

# 小区开放对道路通行的影响

## 摘要

本文主要分析解决小区开放程度对交通影响的问题，涉及到多方面的因素，如小区面积、小区车流量等。目标是通过定量与定性分析得到小区开放对交通有哪些影响，影响程度如何。

针对问题一，本文采用层次分析法，选取了六个影响因素，并对每个因素分别分析，建立了道路饱和度模型、小区出入口拥挤系数等模型，并且通过查阅相关数据，得到其余各因素的评价指标，构建了评价指标体系。由此得到第一个问中两两因素比较的依据，进而构造比较矩阵，本文使用 MATLAB 软件求解出这六项指标的权重分别为 0.3677、0.1357、0.2311、0.1357、0.0803、0.0515。从而能够判断小区开放对路网密度的影响程度最大，对交叉口饱和程度影响较大。

针对问题二，首先建立了最短路径模型，并依据黑龙江省道路信息样本，基于最小二乘法原理，将指数函数变形为一元一次函数，拟合出能综合反映道路信息的实际通行时间函数，建立了最短时间模型。在此基础上，构建了时间的可选择模型，在搜集小区及其周围路段的相关信息（自由行驶时间、实际通行能力、交通量）之后，计算出能够衡量小区开放后道路交通的便利程度的可选择时间系数  $\eta$ ，根据  $\eta$  的取值为是否开放小区提出建议。

针对问题三，本文依据问题二所构建的道路通畅因数模型和最短时间模型，并选取了三个典型的小区，根据所统计的路段相关信息，分别计算出每个案例的畅通因数  $\gamma$  和可选择时间系数  $\eta$ ，由此能够定量比较出不同类型小区开放前后对道路通行的影响，并为小区道路建设提供具体建议。

针对问题四，本文结合前三问所得出的结论，分析了封闭性的一系列缺点，针对噪声防治措施和道路绿化设计两个方面，向城市规划和交通管理部门提出了合理化的建议。

关键词：层次分析方法（AHP） 拥堵程度 最小二乘法 线性拟合 路网密度

## 一、 问题重述

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》，其中第十六条关于推广街区制，即原则上不再建设封闭住宅小区，以及已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放等。

这些意见引来了民众的热议，其热议的焦点之一是：开放的小区是否能够达到优化路网结构，提高道路通行力，改善交通状况等一系列问题。其间民众的一种观点认为封闭式的小区破坏了城市路网结构，相当于阻塞了城市的“毛细血管”，从而会引发交通阻塞，若小区能够开放，路网密度提高，道路面积增加，其通行能力也会随之提升。也有人认为这与小区面积、位置等诸多因素有密切联系，不能一概而论。还有人认为，虽然可通行道路增多了，但相应小区周边主路上进出小区交叉路口的车辆也会增多，也可能影响主路的通行速度。

因此，有以下相应问题需要解决：

1. 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. 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. 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。请选取或构建不同类型的小区，应用已经建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。
4. 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关于小区开放的合理化建议。

## 二、 模型假设

假设（1）没有因交通事故、天气原因等意外状况造成的交通拥堵。

假设（2）高峰期小区周围车道以及小区出入口车道完全利用。

假设（3）所有驾驶员会选择时间较短的路线，不会无端故意绕路行驶。

假设（4）大社区路网密度越大，小社区路网密度越小，开放小区后相当增加了城市可通行的支路数量。

### 三、符号说明

$C_p$	理想道路通行能力	$S$	道路饱和度
$l_0$	车头最小时距	$V$	高峰时段最大服务交通量
$V_i$	第 $i$ 类车道最大服务交通量	$L$	总损失时间
$C_i$	道路实际通行能力	$v$	车辆运行速度
$t'_{内ij}$	小区内部任一路段的实际通行时间	$M$	有关 $v$ 的拥挤系数
$t'_{外ij}$	小区周围任一路段的实际通行时间	$K$	行车密度
$T'_{外}$	小区周围所有路段的实际通行时间之和	$t'$	路段实际状况下的通行时间
$t'_{外ij}$	小区周围任一路段的实际通行时间	$\eta$	可选择时间系数
$L_{1j}$	所有路线集合	$x_1$	驾驶员行驶的起始位置
$\min \Delta x$	最短行驶路径	$x_j$	驾驶员行驶的终止位置
$t_{1j}$	从起始位置到终止位置的行驶时间	$v_0$	从起始位置到终止位置的平均速度
$t'_i$	在第 $i$ 种方案下的实际通行时间	$t_0$	路段的自由行驶时间
$q$	路段上的交通量	$c$	路段的实际通行能力
$T、Q、C$	某一路段详细信息矩阵	$M$	道路畅通因素

### 四、模型建立与求解

#### 4.1 问题一

首先，小区开放是否对周围道路通行产生影响，本文考虑有以下影响因素：分别为小区周围路网密度、小区周围道路直行车道饱和度、小区周围交叉口车道饱和度、高峰期小区出入口车流量、小区内部道路通行程度、行人因素。

本文将这些因素分为两大类：前三点因素归为小区外部指标，后三点因素归

为小区内部指标,这六点因素最终都能够说明小区是否开放对周围道路交通产生的影响。因此,本文选择采用层次分析法来解释说明第一问,将这六个影响因素分别与开放小区和不开放小区建立矩阵,从而求出相应的权重,再进行比较,得出开放小区或是不开放小区哪个对于周边道路的影响程度更大。

#### 4.1.1 小区周围路网密度

小区周围路网密度:路网密度是指城市范围内由不同功能、等级、区位的道路,以一定的密度和适当的形式组成的网络体系结构,路网密度等于某一计算区域内所有的道路的总长度与区域总面积之比,单位为千米/平方千米。小区开放后,可容机动车通行的道路总长度增加,路网密度增加,车辆疏散能力增加,可较好的缓解城市用地紧张的局面。

假设大社区路网密度越大,小社区路网密度越小,开放小区后相当增加了城市可通行的支路数量。下表为《城市道路交通规划设计规范》查到的大、中、小型社区周围道路的路网密度数值。

【表一】 社区内部道路密度网假设

项目		主干路	次干路	支路
道路 网密度 ( $km/km^2$ )	大型社区	3~4	4~5	4~6
	中型社区	1.0~1.2	1.2~1.4	3~4
	小型社区	0.8~1.2	1.2~1.4	3~4

开放小区后,相当于增加了道路支路,由上表,可以得,到开放小区后路网密度增加倍数=道路支路(路网密度)/主干路(路网密度)=3.3~6,可以说明开放小区后对小区以及小区周围路网密度的影响程度。

#### 4.1.2 小区周围直行道路饱和度

小区周围道路饱和度<sup>[2]</sup>:

理论道路通行能力  $C_p$ 指的是道路与交通处于理想情况下,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计算方式如下:

$$C_p = 3600/l_0$$

$C_p$ ——理想道路通行能力

$l_0$ ——车头最短时距

在实际情况下，道路通行能力会受到行人、多车道变道等等因素影响，因此实际的道路通行能力的公式表示为：

$$C_i = \alpha_c \times \alpha_m \times C_p$$

$\alpha_c$ ——道路分类系数

【表二】 分类系数 $\alpha_c$

道路分类	主干路	次干路	支路
分类系数 $\alpha_c$	0.8	0.85	0.9

$\alpha_m$ ——多车道的折减系数

不同车道的折减系数 $\alpha_m$ 如下表：

【表三】 折减系数 $\alpha_m$

单向车道数	一车道	二车道	三车道	四车道
折减系数 $\alpha_m$	1.0	1.85	2.64	3.25

道路饱和度是反应道路服务水平的重要指标之一，其计算方式如下：

$$S = V / C_i$$

S——道路饱和度

V——高峰时段最大服务交通量

$C_i$ ——实际道路通行能力

#### 4. 1. 3 小区周围交叉口车道饱和度

小区周围交叉口车道饱和度：

计算小区周围交叉口车道饱和度时，由设计交通量和通行能力，只需要在直行车道计算饱和度的基础上分别计算交叉口各车道组饱和度即可，其计算方法如下：

$$S_i = V_i / C_i$$

式中：

$S_i$ ——第i类车道组饱和

$V_i$ ——第i类车道组最大服务车流量（pcu/h）

$C_i$ ——第i类车道组道路通行能力（pcu/h）

信号交叉口整体饱和度计算方法如下：

$$S_c = \sum_i (V/S)_{ci} \times [C/(C-L)]$$

式中：

$C$  ——周期时长(s)

