2.625	2034
14	58	2	2.5	3	0.6	2.641	2178
15	68	4	3.5	3.25	0.9	3.05	2468
16	59	3	4.5	3.75	0.6	2.975	2406
17	75	4	4.5	3.75	0.7	3.15	2648
18	22	1	1	3	1.1	1.45	800
19	27	4	0.5	3	0.6	1.5	903
20	75	1	2.5	3.5	0.6	1.46	1010
21	76	1	3.5	3.5	0.2	1.63	1069
22	46	2	1.5	3.25	1.9	2.3	1682
23	46	2	2.5	3.25	1	2.32	1734
24	46	2	2.5	3.75	0.2	2.4	1826
25	47	3	2.5	3.25	1.2	2.37	1625
26	77	3	4.5	3.5	0.2	2.475	2148
27	48	3	4.5	3.25	0.3	2.47	2278
28	80	3	2.5	3.5	0.5	2.58	2177
29	66	2	3.5	3.5	1	2.72	2249
30	67	4	3.5	3.75	0.9	2.975	2484
31	25	3	1.5	3.5	0.6	1.3	846
32	34	2	4.5	3.5	0.8	1.52	1152
33	47	3	2.5	3.25	0.3	2.42	1753
34	48	4	2.5	3.75	0.3	2.34	1924
35	79	3	2.5	3.25	1.1	2.53	2159
36	55	3	0.5	3.5	0.9	2.62	1568

37	78	2	1	3.5	0.9	2.618	2148
38	59	3	1	3.5	1	2.64	2272
39	19	1	0	3	1.2	1.4	513
40	19	2	2.5	3.25	1	1.35	810
41	37	2	2.5	3	1.2	1.49	1102
42	45	2	2.5	3.5	0.8	2.28	1525
43	48	3	2.5	3.5	0.5	2.47	1996
44	49	3	2.5	3.5	0.4	2.48	1835
45	49	4	3.5	3.5	0.5	2.5	2203
46	61	4	3.5	3	1.1	2.65	2209
47	67	1	0.5	3.75	0.2	2.83	2249
48	67	4	3.5	3.25	0.6	2.815	2463
49	75	2	3.5	3.5	0.6	3.21	2748
50	34	2	1.5	3	1	1.48	957
51	39	2	2.5	3.5	0.8	1.97	1364
52	40	3	2.5	3.25	0.5	2	1359
53	50	3	2.5	3.5	1	2.51	2264
54	55	2	3.5	3.25	1.2	2.6	1978
55	55	3	3.5	3.5	0.6	2.61	2218
56	59	3	0.5	3	0.2	2.638	1974
57	63	4	2.5	3.5	1.1	2.78	2384
58	67	3	2.5	3.75	0.8	2.83	2384
59	75	3	4.5	3.5	0.3	3.2	2801
60	77	2	4.5	3.5	0.2	3.18	2845
61	23	1	0	3	0.5	1.44	458
62	75	2	1	3	0.2	1.625	1065
63	46	2	2.5	3.5	1	2.43	1752
64	61	2	0.5	3	1.2	2.71	1890
65	36	3	2.5	3.5	1	1.67	1233
66	38	2	3.5	3	1.7	1.9	1246
67	55	1	0.5	3.5	0.3	2.615	1763
68	74	2	1.5	3.75	0.7	3.05	2349
69	79	4	2.5	3.75	0.4	3.17	2694
70	38	2	3.5	3	1.1	1.86	1343
71	61	3	1.5	3.25	0.3	2.68	2006
72	79	3	3.5	3.5	2.1	3.48	2948
73	27	2	1	3.75	0.8	1.48	928
74	28	1	1	3	0.9	1.47	947
75	34	2	1	3	0.3	1.49	998
76	44	3	2.5	3.25	0.3	2.24	1520
77	78	3	4.5	3.5	0.7	3.09	2648
78	73	3	3.5	3.5	1.2	3.19	2741
79	37	4	1	3	1.7	1.87	1265
80	80	4	3.5	3.5	2	3.5	2948

