

小区开放对道路通行的影响

摘 要

本文就小区开放对周边道路通行的影响进行定量研究。通过 VISSIM 软件来构建微观交通仿真模型，从而获得相关数据，为定量分析奠定基础。并基于因子分析法建立车辆通行状况综合得分模型，定量评价不同类型小区开放对周边道路通行的影响，向城市规划和交通管理部门提出合理建议。

针对问题一，查阅相关文献，首先在路网密度方面选取了小区开放道路长度、区域道路长度、区域面积 3 项指标，接着从延搁时间方面选取了车辆平均总延误时间、车辆通过量、排队车辆数 3 项指标，最后则从停车状况方面选取了车辆平均停车时间、平均停车长度、最大停车长度、车辆停车次数 4 项指标。共从三个方面选取 10 个指标来评价小区开放对周边道路的影响。

针对问题二，基于问题一的分析，从中选取了与车辆通行相关的 7 项指标，运用 VISSIM 软件构建微观交通仿真模型，得到这些指标的原始数据之后，在运用 SPSS 软件对这些指标进行因子分析，得到车辆通行状况的综合得分模型 $F = \frac{71.3F_1 + 15.8F_2}{71.3 + 15.8}$ ，此模型用以研究小区开放对周边道路通行的影响，其中 F 值越小表明道路通行状况越好。

针对问题三，根据小区结构、周边道路结构以及车流量的不同构建出三种类型的小区：A 类小区（普通小区）、B 类小区（商业小区）和 C 类小区（城镇小区）。接着用 VISSIM 软件来模拟不同小区开放前后的道路交通状况，最后将 VISSIM 输出的指标数据代入综合得分模型，通过比较 F 值的大小，定量分析各类型小区开放前后对道路通行的影响。

可以看出，普通小区、商业小区以及城镇小区这三种不同类型的小区开放对道路通行能力的影响是不同的。其中，商业小区的开放对道路通行能力的提升最为明显（F 值下降 235.9036），普通小区次之（F 值下降 174.3324），而城镇小区的开放不仅无法使道路通行能力得到有效的提升，反而还会严重的影响道路的通行能力（F 值增加 421.5797）。

针对问题四，我们基于问题三中的发现，即开放小区并不都能有效缓解交通压力这一现象，综合考虑小区内部结构、地理位置、周边道路情况等因素的影响，面向城市规划部门提出位置选择、充分规划停车场所、合理设计小区出入口等建议；同时面向交通管理部门提出控制车流量、限制速度和设置导向系统的建议。

关键词：开放小区；微观交通仿真模型；道路通行；因子分析法；得分模型；SPSS

§1 问题的重述

一、引言

1.背景介绍

随着我国经济的快速发展和交通工具的不断丰富，城市道路也在不断地扩建扩宽，但城市交通拥挤仍然未能得到明显缓解。有限的城市空间与建设资源使得城市交通问题凸显，究其原因，还是生活道路支路的数量不足。

运行畅通的道路交通是一个地区稳步发展的重要前提，有效运转的城市交通才能使社会进步得以实现。2016年2月21日，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》，其中第十六条要求推广街区制，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。

2.提出问题

开放小区一方面增加道路面积，提高路网密度进而优化了城市路网结构，疏通了城市的“毛细血管”；另一方面，开放小区后进出小区的交叉路口的车辆增多可能会影响通行的流畅。开放小区能否改善交通状况还依赖于小区位置、城市规模、机动车量、出行方式、土地利用模式、对外交通设施布局、车道宽度等外部及内部道路状况等诸多因素，是否开放小区引来了很多争议。

3.研究的意义

城市交通系统是连接各个行业各类人群的纽带，承载着城市中人流、物流的移动与运转，是城市这一重要而又复杂系统中的一个子系统，是城市可持续发展的有力保障和健康标志，有着“城市动脉”之称。

在城市空间的组成部分中，小区作为封闭整体占据了很大的比例，同时又是道路交通的主要源头。如果能围绕小区道路做出优化，交通状况能得以明显改善。

二、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 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，应用所建立的模型，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你们关于小区开放的合理化建议。

§2 问题的分析

一、研究思路和步骤

1.具体问题的分析和对策

(1)问题一的分析和对策

问题一要求建立合理的指标，用以评价小区开放对周边道路通行的影响。查阅相关文献，首先在路网密度方面选取了小区开放道路长度、区域道路长度、区域面积3项指标，接着从延搁时间方面选取了车辆平均总延误时间、车辆通过量、排队车辆数3项指标，最后则从停车状况方面选取了车辆平均停车时间、平均停车长度、最大停车长度、

车辆停车次数 4 项指标。共从 3 大方面选取 10 个指标来评价小区开放对周边道路的影响。

(2)问题二的分析和对策

基于问题一的分析,首先从中选取了与车辆通行相关的 7 项指标,然后运用 VISSIM 软件构建微观交通仿真模型,从而得到这些指标的原始数据,最后运用 SPSS 软件对这些指标对其进行因子分析,得到车辆通行状况的综合得分模型,用以研究小区开放对周边道路通行的影响,其中 F 值越小表明道路通行状况越好。

(3)问题三的分析 and 对策

针对问题三,首先根据小区结构、周边道路结构以及车流量的不同构建了三种不同类型的小区:A 类小区(普通小区)、B 类小区(商业小区)和 C 类小区(城镇小区)。接着用 VISSIM 软件来模拟不同小区开放前后的交通状况,最后将 VISSIM 输出的指标数据代入综合得分模型,通过比较 F 值的大小,定量分析各类型小区开放前后对道路通行的影响。