$(V/S)_{ci}$  ——第  $i$  相位关键流向的流量与饱和流量之比

$L$  ——总损失时间 (s)

$S_c$ 反映了信号交叉口整体的饱和程度

若该比率超过了 1.00，则说明有一个或多个车道组过饱和，交叉口空间优化设计方案不符合规划要求；具体我国则一般根据饱和度值将道路拥挤程度、服务水平分为如下四级：

【表四】  $V/C$

	一级服务水平	二级服务水平	三级服务水平	四级服务水平
表现状况	道路交通顺畅，服务水平好	道路稍有拥堵，服务水平较高	道路拥堵，服务水平较差	道路严重拥堵，服务水平极差
$V/C$	0~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0	>1.0

根据饱和度计算：

【表五】<sup>[1]</sup>

路段及路口名称	调查流量 (pcu/h)	理论通行能力 (pcu/h)	饱和度和	服务等级
建设三路与和平大道交叉路口	3500	4800	0.7292	C
建设四路与和平大道交叉路口	3100	4800	0.6458	C
本溪路	410	800	0.5125	B
旅大路	170	600	0.2833	A
建设三路	600	1600	0.3750	B
建设四路	780	1600	0.4875	B
和平大道	2300	4200	0.5476	B

根据计算出的饱和度的不同可以说明开放小区对交叉路口的影响强于直行道路的影响。

#### 4.1.4 高峰期小区出入口拥挤程度

小区开放前在早晚上下班高峰期由于居民上下班产生的车辆从小区有限的出入口涌入到小区周围的道路中，对小区周围道路行车产生了交通压力，而开放小区后，可选择的路径增多，在相同时间、相同面积内可承载的车辆最高限度提高。

断道路的拥挤度，需考察行驶速度等 2 个交通指标与拥挤度系数之间的关系，参考各大中城市快速路的各种交通状况，通过检测器从路网上搜集到的数据由专家经验法得到各因子在一系列不同取值下的拥挤度系数运用最小二乘法建立统计模型即拥挤度系数与各交通指标的函数关系。

若  $v$  为车辆运行速度，有关  $v$  的拥挤系数  $M$  为：

$$M = \begin{cases} -0.0136v + 1.0 & v \leq 37\text{km/h} \\ 2.7384\exp(-0.0415 \times v) - 0.099 & v > 37\text{km/h} \end{cases}$$

若  $K$  为行车密度，有关  $K$  的拥挤系数  $M$  为：

$$M = \begin{cases} 0.15\exp(0.0322 \times K) - 0.15 & K \leq 45.5\text{vch}/(\text{km} \cdot \text{lanc}) \\ 0.0111K - 0.0152 & K > 45.5\text{vch}/(\text{km} \cdot \text{lanc}) \end{cases}$$

#### 4.1.5 行人因素

开放小区后，小区原先住户出行的安全问题是需要考虑的不利因素，行人对于道路通行能力来说存在一个折减因数，道路通行能力越大行人设计的通行能力和折减系数如下表：

【表六】

道路通行能力（pcu/h）	1400	1200	1000
小区行人数量（人）	678	526	455
行人的折减因数	0.75	0.8	0.85

#### 4.1.6 环境污染

小区开放后小区内部车辆数目增加，会造成一系列的噪声污染、尾气污染问题等等，这些均属于开放小区需要考虑的不利因素，会对于小区住户生活条件产生负面影响。

【表七】

	小区开放前	小区开放后
声音指标（分贝）	40~60	90
空气质量指数(AQI)	35	64

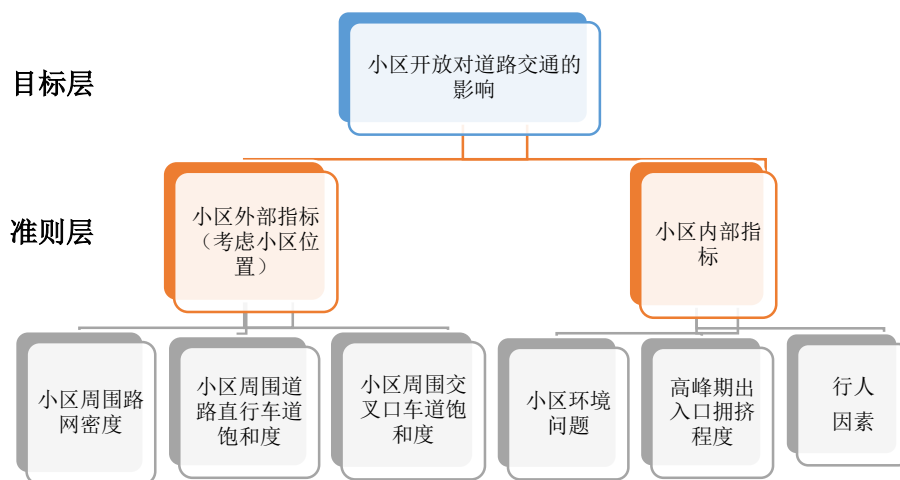
模型最终建立：

层次分析法（The Analytic Hierarchy Process, AHP）：

层次分析法是一种无结构的多准则决策方法。该方法在目标结构复杂且缺乏必要数据的情况下尤为实用。目前在解释小区开放对外部交通的影响时，分为小区外部因素影响和小区内部因素影响，小区外部因素考虑了周围路网密度、周围道路直行车道饱和度以及周围交叉口车道饱和度三个因素，小区内部因素考虑了高峰期车辆出入口流量、小区内部结构（包含小区面积、小区内部道路宽度、小区内部道路复杂程度）、行人因素、噪声污染这四个因素。由于在考虑这些定性和定量因素之间没有统一的度量尺度，也未考虑定性、定量因素间的相对重要性，因此也难以判断，而应用层次分析法能较好地弥补这些不足。

设现在要比较  $n$  个因子对某因素  $Z$  的影响大小，在层次分析法中 Saaty 等人提出将复杂的选择问题，分解成各组成要素，将这些要素按支配关系分组形成递阶层次结构，通过两两比较的方式，即每次取两个因子和，以表示和对  $Z$  的影响大小之比，全部比较结果用矩阵，称  $A$  为  $Z-X$  之间的成对比较判断矩阵（简称判断矩阵）。确定层次中各要素的相对重要性，然后综合决策者的判断，确定决策方案相对重要性的总的排序，从而做出选择和判断。

将“小区开放对道路交通的影响”作为目标层，把要考虑的各项因素作为准则层，建立递阶层次结构图，如图 1 所示：



【图一】



在其他条件一定的情况下，小区周围路网密度、小区周围直行道路饱和度、小区周围交叉口车道饱和度、环境污染、高峰期小区出入口拥挤程度、行人因素，运用两两比较法，构造比较矩阵 A：

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/4 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 1/2 & 1/3 \\ 4 & 2 & 3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 5 & 3 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