81	37	2	3.5	3.5	1.5	1.84	1325
82	38	2	2.5	3	1.2	1.95	1233
83	38	2	1	3	2.1	1.97	1249
84	40	2	1.5	3	0.4	2.12	1366
85	42	3	4.5	3.75	0.4	2.16	1638
86	40	3	1.5	3.25	0.8	2.43	1384
87	41	3	1.5	3.5	1.1	2.05	1434
88	78	3	4.5	3.75	1.4	3.42	3048
89	41	4	1.5	3.75	0.8	2.15	1566
90	42	2	4.5	3.25	1.8	2.2	1466
91	44	2	2.5	3	1.2	2.24	1475
92	75	4	4.5	3.75	1.8	3.25	2801
93	37	4	4.5	3.75	0.2	1.5	2043
94	37	2	1	3	2.1	1.89	1289
95	40	4	2.5	3.5	0.9	2.15	1406
96	77	3	2.5	3.25	1.5	3.34	2847
97	76	2	3.5	3.75	1.5	3.46	2843
98	38	2	2.5	3.5	1.8	1.85	1249
99	41	2	2.5	2.5	0.4	2.48	1361
100	41	2	1.5	3.25	0.4	2.05	1412

附表 2 小区开放前 VISSIM 正常行驶仿真数据记录表

数据 C.P.	时间(进入)	时间(离开)	车辆编号	速度[m/s]	车辆长度[m]
1	9.34	-1	4	14.7	4.76
1	-1	9.67	4	14.7	4.76
7	19.34	-1	3	14.7	4.76
7	-1	19.66	3	14.8	4.76
6	20.35	-1	4	14	4.76
6	-1	20.69	4	14	4.76
1	21.49	-1	11	14.8	4.61
2	21.43	-1	5	15.9	4.55
1	-1	21.8	11	14.9	4.61
2	-1	21.72	5	15.9	4.55
5	22.36	-1	6	15.4	4.61
5	-1	22.66	6	15.4	4.61
2	25.81	-1	7	13.8	4.11
2	-1	26.11	7	13.8	4.11
2	27.19	-1	8	14.1	10.21
2	-1	27.92	8	14.2	10.21
7	29.24	-1	10	15.1	4.76
7	-1	29.55	10	15.1	4.76
6	32.23	-1	11	14.5	4.61
6	-1	32.55	11	14.6	4.61
5	35.38	-1	12	14.8	4.55

5	-1	35.68	12	14.9	4.55
7	36.42	-1	13	14.5	4.55
7	-1	36.73	13	14.5	4.55
1	38.87	-1	16	15.4	4.61
1	-1	39.16	16	15.4	4.61
6	49.09	-1	16	15.1	4.61
6	-1	49.4	16	15.1	4.61
1	49.91	-1	24	15.1	4.55
1	-1	50.21	24	15.2	4.55
5	50.59	-1	17	15.3	4.55
5	-1	50.89	17	15.3	4.55
3	56.27	-1	14	15.8	4.76
3	-1	56.57	14	15.9	4.76
7	57.12	-1	23	15.9	4.76
7	-1	57.42	23	15.8	4.76
6	60.56	-1	24	14.6	4.55
6	-1	60.87	24	14.7	4.55
3	63.02	-1	18	15.1	4.11
3	-1	63.29	18	15.1	4.11
3	66.53	-1	15	15	4.11
1	66.65	-1	33	15	4.4
1	-1	66.94	33	15.1	4.4
3	-1	66.8	15	14.9	4.11
5	67.35	-1	28	14.7	4.76
5	-1	67.68	28	14.7	4.76
4	68.67	-1	21	15.6	4.11
4	-1	68.93	21	15.6	4.11
3	70.62	-1	20	15.1	4.76
3	-1	70.93	20	15.3	4.76
2	71.71	-1	9	3.5	1.45
2	-1	72.11	9	3.6	1.45
7	73.43	-1	30	13.5	4.61
3	73.75	-1	22	14.7	4.4
7	-1	73.77	30	13.4	4.61
3	-1	74.04	22	14.7	4.4
6	77.39	-1	33	14.9	4.4
6	-1	77.69	33	14.8	4.4
3	77.98	-1	25	15	4.76
3	-1	78.3	25	15.1	4.76
2	79.77	-1	27	13.4	4.11
2	-1	80.08	27	13.5	4.11
3	80.14	-1	26	14.6	4.11
5	80.13	-1	35	15	4.55
3	-1	80.42	26	14.6	4.11