2.对问题总体分析及解题思路

本文的总体解题思路如图 1 所示。

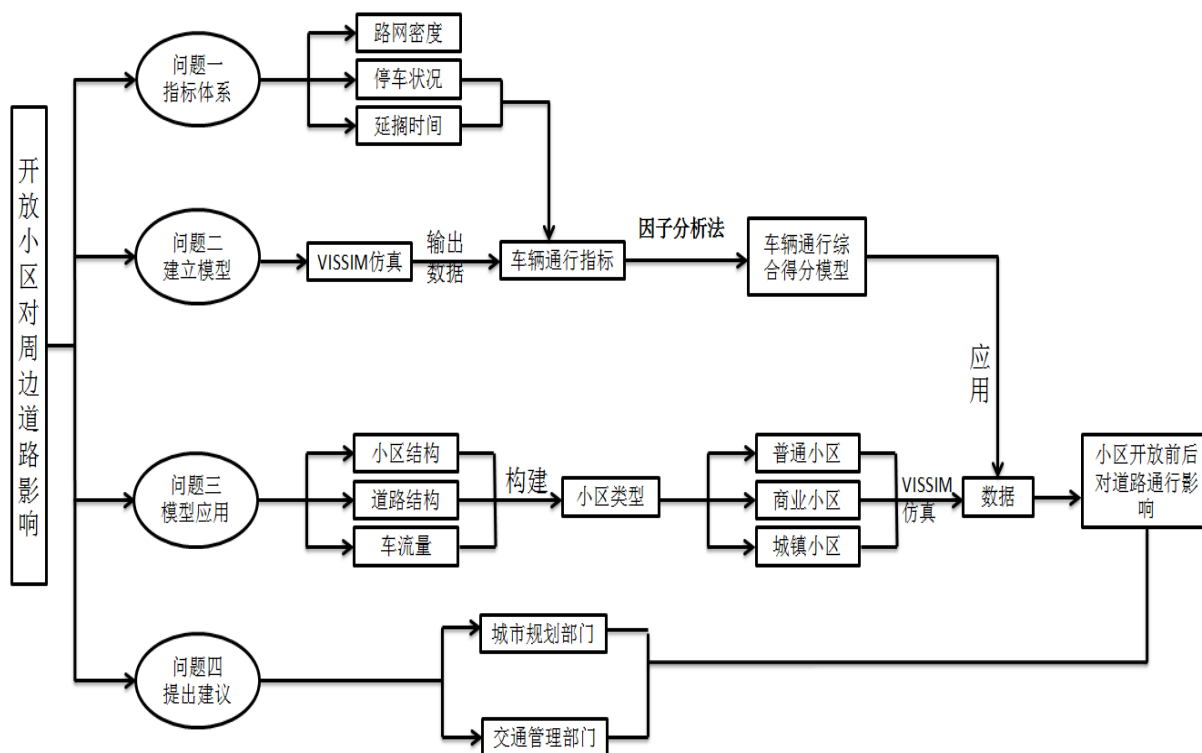


图 1 流程图

§3 模型的假设

1. 设定当车速大于 5km/h 小于 10km/h 时,我们认为该车处于排队状态;
2. 设定最大车头距为 20m, 排队最大长度为 500m, 不考虑行人对交通状况的影响
3. 为了方便研究,我们假设道路为单行道

§4 名词解释与符号说明

一、名词解释

VISSIM 仿真模型：VISSIM 是由德国 PTV 公司开发的微观交通流仿真系统，是一种微观的、基于时间间隔和驾驶行为的仿真建模工具，用以模拟和分析各种交通条件下(车道设置、交通构成、交通信号、公交车站等)城市交通和公共交通的运行状况，是评价交通工程设计和交通规划方案的有效工具。

路网密度：在一定区域内，道路网的总里程与该区域面积的比值为路网密度，用 km/km^2 表示。

开放式小区：通过开放小区出入口等方式使小区内部道路与周边道路相通，传统封闭式小区转向街区式结构。

商业小区：处在城市繁华地区，以营业点组成的内部结构复杂、周边车流量正常、道路结构简单的小区。

城镇小区：小区结构复杂，周边车流量大，道路结构复杂的小区。

普通小区：小区结构简单，周边车流量正常，道路结构简单的小区。

二、主要符号说明

符号说明表

序号	符号	说明
1	$Delay$	车辆平均总延误时间
2	$Stopd$	车辆平均停车时间
3	$Stops$	车辆停车次数
4	Veh	车辆通过量
5	Avg	平均停车长度
6	Max	最大停车长度
7	$Stop$	所有车道的排队车辆数
8	L_1, L_2, \dots, L_n	不同等级道路长度
9	$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$	各等级道路权重
10	S	区域面积
11	ρ	路网密度

§5 模型的建立与求解

一、问题一的分析与求解

由文献^[1]知，车辆平均总延误时间（ $Delay$ ）、车辆通过量（ Veh ）、排队车辆数（ $Stop$ ）等可以描述车辆在某路段行驶中被延搁的严重程度，而车辆被延搁的程度是评价周边道路交通状况是否流畅的重要指标。

车辆在行驶过程中的停车状况是评价道路交通状况的另一重要指标。车辆平均停车时间（ $Stopd$ ）、车辆停车次数（ $Stops$ ）越小，平均停车时间（ $Stopd$ ）越大，通过一段路程所用的时间也就越少，道路更为畅通。

道路网密度是对道路长度与用地面积间发展关系的限定，它从长度上描述了不同城市规模应有的道路发展水平与区域面积、道路长度直接相关。

我们选取了 10 个指标分属于以下三类：

（一）延搁时间类

车辆平均总延误时间（*Delay*）：某段固定时间内，某段交通道路中，车辆延误的总时间 *TS* 与所有被延误的车辆次数 *Stops* 之比，即 $Delay = \frac{TS}{Stops}$ 。 *Delay* 越长，*Veh* 越大，*Stop* 越多，说明道路行车状况越差。较多的车辆在行驶过程中被延误，且延误的时间较长，说明这段路越不畅通，行车效率越低，负载车流量超过可容纳流量，道路的交通状况越差。

车辆通过量（*Veh*）：在车辆延误时间过程中通行的车辆数，如在交叉路口正在转向行驶的车辆，十字路口绿灯通行方向的车辆。*Veh* 越小，*Stop* 越大，通过一段路程所用的时间也就越少，道路更为畅通。

排队车辆数（*Stop*）越多,平均停车长度（*Avg*）和最大停车长度(*Max*)越长，失效道路越长，道路通行效率越低，道路交通状况也就越差。

（二）停车状况类

车辆平均停车时间（*Stopd*）：通行岔路口耽误的时间与等红绿灯所用的时间之和的平均值。车辆行驶过一段路所用时间越少，代表通行效率越高，交通状况越好。

平均停车长度（*Avg*）：某段固定时间内，某段交通道路中停驶车辆占路段的总长度平均值。

车辆停车次数（*Stops*）：车辆在行驶过程中停车次数之和，其中包括在交叉路口等待其他车辆的时间以及在红绿灯路口等待红绿灯的时间。

（三）路网密度类

文献^[8]得，路网交通效率随着路网密度的增加先上升后下降，则理论上存在一个最佳路网密度，使得路网交通效率达到最高，车辆出行最畅通便捷。我们将小区道路开放问题归结为如图 2 所示图形问题。即在边长分别为 *a*、*b* 的矩形地区中，围绕小区（图中灰色区域）的交通道路与小区外围距离忽略不计，则所选矩形区域中在小区封闭情况下，区域面积为 *ab*，主干道路长度为 $2(a+b)$ 。

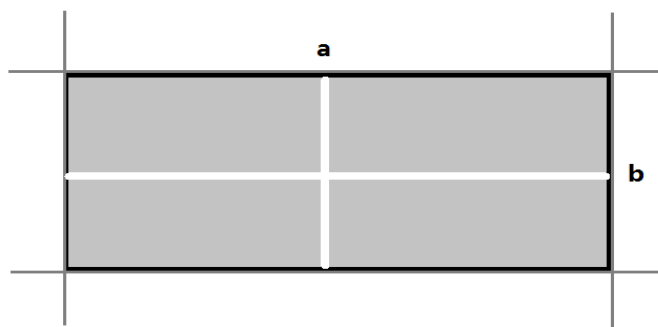


图 2 模拟简易路网

根据路网密度的定义及路网面积的计算方法得出此情况下路网密度为：

$$\rho = \frac{2(a+b)}{ab}$$

若小区由封闭式转为开放式，道路长度增加，假设小区开放道路如图灰色区域中白线所示，开放两条道路道路水平于外围主干道，则此时区域内路网面积为：

$$\rho = \frac{2(a+b) + a + b}{ab}$$

显然相同情况下，当小区内开放道路长度越大，则开放道路越多越复杂，小区的开放程度越高。设小区内的开放道路长度为 L_2 ，外围交通主干道长度为 L_1 ，区域面积为 S ，