根据比较矩阵，用方根法算得权向量 W 为：

$$W = (0.3667, 0.1357, 0.2311, 0.1357, 0.0803, 0.0515)^T$$

一致性检验：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} = 6.0732$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = 0.01464$$

$$RI \text{查表得: } n = 6 \text{ 时, } RI = 1.24$$

$$CR = CI / RI = 0.0116 \ll 0.1$$

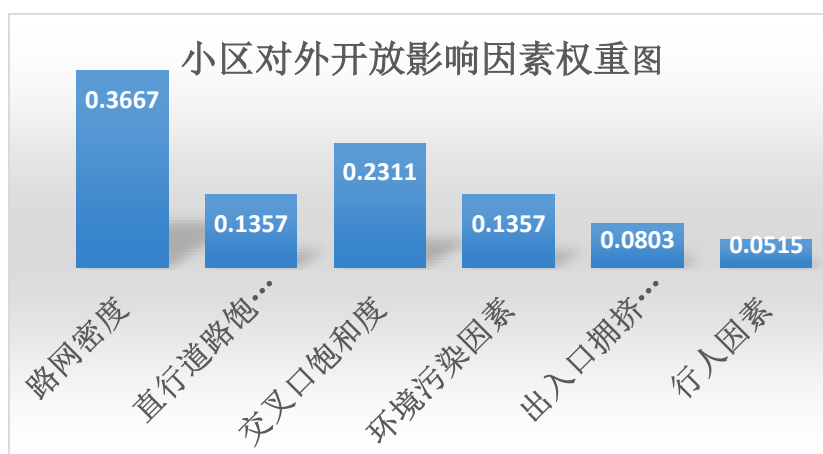
所以，比较矩阵的一致性可以接受，即求得的权重系数可以使用。

【表八】 随机一致性指标RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

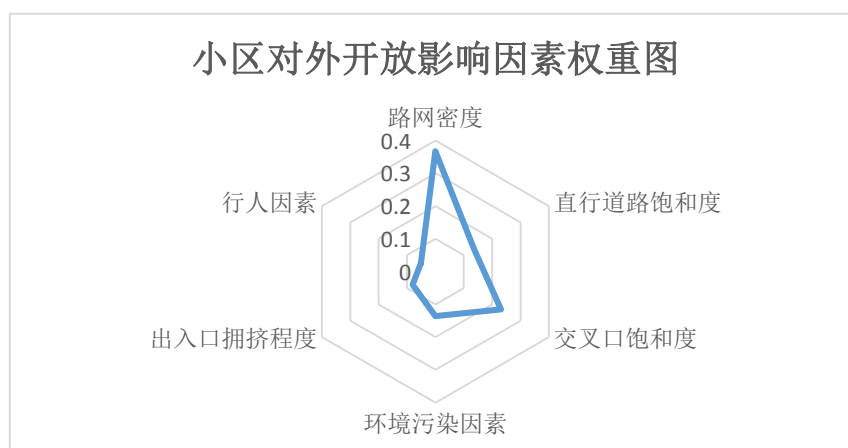
## 结果分析

根据 MATLAB 计算得出各因素对小区开放的影响所占的权重，得到结论，各影响因素重要性：路网密度>交叉口车道饱和度>直行车道路饱和度=环境污染因素>高峰期小区出入口拥挤程度>行人因素，如图二所示，



【图二】

即对于开放小区的有利因素来讲，路网密度的影响比重最大，对于开放小区的不利因素来讲，小区环境问题也很严重不能忽略。因此在考虑是否要开放小区时，虽然开放小区会缓解周围道路交通压力，但是也要尽量满足居民对居住环境的要求，以及保证居民出行的安全问题。

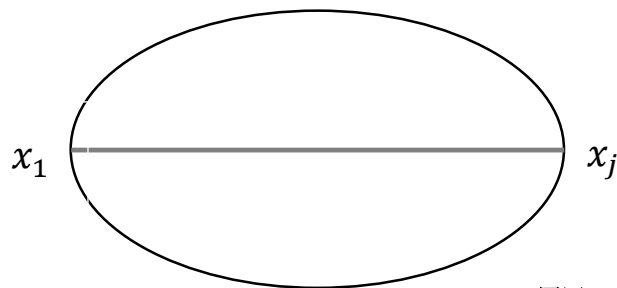


【图三】

## 4.2 问题二

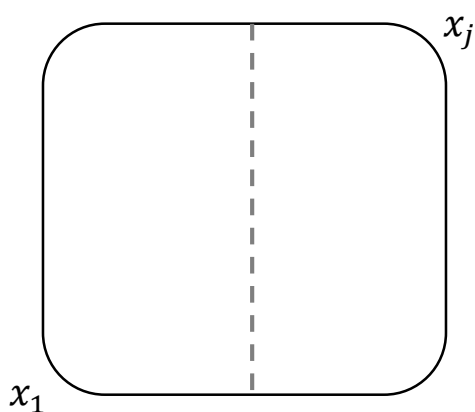
### 4.2.1 最短路径模型

我们寻找到所有从起点  $x_1$  到终点  $x_j$  的路径，可以记为集合  $L_{ij}$ ，令  $\Delta x \in L_{ij}$ ，则  $\min \Delta x$  为从起点  $x_1$  到终点  $x_j$  的最短路径（如图四）。

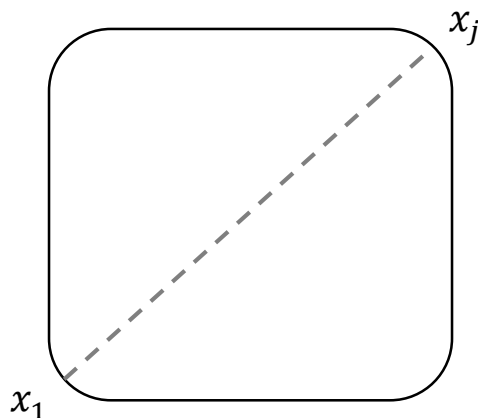


【图四】

对于最短路径模型，我们可以用它来比较例如图五和图六的路线状况，在图五和图六中，实线表示小区外围的道路状况，虚线表示小区开放后其内部的路线状况（如图五 图六）。通过两者的比较，我们发现倘若开放小区，在图五所示的状况下，驾驶员从起点  $x_1$  出发到终点  $x_j$  会选择直接到达的虚线，记为  $\min \Delta x_2$ ，而在图六中，驾驶员无论选择什么方案，其到达终点所走的最短路线都是这个矩形的半周长，记为  $\min \Delta x_3$ 。通过两者的比较，可以明显看出  $\min \Delta x_2 > \min \Delta x_3$ 。我们就可以得出图五所示的方案较为合理。

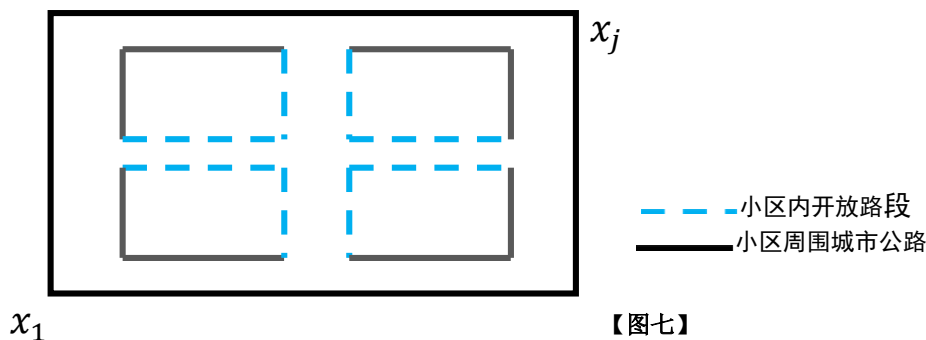


【图五】

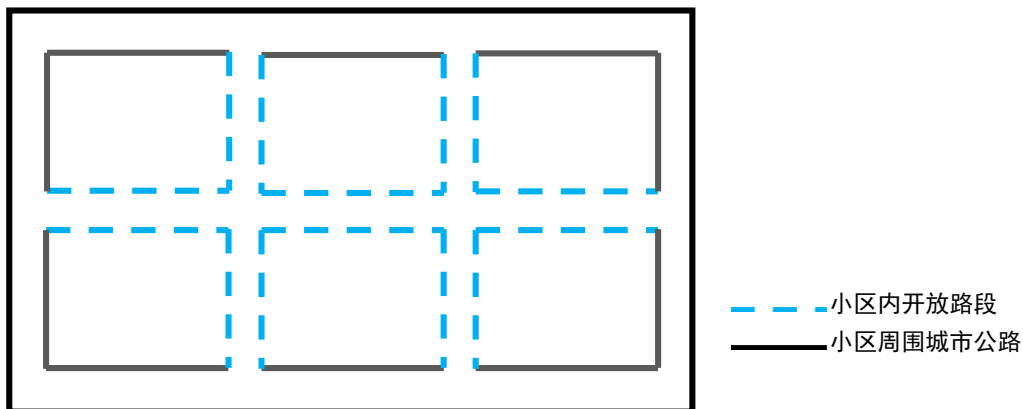


【图六】

然而最短路径模型局限性太强，对于例如图七、图八的比较， $\min \Delta x_4 = \min \Delta x_5$ ，使用最短路径模型得出的结论是两者的方案效果相同，可是图五的方案可以使得驾驶员有更多的选择，更能缓解小区周围的交通压力。结合国内小区的特点，最短路径模型不能很好的解决这样的问题。