5	-1	80.44	35	15	4.55
7	84.64	-1	37	14.5	10.21
7	-1	85.35	37	14.4	10.21
3	89.77	-1	31	14.7	4.76
3	-1	90.09	31	14.8	4.76
2	90.42	-1	32	15.2	4.11
2	-1	90.69	32	15.2	4.11
1	90.84	-1	40	1.7	11.54
3	93.85	-1	34	13.9	4.76
3	-1	94.19	34	14	4.76
1	-1	98.34	40	1.8	11.54
1	101.18	-1	44	3.5	4.4
2	101.41	-1	29	14.6	4.61
2	-1	101.73	29	14.5	4.61
1	-1	101.8	44	4.3	4.4
3	103.39	-1	36	14.5	4.76
3	-1	103.72	36	14.5	4.76
2	109.33	-1	39	15.7	4.76
2	-1	109.63	39	15.7	4.76
1	113.78	-1	52	3.3	4.11
1	-1	114.75	52	5.6	4.11
6	116.66	-1	46	15	4.4
6	-1	116.96	46	15	4.4
4	117.67	-1	1	2	0.44
4	-1	117.89	1	2	0.44
6	119.37	-1	44	14.2	4.4
6	-1	119.68	44	14.1	4.4
1	127.94	-1	56	1.2	0.34
1	-1	128.22	56	1.2	0.34
3	128.54	-1	45	12.7	4.34
3	-1	128.87	45	13	4.34
4	128.86	-1	38	3.4	1.45
4	-1	129.28	38	3.5	1.45
6	132.61	-1	52	14.2	4.11
1	132.94	-1	60	1.6	4.4

附表3 小区开放后 VISSIM 正常行驶仿真数据记录表

数据 C. P.	时间(进入)	时间(离开)	车辆编号	速度[m/s]	车辆长度[m]
8	4.44	-1	1	14.1	4.61
9	4.43	-1	2	15.2	4.4
8	-1	4.6	1	14.1	4.61
9	-1	4.72	2	15.1	4.4
1	7	-1	2	14.5	4.4

1	-1	7.31	2	14.5	4.4
2	7.51	-1	16	14.3	4.76
2	-1	7.84	16	14.4	4.76
14	8.48	-1	20	14	4.76
3	8.74	-1	19	14.5	4.76
14	-1	8.82	20	14	4.76
3	-1	9.07	19	14.6	4.76
5	11.07	-1	18	15.8	4.55
5	-1	11.36	18	15.8	4.55
1	11.81	-1	28	15.4	4.61
1	-1	12.11	28	15.4	4.61
13	12.07	-1	30	11.2	11.54
12	13.03	-1	32	11.5	11.54
13	-1	13.09	30	11.4	11.54
12	13.71	-1	18	10.2	4.55
4	13.83	-1	23	14.1	4.11
4	-1	14.12	23	14	4.11
12	-1	14.03	32	11.6	11.54
12	-1	14.22	18	8.1	4.55
14	14.2	-1	33	3.9	1.45
14	-1	14.58	33	3.9	1.45
5	15.42	-1	29	13.1	10.21
5	-1	15.8	29	13.3	10.21
2	18.33	-1	44	15.5	4.76
8	18.57	-1	35	15.3	4.11
2	-1	18.64	44	15.6	4.76
8	-1	18.8	35	15.3	4.11
1	20.88	-1	52	14.9	4.61
1	-1	21.19	52	15	4.61
3	23.84	-1	59	14.6	4.55
3	-1	24.15	59	14.7	4.55
8	24.07	-1	53	16	4.76
8	-1	24.2	53	16	4.76
2	25.11	-1	61	15	4.55
2	-1	25.41	61	15.1	4.55
12	27.11	-1	69	16	4.4
13	27.04	-1	68	13.5	4.11
12	-1	27.39	69	16.1	4.4
13	-1	27.34	68	13.5	4.11
4	28.87	-1	37	3.7	1.45
4	-1	29.27	37	3.5	1.45
7	30.48	-1	4	1.4	0.44
7	-1	30.79	4	1.5	0.44
8	30.75	-1	67	13.8	10.21