则区域路网密度一般形式为：

$$\rho = \frac{L_1 + L_2}{S}$$

因为不同道路路宽和路况不同，地理位置不同，这些都会影响车辆以及行人的通行量不同，各道路的重要程度有所差距，本文将交通道路分为主干道以及支路两种。显然小区外围的已有交通道路相较于小区内部的道路更宽、车流量更大、也更为重要。则小区外交通道路被归为主干道，小区内开放到位归类为支路。根据道路状况的不同，在计算时需对主干道、支路的权重，设主干道路权重为 λ_1 ，支路权重为 λ_2 ，则此时路网密度为：

$$\rho = \frac{\lambda_1 L_1 + \lambda_2 L_2}{S}$$

将模型再进行推广，将城市道路按照重要程度划分为主干道路，次要道路，支路等不同级别，将他们的长度设为 L_1, L_2, \dots, L_n ，将各道路权重设为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ，城市区域面积为 S ，则城市道路网面积为：

$$\rho = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i L_i}{S}$$

根据不同小区所在地理位置及开放程度的不同，将小区开放前后附近道路按要求带入不同的路网密度值代入上式，可由上述公式得到的路网密度值与规范中的最优值作比较，开放后相较于开放前所得路网密度数值越接近最优值，代表小区开放对周边道路的影响越好。

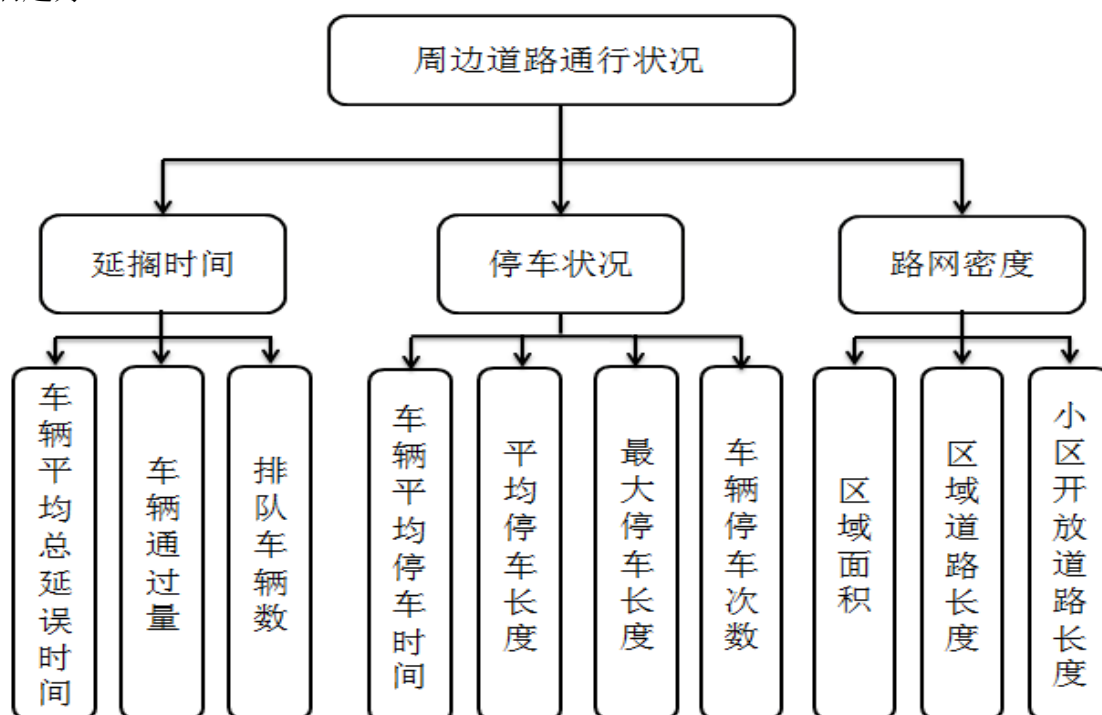


图3 周边道路通行状况评价指标体系

二、问题二的分析与求解

1. 对问题的分析

从问题一中选取与车辆通行相关的7项指标，然后运用VISSIM软件构建微观交通仿真模型，从而得到这些指标的原始数据，最后运用SPSS软件对这些指标对其进行因

子分析,得到车辆通行状况的综合得分模型,用以研究小区开放对周边道路通行的影响。

2. 对问题的求解

模型一 VISSIM 微观交通仿真模型

(1)VISSIM 微观交通仿真模型介绍

VISSIM 系统是基于 1974 年德国 Karlsruhe 大学 Wiedemann 教授的“心理-物理学跟车模型”发展建立的,即驾驶员在跟车行驶时无法准确判断自己与前车的车速以及安全车距,当驾驶员认为两车间距小于心理安全时,会开始减速,加大两车距离,由于无法准确判断前车车速,在一段时期内后车车速会小于前车车速,直到达到后车驾驶员心理安全距离,此时车速小于前车,驾驶员又会增加车速,如此周而复始,形成了车辆加、减速反复迭代的过程。

VISSIM 内部是由交通仿真器和状态信号发生器组成。“交通仿真器”包括车速变换模型和车道变换模型;“状态信号发生器”是一个信号控制软件,状态信号发生器两部可以仿真步长为基础通过接口从交通仿真器中获得信息。该系统可以模拟公共交通和城市交通,在给定限制交通条件下,具体分析评价交通运行情况。

VISSIM 内部的仿真中的两个不同程序,净油洁面的交换检测器呼叫器和信号状态。该仿真产生于一个在线的可视化交通实施和离线的收集统计数据如行进时间和队列长度的文件输出。这个交通仿真器是一个微观交通流仿真模型,包括车辆跟踪和车道改变逻辑。这个信号状态发生器是一个信号控制软件,在不连续的时间段基础上(约为 1/10 秒),轮流检测来自交通仿真器的检测信息。他为接下俩的秒数判断信号状态并且返回该信息至交通仿真器。

(2)VISSIM 微观交通仿真模型建立

为了建立关于车辆通行的数学模型,来定量地研究小区开放对周边道路通行的影响,我们需要相关指标的数据。为了克服没有数据的问题,我们通过 VISSIM 构造微观交通仿真模型得到所需的数据。

由于实际的道路情况相对比较复杂不好研究,我们对模型进行简化,用 VISSIM 构造出一个简单十字路口的道路模型(见图 4),其由两条相交的单向三行道构成(见图),这里仅研究 2 号道的交通状况,其车流量均为 150 辆/min,模拟该道路 3600s 内的交通状况,并每隔 180 秒采集一次数据。道路总长为 487.621m,数据于 9.360 m 处开始采集,475.632 m 处停止采集,采集长度为 466.3 m。其他参数设置见表 1。