【图七】



【图八】

#### 4.2.2 最短时间模型

对于从起点  $x_i$  到终点  $x_j$  的最佳行驶方案，驾驶员更多的选择是最短时间路线。一般认为，从起点  $x_i$  到终点  $x_j$  的时间  $t_{ij} = \frac{x_{ij}}{v_0}$ ，但在现实状况下，汽车的行驶时间还要受实际的车流量、非机动车的数量、行人等状况的影响。在这里，我们引用一个较为合理的时间概念——实际状况下的通行时间  $t'$ 。通过实际研究发现，道路在实际状况下的通行时间与该路段的自由行驶时间  $t_0$ 、该路段的交通量  $q$  和该路段的实际通行能力  $c$  有关。其中实际状况下的通行时间  $t'$  与自由行驶时间  $t_0$  和该路段的交通量  $q$  成正相关，与该路段的实际通行能力  $c$  成负相关。由此我们引用美国联邦公路局提供的 PBR 函数：

$$t' = t_0 \left[ 1 + \alpha \left( \frac{q}{c} \right)^\beta \right]$$

其中， $t'$  为实际状况下的通行时间， $t_0$  为路段自由行驶时间， $q$  为路段上的交通量，单位  $pcu/h$ ， $c$  为路段的实际通行能力，单位  $pcu/h$ ， $\alpha\beta$  为模型待定参数。

根据所查资料，我们总结了黑龙江省以下 48 个路段的详细信息，包括该路段的实际状况下的平均通行时间、该路段的交通量、该路段的平均自由行驶时间以及该路段的实际通行能力，如表九所示。

【表九】

路段编号 路段名称	1	2	3	4	5	6
q	1003.30	1004.42	1009.70	1022.57	1025.58	1053.43
c	1000.65	1014.54	1015.84	1025.67	1036.85	1037.35

$t_0$	51.3	52.4	52.7	53.36	53.41	55.87
t	77.22	77.59	77.68	78.25	79.34	80.94
	7	8	9	10	11	12
q	1054.61	1071.14	1077.73	1082.14	1090.23	1094.13
c	1041.80	1045.29	1059.83	1065.32	1068.09	1072.07
$t_0$	57.7	57.9	58.2	58.6	58.7	59.0
t	86.9	89.6	89.6	90.5	93.2	93.5
	13	14	15	16	17	18
q	1120.32	1129.71	1129	1140.19	1151.37	1162.09
c	1081.47	1091.22	1111.11	1130.49	1138.31	1152.44
$t_0$	59.2	61.7	62.9	64.1	64.3	64.5
t	96.9	96.9	97.0	99.5	99.6	100.6
	19	20	21	22	23	24
q	1178.69	1190.18	1198.28	1251.18	1262.78	1270.63
c	1159.68	1188.70	1211.28	1233.21	1250.93	1251.86
$t_0$	65.9	66.3	67.3	68.0	68.8	69.2
t	101.5	102.3	102.6	103.8	103.8	104.0
	25	26	27	28	29	30
q	1283.86	1286.20	1288.37	1288.79	1290.00	1298.65
c	1283.12	1313.75	1317.96	1319.06	1347.27	1362.46
$t_0$	70.8	71.2	72.5	72.9	72.9	73.0
t	107.2	111.4	113.9	114.9	120.0	120.2
	31	32	33	34	35	36
q	1304.44	1318.00	1329.58	1335.79	1350.49	1358.01
c	1366.23	1370.21	1379.12	1384.77	1392.48	1393.49
$t_0$	75.5	76.9	78.7	81.3	81.8	82.9
t	120.4	130.9	131.8	131.9	135.5	136.2
	37	38	39	40	41	42
q	1359.83	1365.97	1366.07	1393.77	1394.05	1434.80
c	1394.92	1396.84	1404.24	1408.83	1410.79	1443.29
$t_0$	83.0	87.3	87.3	89.5	90.1	90.3
t	136.4	140.2	141.1	141.9	143.1	145.9
	43	44	45	46	47	48
q	1452.40	1454.97	1465.29	466.09	1484.71	1485.26
c	1460.53	1471.26	1471.86	1480.59	1485.14	1490.63
$t_0$	90.8	92.0	92.3	95.2	96.8	97.2
t	150.6	152.3	152.3	152.5	163.3	180.4

q — 目前交通量                      c — 实际通行能力  
 $t_0$  自由行驶时间                      t — 实际通行时间

由于在不同国家不同地区的道路通行情况不同，所要取得 $\alpha$ 和 $\beta$ 的值也不相同，我们对 PBR 函数进行合理变形，得到式子如下：

$$\frac{t'}{t_0} - 1 = \alpha \left( \frac{q}{c} \right)^\beta$$

对其两方取对数，进行适当整理，可以得出一个一元一次函数，如所示：

$$\ln \left( \frac{t'}{t} - 1 \right) = \ln \alpha + \beta \ln \left( \frac{q}{c} \right)$$

$$y = ax + b$$

在第 $i$ 个路段中，对式 $y = ax + b$ 进行说明如下：

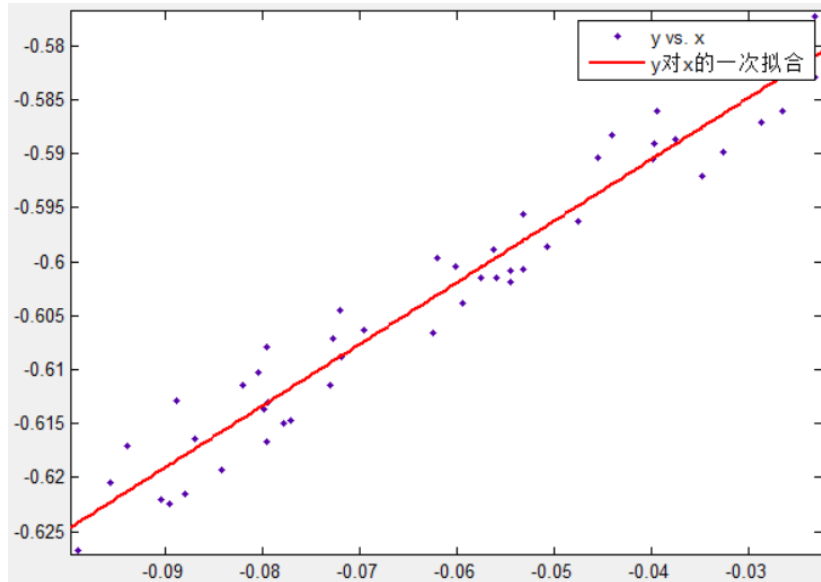
$$y_i = \ln \left( \frac{t'_i}{t_i} - 1 \right)$$

$$x_i = \ln \left( \frac{q_i}{c_i} \right)$$

$$a = \beta$$

$$b = \ln \alpha$$

对所选的路段的通行情况信息进行整合，计算出第 $i$ 个路段的 $x_i$ 、 $y_i$ ，再通过 matlab 进行拟合，利用最小二乘法，可以得到如下的一次拟合曲线（如图九）。