8	-1	31	67	13.8	10.21
12	31.82	-1	81	13.5	4.4
12	-1	32.14	81	13.6	4.4
10	32.26	-1	74	14.3	4.55
10	-1	32.58	74	14.5	4.55
2	34.88	-1	74	14.8	4.55
2	-1	35.18	74	14.9	4.55
11	35.04	-1	55	3.5	1.45
4	35.3	-1	83	16.2	4.76
4	-1	35.59	83	16.2	4.76
11	-1	35.44	55	3.6	1.45
8	36.63	-1	86	16.4	4.76
13	36.67	-1	94	15.8	4.76
5	36.97	-1	87	14.9	4.11
8	-1	36.8	86	16.4	4.76
13	-1	36.97	94	15.8	4.76
5	-1	37.24	87	15	4.11
1	38.29	-1	99	15.3	4.61
1	-1	38.59	99	15.4	4.61
10	38.48	-1	89	15.5	4.61
10	-1	38.78	89	15.5	4.61
3	39.52	-1	103	15.2	4.55
4	39.62	-1	93	15	4.11
12	39.6	-1	87	14.6	4.11
3	-1	39.82	103	15.3	4.55
4	-1	39.89	93	15.1	4.11
12	-1	39.89	87	14.6	4.11
14	40.2	-1	108	8.1	4.11
11	40.39	-1	77	3.3	11.54
5	40.63	-1	97	15.5	4.76
14	-1	40.67	108	9.4	4.11
2	40.93	-1	89	15.8	4.61
5	-1	40.94	97	15.5	4.76
8	41.16	-1	98	15.8	4.34
2	-1	41.22	89	15.8	4.61
8	-1	41.4	98	15.7	4.34
13	41.52	-1	114	13.7	4.11
13	-1	41.83	114	13.6	4.11
6	42.43	-1	7	1.1	0.44
11	-1	42.4	77	4.4	11.54
6	-1	42.84	7	1.1	0.44
9	43.03	-1	72	3.7	1.45
12	43.17	-1	97	15.4	4.76
9	-1	43.42	72	3.6	1.45

12	-1	43.48	97	15.4	4.76
4	44.22	-1	111	15.1	4.4
4	-1	44.51	111	15.1	4.4
5	44.45	-1	105	14.8	4.11
5	-1	44.73	105	15	4.11
14	45.1	-1	121	14.5	4.11
14	-1	45.38	121	14.6	4.11

2. 程序

程序1 MATLAB算道路车辆通行能力

```
x=[ 37  2  1  3  0.5 1.72  1112
47  3  2.5 3.5 0.6 2.41  1835
48  3  2.5 3.25  1.2 2.475  2034
44  2  2.5 3.25  1  2.26  1477
46  3  2.5 3  1.2 2.27  1648
53  2  2.5 3.5 1.2 2.498  1952
54  3  3.5 3.5 2  2.5 2249
59  3  3.5 3.5 0.7 2.634  1893
59  3  3.5 3.25  0.2 2.642  2245
48  3  2.5 3.25  0.3 2.46  2035
50  3  4.5 3.5 0.3 2.52  2318
56  3  3.5 3.25  0.9 2.617  2203
57  2  2.5 3.5 0.8 2.625  2034
58  2  2.5 3  0.6 2.641  2178
68  4  3.5 3.25  0.9 3.05  2468
59  3  4.5 3.75  0.6 2.975  2406
75  4  4.5 3.75  0.7 3.15  2648
22  1  1  3  1.1 1.45  800
27  4  0.5 3  0.6 1.5 903
75  1  2.5 3.5 0.6 1.46  1010
76  1  3.5 3.5 0.2 1.63  1069
46  2  1.5 3.25  1.9 2.3 1682
46  2  2.5 3.25  1  2.32  1734
46  2  2.5 3.75  0.2 2.4 1826
47  3  2.5 3.25  1.2 2.37  1625
77  3  4.5 3.5 0.2 2.475  2148
48  3  4.5 3.25  0.3 2.47  2278
80  3  2.5 3.5 0.5 2.58  2177
66  2  3.5 3.5 1  2.72  2249
67  4  3.5 3.75  0.9 2.975  2484
25  3  1.5 3.5 0.6 1.3 846
34  2  4.5 3.5 0.8 1.52  1152
```