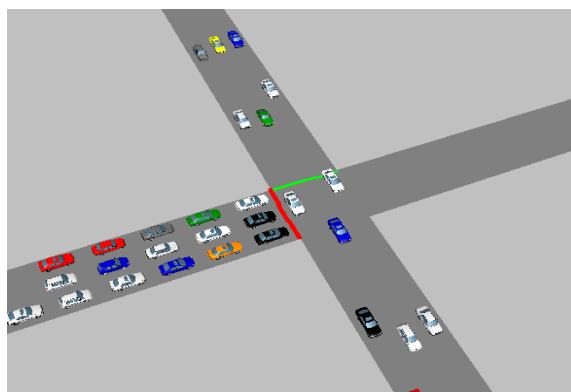


图 4 十字路口道路模型

表 1 vissim 参数设置表

项目	说明
时间段	1h
车流量	150 辆/min;
汽车所占比例	98%
货车所占比例	2%
车速	48-58km/h
路宽	3.5m
单向车道数	3
2 号路数据采集长度	466.3m

通过 1h (3600s) 的仿真之后,每 180s 采集一次数据,得到 20 组相应的原始指标数据(见附件一)

模型二 因子分析模型

(1) 因子分析法原理

因子载荷阵的求解方法有很多，这里仅介绍最为常用的主成分分析法。为了节省篇幅，不加证明地给出使用主成分分析法求解因子载荷阵的一般步骤：

计算原始数据的协方差阵 Σ 。

计算协方差阵 Σ 的特征根为 $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ ，相应的单位特征向量为 T_1, T_2, \dots, T_p 。

利用 Σ 的特征根和特征向量计算因子载荷阵：

$$\Lambda = (\sqrt{\lambda_1}T_1, \sqrt{\lambda_2}T_2, \dots, \sqrt{\lambda_p}T_p)$$

由于因子分析的目的是减少变量个数，因此，因子数目 m 应小于原始变量个数 p 。所以在实际应用中，仅提取前 m 个特征根和对应的特征向量，构成仅包含 m 个因子的因子载荷阵：

$$\Lambda = (\sqrt{\lambda_1}T_1, \sqrt{\lambda_2}T_2, \dots, \sqrt{\lambda_m}T_m)$$

对于因子模型 $x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + \varepsilon_i$

我们可以得到 x_i 和 x_j 的协方差为：

$$Cov(x_i, F_j) = Cov(\sum_{k=1}^m a_{ik}F_k + \varepsilon_i, F_j) = Cov(\sum_{k=1}^m a_{ik}F_k, F_j) + Cov(\varepsilon_i, F_j) = a_{ij}$$

如果对 X_i 作了标准化处理， X_i 的标准差为1，且 F_j 的标准差为1，因此

$$r_{x_i, F_j} = \frac{Cov(x_i, F_j)}{\sqrt{D(x_i)}\sqrt{D(F_j)}} = Cov(x_i, F_j) = a_{ij}$$

那么，从上面的分析，我们知道对于标准化后的 X_i ， a_{ij} 是 X_i 与 F_j 的相关系数，它一方面表示 X_i 对 F_j 的依赖程度，绝对值越大，密切程度越高；另一方面也反映了变量 X_i 对公共因子 F_j 的相对重要性。

对于 Λ ，它的第 i 行元素的平方和： $h_i^2 = \sum_{j=1}^m a_{ij}^2$ $i=1, 2, \dots, p$ 为变量 X_i 的共同度。

$$\begin{aligned} \text{由因子模型，知 } D(X_i) &= a_{i1}^2 D(F_1) + a_{i2}^2 D(F_2) + \dots + a_{im}^2 D(F_m) + D(\varepsilon_i) \\ &= a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + Var(\varepsilon_i) \\ &= h_i^2 + \sigma_i^2 \end{aligned}$$

变量共同度越高，说明该因子分析模型的解释能力越高。

(2) 模型建立

1. 因子分析前提条件检验

利用巴特利特球度检验，计算 KMO 取样适切性量数，根据该统计量的大小判别是否适合进行因子分析，得到检验结果见表 1。由结果可知，KMO 统计量为 0.852，接近于 1，适合采取因子分析法，而 Bartlett 球度检验显著性水平几乎为 0，拒绝认为相关系数矩阵为单位矩阵的原假设，选取的数据间存在相关性，故适合进行因子分析。

表 2 KMO 和巴特利特球度检验结果表

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数		0.852
Bartlett 的球形度检验	上次读取的卡方	169.444
	自由度	21
	显著性	0

2. 提取因子

用 SPSS 软件对原有的 20 组变量指标进行提取, 选用基于主成分模型的主成份分析法并提取特征值大于 1 的特征根。由表 3 可知, 变量的共同度基本都在 0.8 以上 (所有车道的排队车辆数这一变量的共同度为 0.571, 损失了其 42.9% 的信息) 表明提取的子全体对每个变量都有较高的解释程度, 各变量丢失的信息较少, 因子分析的效果较好。

表 3 各变量之间的公共度表

公因子方差		
	初始值	提取
平均停车长度	1.000	.967
最大停车长度	1.000	.802
所有车道的排队车辆数	1.000	.571
平均延误时间	1.000	.982
平均停车时间	1.000	.940
车辆停车次数	1.000	.940
车辆通过量	1.000	.894

由总方差解释表可以直观地看出提取因子对全部变量的解释程度大小, 详见表 4。根据因子提取结果可知, 当提取特征值大于 1 时, 两个因子的累计贡献率达到了 87.100%, 基本上能够涵盖所选数据的统计信息, 因子提取过程的总体效果较为理想。

表 4 总方差分解表

组 件	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差 百分比	累 积 %	总计	方差 百分比	累 积 %	总计	方差 百分比	累 积 %
1	4.991	71.300	71.300	4.991	71.300	71.300	4.692	67.032	67.032
2	1.106	15.800	87.100	1.106	15.800	87.100	1.405	20.068	87.100
3	.660	9.427	96.527						
4	.123	1.763	98.291						
5	.058	.823	99.113						
6	.041	.582	99.695						
7	.021	.305	100.000						

提取方法: 主成份分析

3. 公因子成份分析

对于上述提取出的两个主成分, 运行 SPSS 得到 7 个指标在这 2 个主成分上的旋转因子载荷矩阵, 之后根据旋转因子载荷矩阵对两个主成分进行命名。对因子进行处理使用正交旋转的方式在不影响变量间的共同度的前提下改变

因子的贡献率。这里使用方差最大法进行正交旋转得到旋转因子载荷矩阵, 结果见表 6。

表 5 因子载荷矩阵

变量	1	2
平均停车长度	.979	.091
最大停车长度	-.249	.860
所有车道的排队车辆数	.515	-.553
平均延误时间	.979	.151
平均停车时间	.964	.103
车辆停车次数	.961	.132
车辆通过量	.945	.039

表 6 旋转因子载荷矩阵

变量	1	2
平均停车长度	.966	.184
最大停车长度	-.001	-.895
所有车道的排队车辆数	.342	.674
平均延误时间	.983	.126
平均停车时间	.955	.169
车辆停车次数	.960	.140
车辆通过量	.918	.225

由旋转矩阵可知，第一个因子与平均停车长度、平均延误时间、平均停车时间、车辆停车次数和车辆通过量关系紧密，我们把它命名为 F1；第二个因子与最大停车长度和所有车道的排队车辆数相关，可以命名为 F2。