【图九】

解得：

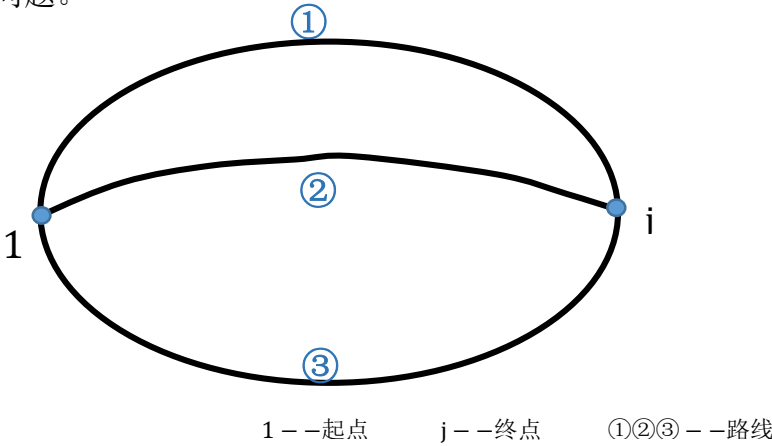
$$\hat{y} = 1.443\hat{x} - 0.5677$$

故 $\beta = 1.443$ ， $\alpha = e^{-0.5677} = 0.5668$ 。

综上，解得在黑龙江省境内路段的 PBR 函数为：

$$t' = t_0 \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q}{c} \right)^{1.443} \right]$$

由时间函数 PBR 函数可知，只要给出一个路段的一组状态：自由行驶时间  $t_0$ 、路段上的交通量  $q$  和实际通行能力  $c$ ，即  $(t_0, q, c)$ ，就可以计算出实际状况下的通行时间  $t'$ ，在比较不同路段的通行时间  $t'_i$ ，找出  $\min\{s'_i\}, i = \{1, 2, 3, \dots, j\}$ ，从而解决时间问题。



【图十】

如图十所示，有①、②、③三种路线，现通过调查，得出三条曲线的三组状态  $(t_{0i}, q_i, c_i) i = 1, 2, 3$ ，如表十所示。

【表十】

路段编号	①	②	③
路段状态			
自由行驶时间	87	71	92
路段通行量	1370	1271	1435
实际通行能力	1405	1252	1443

将上表的数据带入上式，通过计算可得  $t'_1 = 134.5$ ， $t'_2 = 110.4$ ， $t'_3 = 143.7$ 。通过比较第①、②、③的实际状况下的通行时间，可得出  $t'_2 < t'_1 < t'_3$ ，因此选择第三条路径为最快方案。

#### 4. 2. 3 时间的可选择模型

模型（1）有利于比较方案较为简易的小区选择问题，模型（2）有利于比较在路况较为复杂的状况下的小区选择问题。但对于线路烦乱，交通状况较为复杂的小区决定是否开放的问题，模型（1）和模型（2）都不便于解决。我们模型（1）、

(2) 的基础上在引入时间的可选择模型来解决较复杂的可选择模型。

首先，我们搜集、统计小区周围及小区内部所有路段（第  $i$  处到第  $j$  处）的详细信息，包括路段自由行驶时间  $t_{0ij}$ 、路段上的交通量  $q_{ij}$ 、路段的实际通行能力  $c_{ij}$ ，记为  $(t_{0ij}, q_{ij}, c_{ij})$ ，由此建立三个矩阵，分别为矩阵  $T$ 、矩阵  $Q$ 、矩阵  $C$ 。同时，我们规定，当第  $i$  处和第  $j$  处不直接向连时， $t_{0ij}$ 、 $q_{ij}$ 、 $c_{ij}$  均记为无穷 ( $\inf$ )；当  $i = j$  时， $t_{0ij}$ 、 $q_{ij}$ 、 $c_{ij}$  均记为 0，具体如下所示：

$$\begin{vmatrix} t_{011} & t_{012} & \cdots & t_{01j} & \cdots & t_{01z} \\ t_{021} & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ t_{0ij} & \cdots & \cdots & t_{0ij} & \cdots & t_{0iz} \\ \vdots & & & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{0z1} & \cdots & \cdots & t_{0zj} & \cdots & t_{0zz} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1j} & \cdots & c_{1z} \\ c_{21} & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ c_{i1} & \cdots & \cdots & c_{ij} & \cdots & c_{iz} \\ \vdots & & & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{z1} & \cdots & \cdots & c_{zj} & \cdots & c_{zz} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1j} & \cdots & q_{1z} \\ q_{21} & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ q_{i1} & \cdots & \cdots & q_{ij} & \cdots & q_{iz} \\ \vdots & & & \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{z1} & \cdots & \cdots & q_{zj} & \cdots & q_{zz} \end{vmatrix}$$

然后利用最短时间模型的公式 (10) 计算出每个路段的实际通行时间  $t'_{ij}$ ，

即：

$$t'_{ij} = t_{0ij} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{ij}}{c_{ij}} \right)^{1.443} \right]$$

因此建立每个路段的实际通行时间  $t'_{ij}$  的矩阵，记作矩阵  $T'$ ：

即为：

$$\begin{vmatrix} t'_{11} & t'_{12} & \cdots & t'_{1j} & \cdots & t'_{1z} \\ t'_{21} & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots \\ t'_{ij} & \cdots & \cdots & t'_{ij} & \cdots & t'_{iz} \\ \vdots & & & \vdots & \ddots & \vdots \\ t'_{z1} & \cdots & \cdots & t'_{zj} & \cdots & t'_{zz} \end{vmatrix}$$

其中使用数学软件：

$$T' = T .* (\text{ones}(i, j) + 0.5668 * (Q ./ C).^1.443)$$

接下来，分别计算小区周围所有路段的实际通行时间和小区内部所有路段的实际通行时间，并分别进行累和，

即：

$$T'_{\text{外}} = \sum t'_{\text{外}ij}$$

$$T'_{\text{内}} = \sum t'_{\text{内}ij}$$



最后，设立一个可选择时间系数 $\eta$ ，用来衡量小区开放后能够提升道路交通的利用程度，

令 
$$\eta = \frac{T'_{\text{开放小区后}}}{T'_{\text{开放小区前}}} = \frac{T'_{\text{内}} + T'_{\text{外}}}{T'_{\text{外}}}$$

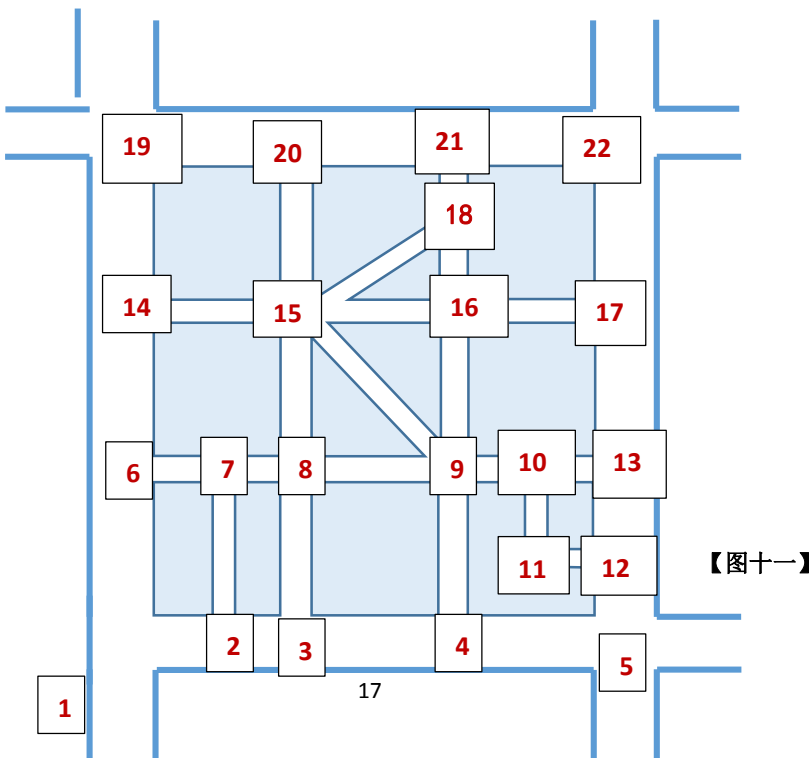
其中，在正常情况下， $\eta > 1$ ； $\eta$ 的取值越大，表示小区开放后的交通便利程度越强， $\eta$ 的取值越接近 1，小区开放之后对交通便利的贡献程度越小。考虑到开放小区道路交通后，对于小区住户生活条件有负面影响，道路的损坏程度也会大幅度增加，因此，如果某小区的可选择时间系数 $\eta$ 的取值如果较小，则开放小区道路的消极影响大于积极影响，我们就不建议对外开放小区的道路；如果可选择时间系数 $\eta$ 的取值足够大，反映出该小区的道路交通资源丰富，开放小区能够有力分担小区周围道路的通行压力，其积极作用远大于所产生的负面影响，我们可以考虑对外开放小区的道路，以缓解小区周围的交通压力。在这里，我们可以根据可选择时间系数 $\eta$ 的取值来建议是否开放小区道路，建议如下：

$$\begin{cases} \eta > 2.20 & \text{建议考虑开放小区道路} \\ \eta \leq 2.20 & \text{不建议开放小区道路} \end{cases}$$