47	3	2.5	3.25	0.3	2.42	1753
48	4	2.5	3.75	0.3	2.34	1924
79	3	2.5	3.25	1.1	2.53	2159
55	3	0.5	3.5	0.9	2.62	1568
78	2	1	3.5	0.9	2.618	2148
59	3	1	3.5	1	2.64	2272
19	1	0	3	1.2	1.4	513
19	2	2.5	3.25	1	1.35	810
37	2	2.5	3	1.2	1.49	1102
45	2	2.5	3.5	0.8	2.28	1525
48	3	2.5	3.5	0.5	2.47	1996
49	3	2.5	3.5	0.4	2.48	1835
49	4	3.5	3.5	0.5	2.5	2203
61	4	3.5	3	1.1	2.65	2209
67	1	0.5	3.75	0.2	2.83	2249
67	4	3.5	3.25	0.6	2.815	2463
75	2	3.5	3.5	0.6	3.21	2748
34	2	1.5	3	1	1.48	957
39	2	2.5	3.5	0.8	1.97	1364
40	3	2.5	3.25	0.5	2	1359
50	3	2.5	3.5	1	2.51	2264
55	2	3.5	3.25	1.2	2.6	1978
55	3	3.5	3.5	0.6	2.61	2218
59	3	0.5	3	0.2	2.638	1974
63	4	2.5	3.5	1.1	2.78	2384
67	3	2.5	3.75	0.8	2.83	2384
75	3	4.5	3.5	0.3	3.2	2801
77	2	4.5	3.5	0.2	3.18	2845
23	1	0	3	0.5	1.44	458
75	2	1	3	0.2	1.625	1065
46	2	2.5	3.5	1	2.43	1752
61	2	0.5	3	1.2	2.71	1890
36	3	2.5	3.5	1	1.67	1233
38	2	3.5	3	1.7	1.9	1246
55	1	0.5	3.5	0.3	2.615	1763
74	2	1.5	3.75	0.7	3.05	2349
79	4	2.5	3.75	0.4	3.17	2694
38	2	3.5	3	1.1	1.86	1343
61	3	1.5	3.25	0.3	2.68	2006
79	3	3.5	3.5	2.1	3.48	2948
27	2	1	3.75	0.8	1.48	928
28	1	1	3	0.9	1.47	947
34	2	1	3	0.3	1.49	998
44	3	2.5	3.25	0.3	2.24	1520

```

78 3 4.5 3.5 0.7 3.09 2648
73 3 3.5 3.5 1.2 3.19 2741
37 4 1 3 1.7 1.87 1265
80 4 3.5 3.5 2 3.5 2948
37 2 3.5 3.5 1.5 1.84 1325
38 2 2.5 3 1.2 1.95 1233
38 2 1 3 2.1 1.97 1249
40 2 1.5 3 0.4 2.12 1366
42 3 4.5 3.75 0.4 2.16 1638
40 3 1.5 3.25 0.8 2.43 1384
41 3 1.5 3.5 1.1 2.05 1434
78 3 4.5 3.75 1.4 3.42 3048
41 4 1.5 3.75 0.8 2.15 1566
42 2 4.5 3.25 1.8 2.2 1466
44 2 2.5 3 1.2 2.24 1475
75 4 4.5 3.75 1.8 3.25 2801
37 4 4.5 3.75 0.2 1.5 2043
37 2 1 3 2.1 1.89 1289
40 4 2.5 3.5 0.9 2.15 1406
77 3 2.5 3.25 1.5 3.34 2847
76 2 3.5 3.75 1.5 3.46 2843
38 2 2.5 3.5 1.8 1.85 1249
41 2 2.5 2.5 0.4 2.48 1361
41 2 1.5 3.25 0.4 2.05 1412
];