4. 因子得分

为了得到因子得分(score)系数，使用回归法对其进行估计，得到因子得分系数表，详见表 7。

表 7 成分得分系数矩阵

变量	成分 1	成分 2
平均停车长度	.211	-.025
最大停车长度	.168	-.761
所有车道的排队车辆数	-.039	.509
平均延误时间	.226	-.077
平均停车时间	.211	-.036
车辆停车次数	.218	-.061
车辆通过量	.192	.019

提取方法：主成份分析

旋转方法：最大方差法

根据得分系数矩阵，得到以下两个表达式：

$$F_1 = 0.211x_1 + 0.168x_2 - 0.039x_3 + 0.226x_4 + 0.211x_5 + 0.218x_6 + 0.192x_7$$

$$F_2 = -0.25x_1 - 0.761x_2 + 0.509x_3 - 0.077x_4 - 0.036x_5 - 0.061x_6 + 0.019x_7$$

提取方差载荷值的各因子方差贡献率为权重，由以上 2 个因子线性组合得到综合评价指标函数为：

$$F = \frac{71.3F_1 + 15.8F_2}{71.3 + 15.8}$$

三、对问题三的分析与求解

1. 对问题的分析

首先根据小区结构、周边道路结构以及车流量的不同构建了三种不同类型的小区：A 类小区（普通小区）、B 类小区（商业小区）和 C 类小区（城镇小区）。接着用 VISSIM 软件来模拟不同小区开放前后的交通状况，最后将 VISSIM 输出的指标数据代入综合得分模型，通过比较 F 值的大小，定量分析各类型小区开放前后对道路通行的影响。

2. 对问题的求解

A 类型小区：普通城市小区

特点：小区结构简单，周边车流量一般（100 辆/min），道路结构简单。

我们采用 vissim 软件对小区开放前后的交通状况进行模拟，模拟时的具体参数见表 8。

表 8 普通小区 Vissim 模拟数据表

项目	说明
时间段	1h
车流量	每段 100 辆/分；
汽车所占比例	98%
货车所占比例	2%

车速	48-58km/h
路宽	3.5m
单向车道数	3
1 号路数据采集长度	784.5m
2 号路数据采集长度	466.3m

首先通过 vissim 模拟原始道路的通行情况（图 5），并采集相应的指标数据，之后在原道路的左上角开放小区 A（新增两条单向车道）采集数据。该小区自身结构简单，同时周边道路结构为单向三车道的十字路口，车流量为 100 辆/min，我们将其定义为普通小区，具体见图 5、图 6。



图 5 普通小区开放前 vissim 仿真图

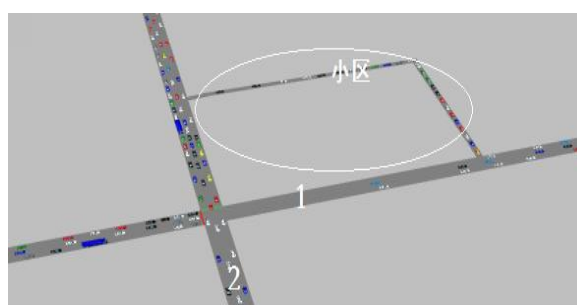


图 6 普通小区开放后 vissim 仿真图

当仿真结束后，得到普通小区开放前后的 6 项指标的数据，将其带入问题二中所建立的车辆通行模型，计算其 F 值，详见表 9

表 9 普通小区开放前后指标变化表

	avg	max	Stop	Delay	Stopd	Stops	Veh	F1	F2	F
道路 1（开放前）	284	364	7235	82.1	22.7	2.08	2986	436.0207	3447.979	984.2139
道路 1（开放后）	284	364	7235	82.2	22.7	2.08	2985	435.8513	3447.953	984.095
道路 2（开放前）	156	224	4971	51.9	22.2	1.72	2984	466.3956	2407.671	795.8056
道路 2（开放后）	157	220	3226	34.2	11.3	0.97	2697	472.422	1518.833	621.4732

从表中结果可以看出，当 A 类小区开放后，其对道路 1 的通行能力几乎没有影响，F 值由原来的 984.2139 变为 984.095；而对于道路 2 来说，F 值由小区开放前的 795.8056 下降到小区开放后的 621.7432，表明普通小区开放后道路 2 的通行能力有所上升。总的来看，当小区开放后，道路 1 通行能力不变而道路 2 通行能力上升，这与小区开放的点有关，该小区的道路开放的两个点主要分担了道路 2 上的车流，而对道路 1 上的车流没有起到太大的作用，但是开放小区后，对道路的流通程度还是有益的。

B 类型小区：商业小区

特点：小区结构复杂，周边车流量较大（150 辆/min），道路结构较复杂。

首先采用 vissim 进行模拟商业小区的交通状况，其与普通小区周边道路不同，商业小区周边道路车流量有了明显增加，车流量为 150 辆/min，数据采集的时间段仍为 3600s，车速以及路宽等参数也保持不变，具体参数见表 10。

表 10 普通城市小区 Vissim 模拟数据表

项目	说明
时间段	1h
车流量	每段 150 辆/分;
汽车所占比例	98%
货车所占比例	2%
车速	48-58km/h
路宽	3.5m
单向车道数	3
1 号路数据采集长度	1057.7m
2 号路数据采集长度	510.6m

通过 vissim 模拟原始道路的通行情况（图 7），采集相应的指标数据，之后在原道路的左上角开放小区 B（与主车道有三个连接点），并采集数据。该小区自身结构复杂，同时周边道路结构为单向三车道的十字路口，其周边车流量为 150 辆/min，我们将其定义为商业小区具体见图 7、图 8。

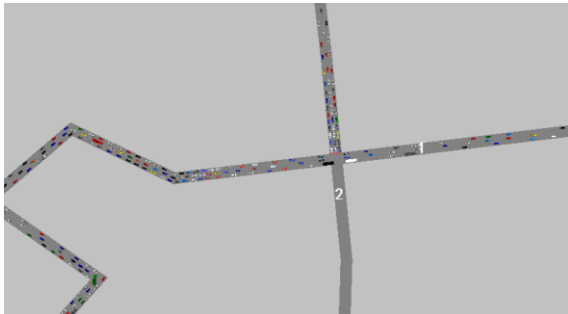


图 7 普通城市小区开放前 vissim 仿真图

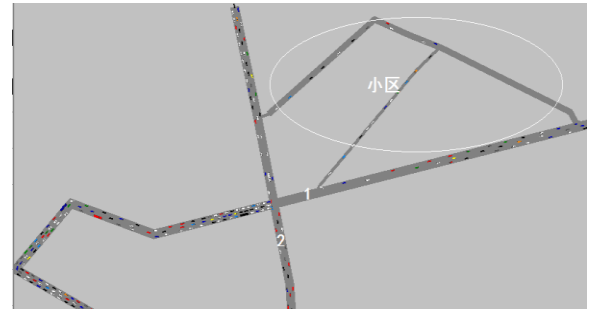


图 8 普通城市小区开放后 vissim 仿真图

收集模拟仿真后产生的数据进行记录并分析，带入公式计算其 F 值，比较商业小区开放前后的道路通行能力，具体数据见表 11。

表 11 普通城市小区开放前后指标变化表

	avg	max	Stop	Delay	Stopd	Stops	Veh	F1	F2	F
道路 1(开放前)	429	510	10133	138.4	24	2.91	2967	387.6528	4803.537	1223.825
道路 1(开放后)	436	510	10039	152.4	27.5	3.34	2851	374.52	4752.081	1204.696
道路 2(开放前)	155	224	4987	51.5	21.8	1.68	2992	466.913	2416.039	797.8319
道路 2(开放后)	109	233	2547	32.2	11.8	0.96	2692	489.6503	1164.57	561.9283