当然，小区的开放与否还要征求当地居民的想法，综合考虑各种因素再做决策。

鉴于时间的可选择模型较为复杂，这里我们给出实例来阐述模型。

现有一个普通城市小区，其周围及内部的道路分布情况如图十一所示为了便于阐述，我们在道路每个交叉口和拐角处依次进行了编号（见表十一）。



为了便于阐述，我们在道路每个交叉口和拐角处依次进行了编号（见表十一）。

小区周围路段	1-2	2-3	3-4	4-5	5-12	12-13	13-17
路段交通量 q	1492	1441	1339	1421	1307	1288	1104
通行能力 c	1400	1400	1400	1400	1200	1200	1200
自由行驶时间 $t_0$	7.3	6	14.5	14.5	5.4	6	10.8
	17-22	1-6	6-14	14-19	19-20	20-21	21-22
路段交通量 q	1221	1354	1324	1378	1322	1291	1304
通行能力 c	1200	1350	1350	1350	1300	1300	1300
自由行驶时间 $t_0$	12.1	10.4	12.7	11.3	13.5	14.7	15

小区内路段	2-7	3-8	4-9	11-10	11-12	6-7	7-8	8-9	9-10	10-13
路段交通量 q	304	324	330	225	200	330	320	251	292	320
通行能力 c	350	400	400	250	250	500	500	500	500	500
自由行驶时间 $t_0$	12.6	12.8	12.5	7.1	8.2	9.3	7.8	15.9	8.1	8.6
	8-15	9-15	9-16	14-15	15-16	16-17	15-20	15-18	16-18	18-21
路段交通量 q	240	207	230	340	245	334	335	214	207	331
通行能力 c	400	350	400	500	450	500	400	300	400	400
自由行驶时间 $t_0$	13.2	17.1	12.1	14.9	16	17.6	13.6	18	7.2	6.6

【表十一】

依次计算  $t'_{内ij}$ ， $t'_{外ij}$ ，并分别累和（详细过程见附录），得：

$$t'_{内ij} = t_{0内ij} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{内ij}}{c_{内ij}} \right)^{1.443} \right]$$

$$t'_{外ij} = t_{0外ij} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{外ij}}{c_{外ij}} \right)^{1.443} \right]$$

$$T'_{内} = \sum t'_{内ij} = 317.85s$$

$$T'_{外} = \sum t'_{外ij} = 243.67s$$

$$\eta = \frac{T'_{开放小区后}}{T'_{开放小区前}} = \frac{T'_{内} + T'_{外}}{T'_{外}} = \frac{317.85s + 243.67s}{243.67s} = 2.304 > 2.20$$

因此，通过计算可选择时间系数  $\eta$  并与 2.20 进行比较，发现其可选择时间系数大于 2.20 的标准，我们建议可以考虑开放小区的道路。但是，决策者必须考虑征求小区居民的意见，并且要求行驶进小区的车辆不准鸣笛，减速慢行，夜晚禁止在小区内通行，尽量维护好小区内住户的生活环境。

4.3 问题三

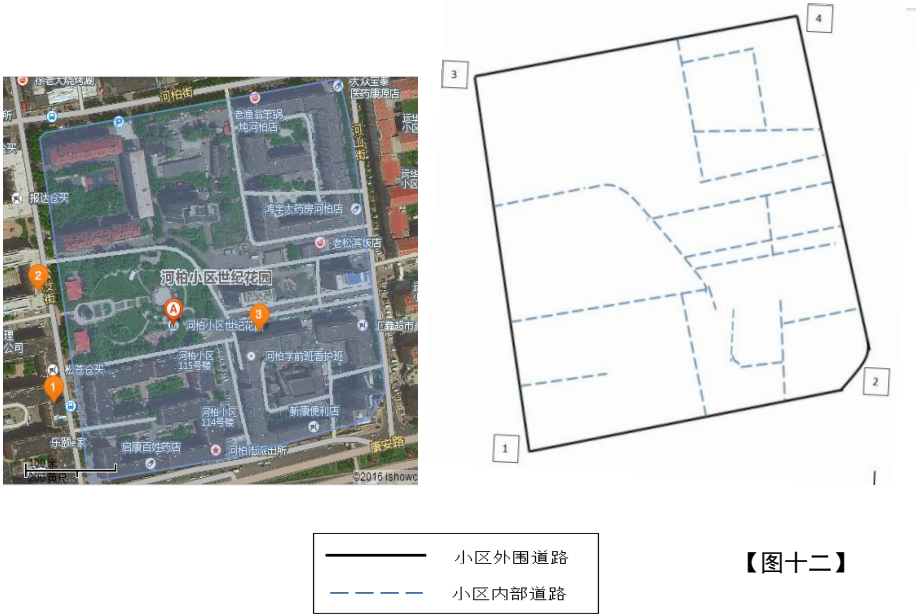
对于问题三，根据所查询信息，对小区进行分类，然后适当选择小区，进行信息整理，利用问题一、问题二所构建的模型，通过小区开放前后时间指标、道路拥堵程度对比来进行实际比较小区开放前后对道路通行的影响。来进行实际应用。下表为《公路工程技术标准》中公路等级分类标准，通过不同案例中外围路段的道路通行交通量来判断小区外围公路归属于哪一等级。

公路等级	设计速度	道路交通量		V/C比
二级公路	60	9.0m	2500	0.64
	40	7.0m	1400	0.48
	30		1300	0.42
三级公路	30	7.0m	1300	0.54
	25	6.5m	1200	0.35
四级公路	20	<6.0m	<1200	<0.35

【表十二】

4.3.1 案例一：河柏小区世纪花园——外围二级公路

河柏小区世纪花园位于黑龙江省哈尔滨市道里区，是一个典型的位于城市繁华地带的居住场所，其地图如图一所示，其中阴影部分为小区内部结构。其简图如图十二所示，集中黑色实现表示其周围公路，蓝色虚线表示其内部可开放的道路。



【图十二】

现有一驾驶员从 1 处出发前往 4 处，若小区内部道路不对外开放，他可行驶的路段情况统计如下：

【表十三】 河柏小区世纪花园外围路段信息

小区外围路段 $i$	1-2	1-3	2-4	3-4
交通量 $q$	1582	1662	1621	1654
实际通行能力 $c$	1600	1750	1550	1750
自由行驶时间 $t$	42.3	56.0	54.3	40.9

如若小区内部道路对外开放，经统计，其内部共有 16 条路段（由于道路状况较为复杂，这里不便一一确定位置），其具体路况信息如下：

【表十四】 河柏小区世纪花园内部路段信息

小区内路段 $i$	1	2	3	4	5	6	7	8
交通量 $q$	486	392	425	453	401	589	523	469
实际通行能力 $c$	500	400	400	450	400	600	500	450
自由行驶时间 $t$	32.3	28.6	35.2	35.1	34.1	18.0	35.3	25.7

小区内路段 $i$	9	10	11	12	13	14	15	16
交通量 $q$	656	588	456	402	499	560	472	602
实际通行能力 $c$	700	600	450	400	500	550	450	600
自由行驶时间 $t$	18.5	21.6	19.2	32.0	34.3	26.9	35.4	18.8