```

```

for i=1:100
    if x(i,2)==1
        a1=1;
    end
    if x(i,2)==2
        a1=1.87;
    end
    if x(i,2)==3
        a1=2.6;
    end
    if x(i,2)==4
        a1=3.2;
    end

    if x(i,4)<3
        a2=0.52;
    else if x(i,4)<3.25
        a2=0.56;
    end
end

```



```

        a3=8;
        if x(i,7)>=2000
            a3=7;
        end
    end
end
end
end
A(i)=(1000*x(i,1)*a1*a2*a3*0.95)/(5+x(i,1).*x(i,6)+x(i,1).*x(i,5));
end
A

```

程序 2 MATLAB 求解路网整体影响度

$m=2$; % 为影响范围内主要路段的个数，主要路段一般应包括主干路和次干路以及较重要的支路。

$f=1$; % 为影响范围内交叉口的个数

```

a=0;
KS=0;
b=0;
KC=0;
I1=[2875,2875];
I2=[1589,1589];
I3=[7642,7642];
I4=[6356,6356];
BS=[4909,4909];
BC=[19636,19636];
for i=1:m
    a=a+I2(i)/BS(i);
end
for j=1:m
    KS=KS+((I2(j)/BS(j))/a)*((I1(j)-I2(j))/BS(j))
end
for i=1:f
    b=b+I4(i)/BC(i);
end
for j=1:f
    KC=KC+((I4(j)/BC(j))/b)*((I3(j)-I4(j))/BC(j))
end
n=0.29207; %为影响范围内路网中主要路段的现状平均交通负荷与主要交叉
口的现状平均交通负荷的比值。
K=KS*(n/(1+n))+KC*(1/(1+n))

```

程序 3 MATLAB 灵敏度分析程序

$t_1=1.3; t_2=1.6; t_3=1.9; t_4=2.2; t_5=2.5; t_6=2.8; t_7=3.1; t_8=3.5$;

%假定 v 为 54km/h，车道数修正系数 $a_1=1.87$ ，车道宽度和侧向净宽 $a_2=0.56$ ，大型车修

```

正系数 a3=4， 驾驶员技术水平系数 a4=1;司机反应时间为 0.8s
A1=54000/(5+12+0.5*15*t1);A2=54000/(5+12+0.5*15*t2);
A3=54000/(5+12+0.5*15*t3);A4=54000/(5+12+0.5*15*t4);
a1=1.87;a2=0.56;a3=4;a4=1;
zd=[ 1.87 2.6  2.6  1.87 2.6  1.87 2.6  2.6  2.6  2.6  2.6  1.87 1.87 3.2  2.6  3.2  1    3.2
      1    1    1.87 1.87 1.87 2.6  2.6  2.6  2.6  1.87 3.2  2.6  1.87 2.6  3.2  2.6  2.6  1.87 2.6
      1    1.87 1.87 1.87 2.6  2.6  3.2  3.2  1    3.2  1.87 1.87 1.87 2.6  2.6  1.87 2.6  2.6  3.2
      2.6  2.6  1.87 1    1.87 1.87 1.87 2.6  1.87 1    1.87 3.2  1.87 2.6  2.6  1.87 1    1.87 2.6
      2.6  2.6  3.2  3.2  1.87 1.87 1.87 1.87 2.6  2.6  2.6  2.6  3.2  1.87 1.87 3.2  3.2  1.87 3.2
      2.6  1.87 1.87 1.87 1.87];
Ap1=A1*a1*a2*a3*a4*zd;Ap2=A2* a1*a2*a3*a4*zd;
Ap3=A3* a1*a2*a3*a4*zd;Ap4=A4* a1*a2*a3*a4*zd;
plot(zd,Ap1,'y-',zd,Ap2,'r-',zd,Ap3,zd,Ap4,'g-')
xlabel('车道数修正系数')
ylabel('修正道路车辆通行能力')
legend('制动时间 t=1.3','制动时间 t=2.0','制动时间 t=2.7','制动时间 t=3.5')

```