由结果我们看到，当商业小区开放后，道路 1 与道路 2 的交通能力皆有所提升，道路 1 提升并不明显，其原因在普通小区中已进行了说明，而道路 2 的通畅程度相比开放前则有提升较大。对比普通小区，虽然周边车流量大，但是商业小区的结构更为复杂，内部道路也更为宽阔，并且与道路的连接口较多，这些特点使小区的道路产生很好的分流效果，因此使车辆的停车状况以及延搁时间都得到了很大的改善。

C 类型小区：城镇小区

特点：小区结构简单，周边车流量较少（1 号路 23 辆/min；2 号路 32 辆/min），道路结构复杂。

采用 vissim 进行模拟，与城市道路的参数不同，城镇道路中 1 号路与 2 号路车流量

不同，车道数也不同，同时车辆的组成也发生改变，汽车所占比例下降，货车的比例则有所上升，具体参数见表 12。

表 12 城镇小区 Vissim 模拟数据表	
项目	说明
时间段	1h
车流量	1 号路 23 辆/min; 2 号路 32 辆/min
汽车所占比例	92%
货车所占比例	8%
车速	48-58km/h
路宽	3.5m
单向车道数	1 号路 1 单向车道; 2 号路 2 单向车道
1 号路数据采集长度	788.7m
2 号路数据采集长度	658.7m

通过 vissim 模拟原始道路的通行情况（图 9），采集相应的指标数据，之后在原道路的右边开放小区 C（与主车道有 2 个连接点），继续采集小区开放后的数据。该小区自身结构极为简单，面积小，同时周边道路结构为比较复杂，车流量较小，我们将其定义为城镇小区具体见图 9、图 10。



图 9 城镇小区开放前 vissim 仿真图

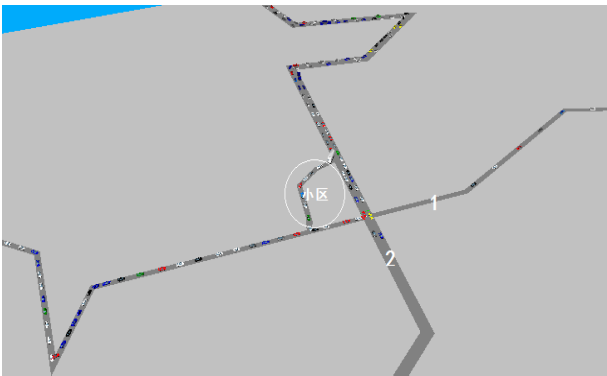


图 10 城镇小区开放后 vissim 仿真图

收集模拟仿真后产生的数据进行记录并分析，带入公式计算其 F 值，比较商业小区开放前后的道路通行能力，具体数据见表 13。

表 13 城镇小区开放前后指标变化表										
	avg	max	Stop	Delay	Stopd	Stops	Veh	F1	F2	F
道路 1（开放前）	419	510	3678	111	23.7	2.69	980	249.4801	1482.573	464.7542
道路 1（开放后）	485	510	9442	382.9	112.8	12.71	408	11.21998	4379.176	886.3339
道路 2（开放前）	383	474	6397	98	22.9	2.4	1990	320.5451	2915.077	799.8655
道路 2（开放后）	399	473	7143	86.4	11.8	1.36	1376	171.5807	3284.842	774.2161

对比城镇小区开放前后可以看到，小区开放只能轻微缓解道路 2 的交通状况，但是却对道路 1 的交通状况产生严重的负面影响。从表可以看出 1 号道的 F 值在小区开放后直接从 464.7542 上升到了 886.3339，道路通行状况与之前相比反而变得更差，而其对 2

号道的有利影响远不及其对 1 号道的负面影响。总的来说，C 类小区即城镇小区的开放反而会对车辆通行造成不良影响。

综上所述，普通小区、商业小区以及城镇小区这三种不同类型的小区对道路通行能力的影响是不同的。其中，商业小区的开放对道路通行能力的提升最为明显，普通小区次之，而城镇小区的开放不仅无法使道路通行能力得到有效的提升，反而还会严重的影响道路的通行能力。

四、对问题四的分析与求解

针对问题四，我们结合问题三中开放小区并不都能有效缓解交通压力的发现，考虑到小区内部结构、地理位置、周边道路情况等元素面向城市规划部门，提出位置选择、充分规划停车场所、合理设计小区出入口等建议；面向交通管理部门，提出控制车流量、限制速度和设置导向系统的建议。

为了疏通道路网络，扩充城市的毛细血管，许多地方开始考虑连接城市封闭型小区内的端头路提高支路的密度从而缓解城市交通压力。然而问题三中我们发现开放城镇小区反而会对车辆通行造成不良影响，所以小区开放需要因地制宜、对症下药，为了使开放小区发挥更大的作用，待开放小区需要满足以下条件：

(1)处于城市繁忙路段，周边交通压力大；

(2)小区内的道路宽度、密度等条件能够承受开放带来的压力。

(一) 针对城市规划部门

问题三中我们发现开放小区并不能缓解所有的交通压力，开放效果与小区和周边道路结构息息相关，我们就开放小区区域选择、停车场规划等方面向城市规划部门提出以下建议：

1.选择地理位置合适的小区

开放小区是否能够有效缓解道路压力与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素息息相关，不能一概而论。利用 VISSIM 仿真模型我们发现：对小区和周边道路结构简单、周边车流量正常的普通小区开放，道路通行状况有所改善；对小区和周边道路结构复杂的商业区小区开放，道路通行状况能得到大大改善，

2.充分规划停车场所

近几年车辆数量迅速增加，原有小区里的停车位已经不能满足需求，小区业主把停车位扩展到小区外，阻碍了周边车辆的顺畅通行，停车难停车乱造成了小区外部环境复杂，周围拥挤堵塞的现状，最根本的原因还是城市规划部门在小区建设前没有充分地规划停车位和停车场。开放小区一经实行，小区内闲置的道路资源被占用，这些道路资源在封闭小区中通常被当作停车场，小区的开放致使小区停车位面积缩小。城市规划部门需要实地调查停车资源并整合填补这些需求，重新设立停车场，推广立体停车场所，利用仿真系统评测其交通影响，建立一个完整科学、统筹协调的停车规划，保证建成后的小区能够满足日常停车需求，从源头上杜绝乱停乱放的现象。