（1）利用时间的可选择模型，计算出：

$$t'_{\text{外}i} = t_{0\text{外}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{外}i}}{c_{\text{外}i}} \right)^{1.443} \right]$$

$$t'_{\text{内}i} = t_{0\text{内}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{内}i}}{c_{\text{内}i}} \right)^{1.443} \right]$$

程序计算（见附录）结果如下：

$$\begin{aligned} \text{sum5} &= 300.7525 \\ \text{sum6} &= 710.3589 \end{aligned}$$

解得：

$$\eta = 3.3619 > 2.20 \quad \text{式【4-1】}$$

(2) 根据道路拥堵模型计算：

以车辆运行速度  $v$  为交通指标来计算有关  $v$  的拥挤系数  $M$  为：

$$M = \begin{cases} -0.0136v + 1.0 & v \leq 37\text{km/h} \\ 2.7384\exp(-0.0415 \times v) - 0.099 & v > 37\text{km/h} \end{cases}$$

规定封闭小区中车辆行驶速度不能太快，不能超过  $10\text{km/h}$ ，因此计算出的道路拥挤系数  $M = 0.864$

开放小区后车辆行驶速度可以达到周围二级公路的标准，道路平均交通量为 1630 辆，因此车辆行驶速度  $v$  能达到  $40\text{km/h}$ ，计算道路拥挤系数  $M' = 0.422$

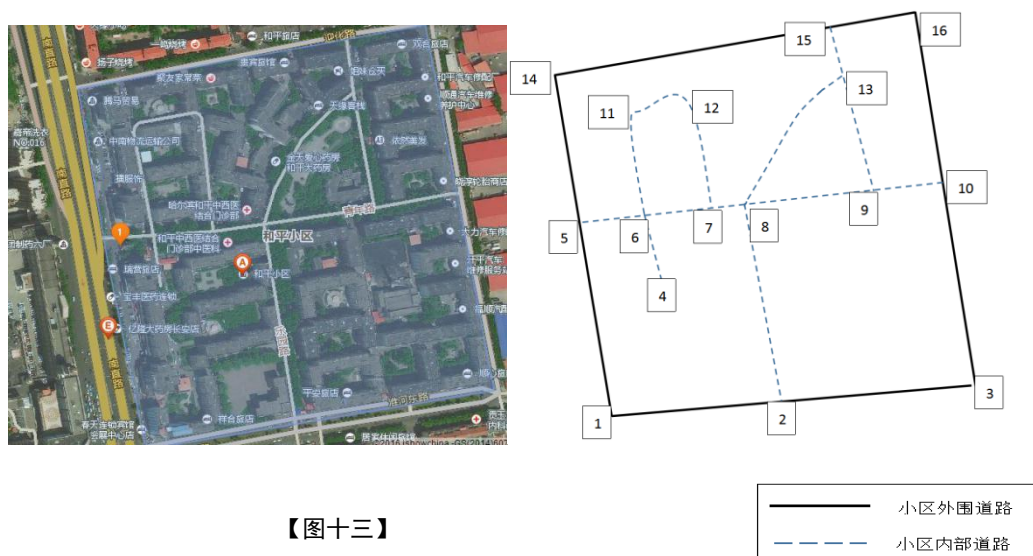
$$\gamma = \frac{M'}{M} = 0.488 \quad \text{式【4-2】}$$

$$0 < \gamma \leq 0.5$$

由式【4-1】【4-2】建议开放小区，小区实行道路开放后，将会很有利于分担周围路段的交通压力，使道路交通资源得到充分利用，对城市道路的发展有着积极影响。

#### 4.3.2 案例二：哈尔滨市和平小区——外围三级公路

此小区地图如图十三所示，其中灰色部分属于小区内部，其四周为小区周围的公路，内部



【图十三】

小区对外开放后可以通行的道路。图二为其简图，实现表示小区外公路，虚线为小区内开放的道路。我们统计该小区的道路详细信息，得到路段信息如下：

【表十五】 小区外围路段信息

小区外围路段 <i>i</i>	1-2-3	1-5-14	3-10-16	14-15-16
交通量 $q$	1298	1287	1366	1321
实际通行能力 $c$	1350	1300	1400	1350
自由行驶时间 $t$	23.4	28.2	30.2	21.0

【表十六】 小区内部路段信息

小区内路段 <i>i</i>	2-8	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
交通量 $q$	650	662	501	493	602	659
实际通行能力 $c$	700	700	600	500	600	700
自由行驶时间 $t$	19.2	5.5	7.1	4.9	10.8	5.1
小区内路段 <i>i</i>	6-11	11-12	12-7	8-13	9-13	13-15
交通量 $q$	276	168	269	493	523	611
实际通行能力 $c$	300	200	300	400	500	600
自由行驶时间 $t$	14.2	7.8	14.6	14.2	4.2	12.7

(1) 利用时间的可选择模型，计算出：

$$t'_{\text{外}i} = t_{0\text{外}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{外}i}}{c_{\text{外}i}} \right)^{1.443} \right]$$

$$t'_{\text{内}i} = t_{0\text{内}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{内}i}}{c_{\text{内}i}} \right)^{1.443} \right]$$

程序计算（见附录）结果如下：

$$\text{sum3} = 163.0711$$

$$\text{sum4} = 195.7976$$

,

解得：

$$\eta = 2.2007 \approx 2.20 \quad \text{式【4-3】}$$

(2) 根据道路拥堵模型计算：

以车辆运行速度  $v$  为交通指标来计算有关  $v$  的拥挤系数  $M$  为：

$$M = \begin{cases} -0.0136v + 1.0 & v \leq 37\text{km/h} \\ 2.7384\exp(-0.0415 \times v) - 0.099 & v > 37\text{km/h} \end{cases}$$

规定封闭小区中车辆行驶速度不能太快，不能超过 10km/h，因此计算出的道路拥挤系数  $M = 0.864$ ，开放小区后车辆行驶速度可以达到周围三级公路的标

准，道路平均交通量为 1341 辆，因此车辆行驶速度  $v$  能达到 30km/h，计算道路拥挤系数  $M'=0.592$

$$\gamma = \frac{M'}{M} = 0.685$$
$$0.5 < \gamma \leq 0.8$$

式【4-4】

由式【4-3】【4-4】两个式子建议在征得小区居民用户意见的基础上再做出决策。如若决定开通小区道路，建议控制进入小区车辆数目，严禁鸣笛，并按时对小区损坏路面进行维修。

4.3.3 案例三：哈尔滨市南岗区人和名苑小区

人和名苑小区位于黑龙江省哈尔滨市南岗区人和街 43 号，是位于城市中央的一个典型的小型社区，其地图及道路分布简图如图三、图四所示。



通过数据搜集，可得出该小区及其附近的道路信息，如表十七、表十八所示：

【表十七】人和名苑小区外围路段信息

小区外围路段 <i>i</i>	1-5	5-2	1-6	6-3	2-7	7-4	3-4
交通量 <i>q</i>	1121	1098	1087	1082	921	997	1157
实际通行能力 <i>c</i>	1100	1100	1050	1050	1000	1000	1150
自由行驶时间 <i>t</i>	20.1	7.3	26.1	11.2	18.6	17.6	31.6

【表十八】人和名苑小区内部路段信息

小区内路段 <i>i</i>	6-10	10-9	9-8	8-7	8-5
----------------	------	------	-----	-----	-----

交通量 $q$	354	309	340	468	388
实际通行能力 $c$	300	350	400	450	400
自由行驶时间 $t$	7.9	6.2	12.2	8.2	19.4

(1) 利用时间的可选择模型，计算出：

$$t'_{\text{外}i} = t_{0\text{外}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{外}i}}{c_{\text{外}i}} \right)^{1.443} \right]$$

$$t'_{\text{内}i} = t_{0\text{内}i} \left[ 1 + 0.5668 \left( \frac{q_{\text{内}i}}{c_{\text{内}i}} \right)^{1.443} \right]$$