3.合理设计出入口

封闭小区开放后增加了更多的出入口，有小区道路出入口、停车场出入口、小区出入口，保证在安全流畅的前提下，设立新的出入口使得车辆和小区住户能够更加方便地出入，减少城市干路的交通影响，缓解道路压力，避免或减少车辆与人的冲突。小区道路开口位置应恰当,符合车行、人行流动方向。

4.组织小区内道路系统

开放小区后将小区住房的入口暴露在支路上，行人的安全需要放在首位。通过重新组织小区内道路系统，在客流量多的地方采用特殊几何形状的道路限制车速。安装绿化

带将行人与车辆分割开来。

（二）针对交通管理部门

我们就控制车流量、速度限制和导向系统等方面向交通管理部门提出以下建议：

1.控制车流量

在支路上采取限制鸣笛、控制车流量、分时段通行等交通手段对车流量加以控制。

2.限制速度

开放小区之间的支路行人较多，若车速过快、交通组成复杂,容易引发交通事故，交通管理部门可以在支路上采取设置减速带，减速标志牌把车速控制在 30km/h；在支路上设置抓拍监控，既监控了小区住户安全，又维护了车辆通行秩序。形成以慢行交通为主导的交通模式。

3.设置导向系统

完善交通设施条件,在开放街区的道路上加强标志牌导向系统的设置。原封闭小区内道路比较复杂,它是人们出行的起始又是末梢,是机动车驾驶员大意的路段。应在驾驶人员和行人容易看到的地方设置交通导向标志,方便驾驶员准确判读行驶方向。根据需要可照明或采用反光、发光的材质,以便于驾驶员和行人识别。

§6 模型的检验

1.碎石图直观检验

碎石图是根据因子被提取的顺序，画出的因子特征值随因子个数变化的散点图。根据碎石图的形状也可以判断因子分析的适用性。理论上碎石图的形状应该像个山崖，从第一个因子开始，曲线迅速下降，然后下降变得平缓，最后变成为近似一条直线，近似直线上的散点就像山脚下的碎石，所以叫做碎石图。其弯曲的程度越明显，与山崖越相似，越适合进行因子分析，相反，碎石图从开始就近似为一条直线，则说明不适合进行因子分析。

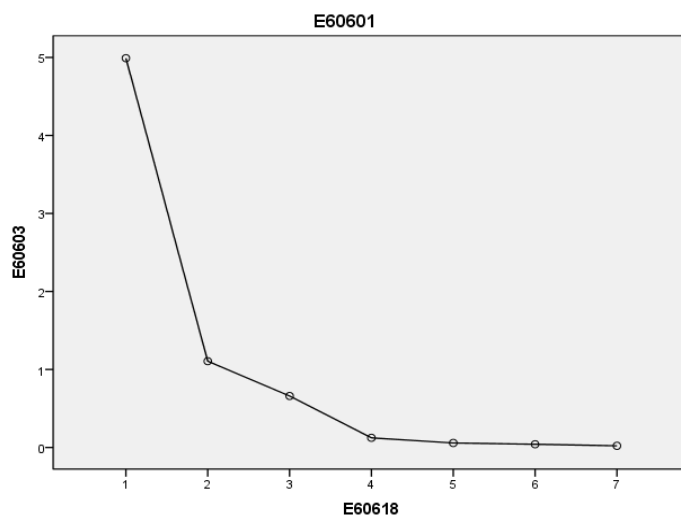


图 11 碎石检验图

可由碎石图得到应提取出两个主成分，其碎石图的弯曲的程度明显，适合进行因子分析。

2. KMO 和巴特利特球度检验结果

(1) KMO。用于检查变量间的偏相关性，取值在 0-1 之间。KMO 值越接近于 1，变量间的偏相关性就越强，因子分析效果就好。KMO 值 0.9 以上极适合做因子分析，0.8 以

上适合做因子分析，0.7 以上尚可，0.6 以上勉强可以，0.5 以上不适合，0.5 以下非常不适合。实际运用中，在 0.7 以上，效果比较好；在 0.5 以下时，不适合应用因子分析。

(2) Bartlett 球形检验。用于判断相关矩阵是否是单位阵，即各变量是否有较强的相关性。 $P<.05$,不服从球形检验，应拒绝各变量独立的假设，即变量间有较强相关； $P>.05$ 时，服从球形检验，各变量相互独立，不能做因子分析。

表 14 KMO 和巴特利特球度检验结果

KMO 和巴特利特检验		
KMO 取样适切性量数		0.852
Bartlett 的球形度检验	上次读取的卡方	169.444
	自由度	21
	显著性	0

由表 14 可知，本题 KMO 取样适切性量数为 0.852，同时 Bartlett 球形检验也通过，拒绝各变量独立的假设，比较适合做因子分析。

§8 误差分析

1.本文采用 VISSIM 仿真软件模拟真实小区开放前后的道路交通情况采集数据进行分析。由于软件模拟与真实情况存在不可避免的差距，所以结果存在系统误差。

2.在研究车辆通行模型时，小区及周边道路情况设置中，我们选用了具有代表性的几类小区，设置的条件参数存在一定限制，在随后的数据采集及分析中可能存在随机误差。

在模型优化方面，可以在后续研究中将软件模型进行调整，使其更加贴合真实道路情况，或者采用实地调查的方式，使原始数据更加真实可靠。

§9 模型的评价与推广

一、模型的优点

1.针对小区开放对周边车辆通行的影响，我们选用车辆平均总延误时间、排队时间等指标对影响进行研究，更为直观。

2.本文建立的模型采用了 VISSIM 系统，模拟了各种交通状况的视频，直观的显示了不同情况下的交通状况。

3.克服了无法采集到准确真实数据的弊端，且运用科学的软件系统得到大量数据，为问题的研究打下了良好的理论以及数据基础。

4.采用的微观模拟仿真系统与因子分析相结合的方法，考虑到了各种路况和小区开放程度的不同，研究全面的同时，将影响因素进行合理归类，对问题进行系统化的全面研究。

二、模型的缺点

1 在仿真系统软件中进行模拟时，不能把路况的每个变量（如天气变化、车流高低峰等）都考虑进去。

2 采集数据时只用了一种方法进行模拟仿真，无法考虑客观事实的随机性，可能导致定量计算结果有误差。

三、模型的推广

1.本文采用的 VISSIM 模型可用于公共交通和城市道路的微观模拟仿真，除了在本

文中应用于小区开放对周边道路交通的影响，还可以用于交通信号、公共站点、车道设置等城市交通和公共交通的研究。

2.本文采用的因子分析模型，将因素归类再进行分析研究问题，不仅可以研究各因素对交通道路影响，还可以研究消费者购买满意度等多因素技术分析问题。

参考文献

- [1]周义仓. 基于视频数据的道路实际通行能力和车辆排队过程分析[J]. 数学建模及其应用,2013,Z2:1-8.
- [2]彭燕. 开放式结构居住小区的发展研究[D].重庆大学,2008.
- [3]李向朋. 城市交通拥堵对策—封闭型小区交通开放研究[D].长沙理工大学,2014.
- [4]商宇航. 城市街区型住区开放性设计研究[D].大连理工大学,2015.
- [5]朱文辉. 城市交通拥堵问题与治理对策研究[D].湖南师范大学,2015.
- [6]王红卫. 城市型居住街区空间布局研究[D].华南理工大学,2012.
- [7]何嘉希. 基于TOD模式的都市生活性支路空间设计研究[D].西南交通大学,2013.
- [8]叶彭姚,陈小鸿. 基于交通效率的都市最佳路网密度研究[J]. 中国公路学报,2008,04:94-98.
- [9]文孟飞. 都市智能交通系统交通流协同优化与诱导关键技术研究[D].中南大学,2013.
- [10]覃明贵. 都市道路交通数据挖掘研究与应用[D].复旦大学,2010.

附录一 第二题原始数据

Time	Avg.	max	Stop	Delay	Stopd	Stops	Veh
180	127	220	239	37	15.5	1.21	115
360	160	219	251	53.2	22.5	1.78	146
540	156	218	242	53.1	23.2	1.78	152
720	155	218	252	52.4	22.2	1.66	154
900	154	218	254	51.1	21	1.69	150
1080	158	218	254	52.5	23	1.72	153
1260	155	218	242	51.5	21.7	1.71	151
1440	158	218	255	52.2	22.7	1.66	149
1620	155	220	247	51	21.7	1.66	150
1800	157	218	239	51.2	21.4	1.68	154
1980	155	221	254	52.8	22.7	1.69	151
2160	158	224	246	51.9	22.8	1.72	148
2340	159	218	253	52.7	22.9	1.77	155
2520	157	217	252	50.8	21.8	1.68	153
2700	159	218	261	52	22.5	1.68	154
2880	159	218	250	51.9	22.3	1.73	154
3060	156	218	259	51.4	21.8	1.71	151
3240	154	220	246	50.9	21	1.71	154
3420	155	222	243	52	21.1	1.64	151
3600	154	218	248	51.5	21.9	1.7	152

附录二 小区开放前后数据

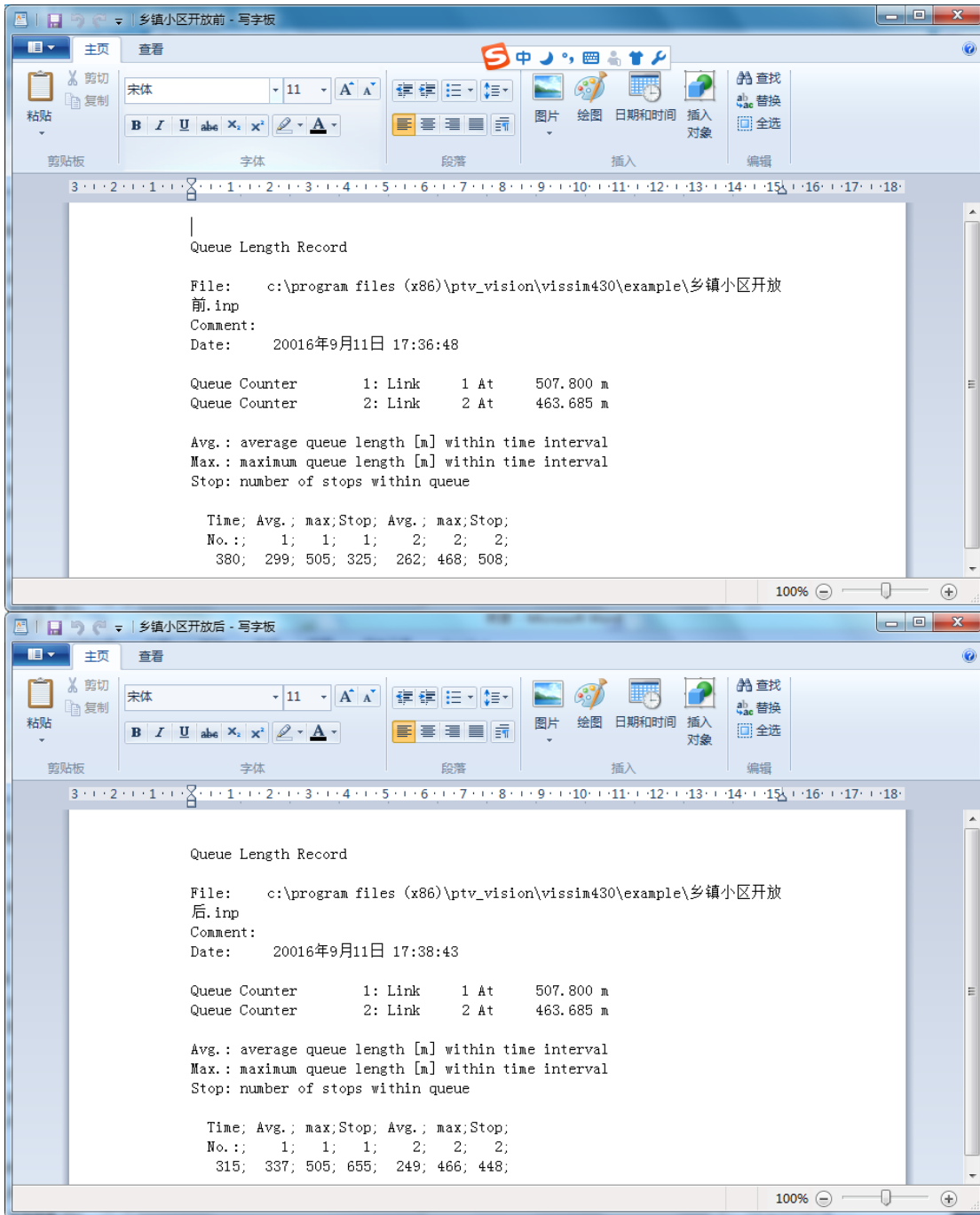
组别	avg	max	Stop	Delay	Stopd	Stops	#Veh	F1	F2	F
A 前1	284	364	7235	82.1	22.7	2.08	2986	436.0207	3447.979	984.2139
A 前2	156	224	4971	51.9	22.2	1.72	2984	466.3956	2407.671	795.8056
A 后1	284	364	7235	82.2	22.7	2.08	2985	435.8513	3447.953	984.095
A 后2	157	220	3226	34.2	11.3	0.97	2697	472.422	1518.833	621.4732
B 前1	429	510	10133	138.4	24	2.91	2967	387.6528	4803.537	1223.825
B 前2	155	224	4987	51.5	21.8	1.68	2992	466.913	2416.039	797.8319
B 后1	436	510	10039	152.4	27.5	3.34	2851	374.52	4752.081	1204.696
B 后2	109	233	2547	32.2	11.8	0.96	2692	489.6503	1164.57	561.9283
C 前1	419	510	3678	111	23.7	2.69	980	249.4801	1482.573	464.7542
C 前2	383	474	6397	98	22.9	2.4	1990	320.5451	2915.077	799.8655
C 后1	485	510	9442	382.9	112.8	12.71	408	11.21998	4379.176	886.3339
C 后2	399	473	7143	86.4	11.8	1.36	1376	171.5807	3284.842	774.2161

FACTOR

附录四 vissim 部分输出文件 (vlz 格式)



附录四 vissim 部分输出文件（stz 格式）



附录五 vissim 部分模拟图像