程序计算（见附录）结果如下：

$$\text{sum7} = 207.8783$$

$$\text{sum8} = 83.48250$$

解得：

$$\eta = 1.4014 < 2.20 \quad \text{式【4-5】}$$

(2) 根据道路拥堵模型计算：

以车辆运行速度  $v$  为交通指标来计算有关  $v$  的拥挤系数  $M$  为：

$$M = \begin{cases} -0.0136v + 1.0 & v \leq 37\text{km/h} \\ 2.7384 \exp(-0.0415 \times v) - 0.099 & v > 37\text{km/h} \end{cases}$$

规定封闭小区中车辆行驶速度不能太快，不能超过 10km/h，因此计算出的道路拥挤系数  $M = 0.864$ ，开放小区后车辆行驶速度可以达到周围三级公路的标准，道路平均交通量为 1066 辆，因此开放后车辆行驶速度  $v$  能达到 20km/h，计算道路拥挤系数  $M' = 0.728$

$$\gamma = \frac{M'}{M} = 0.843$$

$$0.8 < \gamma \leq 1 \quad \text{式【4-6】}$$

由式【4-5】【4-6】可得，虽然对于此类小区开放后会为城市交通分担压力，但所带来的道路成本、小区的噪音污染、社区安全问题相对更严重，其产生的消极影响大于开放小区所带来的便利，不利于城市整体的建设。



#### 4.4 问题四

在我国，封闭小区的特点主要有以下几个：封闭性强、人口多、面积大、功能单一、小区之间联系少等，封闭小区的存在降低了城市路网密度与可达性，城市内车辆流通主要依靠城市主路完成，因此城市道路受到了一定程度的干扰，同时封闭小区周围路网的交通压力增大。因此，本文以研究封闭型小区交通开放来缓解城市交通拥堵为出发点，不仅对于提高区域路网密度和可达性有所提高，还能够为城市主道路承担一定的交通压力，又可以促进邻里之间的关系。

在现阶段，我国封闭型小区的存在有其合理性，但不可否认的是封闭型小区的结构体系破坏了城市可持续发展。主要表现在以下几个方面：小区内部的规划体系与城市的开放性要求产生冲撞；小区边界规划模式使其与小区、城市之间内外联系严重缺失；多数小区的内部道路系统为内向型树状结构，这种结构不仅增加了城市交通的压力，还延长了居民的出行时间，但却并不能完全消除小区内部行车对行人的安全隐患。

建议措施：

##### 1. 噪声防治措施

上文中第一问得出了小区开放后所带来的噪声问题相对重要，因此采取措施来降低或治理噪声污染将是开放小区后一个不可忽视的问题。在本文中噪声是指由车辆在行驶中发出的具有干扰周围生活环境的交通噪声。在 1997 年 3 月 1 日起施行的《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中，规定了相应噪声指标。希望有关部门能够做出有针对性的改善方案，涉及到前期的设计、施工材料选择、后期的绿化和交通管制等问题。

##### 2. 道路绿化设计

道路绿化是城市不可缺少的一部分，它能够减少驾驶员的驾驶疲劳感，又可降低噪声、吸收尾气和净化空气等。且本文中环境问题是各个因素中十分重要的因素之一，因此封闭型小区若要实行交通开放，则必将带来环境的一系列问题，如：需要占用部分用地等。具体建议：为了不减少小区绿化面积，又能提高小区绿化率，可以在小区路两侧栽种绿色植物。

## 五、模型的评价

模型的优点：

(1) 本文所利用的层次分析法具有信息性、简洁性的特点，它把每个层次中的每个因素对结果的影响程度都加以量化，更为清晰明确，并且将多目标多准则的问题量化为单目标多层次问题。同时，层次分析法所需定量信息较少，在解决信息难以普及的道路问题时能发挥到很大的作用。

(2) 本文建立的最短时间模型，利用最小二乘法原理，通过线性拟合得出PBR函数的具体形式。线性拟合能够将大量数据整合到一个公式，将相关的数据定量的联系在一起，具有简便、高效的数据统计特点。

(3) 本文为了解决现实交通问题，创新性提出了畅通系数和可选择时间系数，未解决问题提供了新的思路，体现了建模特有的魅力。

模型的缺点：

(1) 定量数据较少，定性成分多，不易令人信服。本文采用了层次分析法，层次分析法是一种带有模拟人脑的决策方式的方法，因此必然带有较多的主观定性色彩，可能最后能解决的问题就比较少了。判断过程较为粗糙，不能用于精度要求较高的决策问题。AHP至多只能算是一种半定量（或定性定量结合）的方法。

(2) 指标过多时数据统计量大，且权重难以确定。指标的增加就意味着我们要构造层次更深、数量更多、规模更庞大的判断矩阵。那么我们就需要对许多的指标进行两两比较的工作。由于一般情况下我们对层次分析法的两两比较是用1至9来说明其相对重要性，如果有越来越多的指标，我们对每两个指标之间的重要程度的判断可能就出现困难了，甚至会对层次单排序和总排序的一致性产生影响，使一致性检验不能通过。

### 参考文献

- [1]胡志勇. 居民小区交通影响分析研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007: 61-62
- [2]宋歌. 道路通行能力的计算[J]. 中国储运, 2010, (第 9 期): 83-84.
- [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: 长沙理工大学, 2014
- [4]石征华, 侯忠生. 城市快速路拥挤度判别方法研究[J]. 交通与计算机, 2006, (第 5 期): 20-21.
- [5] 沈颖, 朱翀, 徐英俊 . 道路饱和度计算方法研究[J]. 交通标准化, 2007, (第一期): 125-126

## 附录

问题一:

%层次分析法的matlab程序

```
disp('请输入判断矩阵 A(n 阶)');
A=input('A=');
[n,n]=size(A);
x=ones(n,100);
y=ones(n,100);
m=zeros(1,100);
m(1)=max(x(:,1));
y(:,1)=x(:,1);
x(:,2)=A*y(:,1);
m(2)=max(x(:,2));
y(:,2)=x(:,2)/m(2);
p=0.0001;i=2;k=abs(m(2)-m(1));
while k>p
    i=i+1;
    x(:,i)=A*y(:,i-1);
    m(i)=max(x(:,i));
    y(:,i)=x(:,i)/m(i);
    k=abs(m(i)-m(i-1));
end
a=sum(y(:,i));
w=y(:,i)/a;
t=m(i);
disp('权向量');disp(w);
disp('最大特征值');disp(t);
%以下是一致性检验
CI=(t-n)/(n-1);
RI=[0 0 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.46 1.49 1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];
CR=CI/RI(n);
if CR<0.10
    disp('此矩阵的一致性可以接受!');
    disp('CI=');disp(CI);
    disp('CR=');disp(CR);
else
    disp('此矩阵的一致性不可以接受!');
end
```

请输入判断矩阵 A(n 阶)

A=[1,1/3,1/2,1/3,1/4,1/5;3,1,2,1,1/2,1/3;2,1/2,1,1/2,1/3,1/4;3,1,2,1,1/2,1/3;4,2,3,2,1,1/2;5,3,4,3,2,1]

权向量

0.0515

0.1357  
0.0803  
0.1357  
0.2311  
0.3657

最大特征值  
6.0732

此矩阵的一致性可以接受!

CI=  
0.0146

问题二:

```
clear;%求  $\eta$  的值
q1=[1492    1441    1399    1421    1307    1288    1104;
    1221    1354    1324    1378    1322    1291    1304];
c1=[1400    1400    1400    1400    1200    1200    1200;
    1200    1350    1350    1350    1300    1300    1300];
t01=[7.3    6.0    14.5    15.1    5.4    6.0    10.8;
    12.1    10.4    12.7    11.3    13.5    14.7    15];
t1=t01.*(1+0.5668*(q1./c1).^1.443);
sum1=0;
for i=1:2
    for j=1:7
        sum1=sum1+t1(i,j);
    end
end
sum1
q2=[304 324 330 225 200;
    330 320 251 292 320;
    240 207 230 340 245;
    334 335 214 207 331];
c2=[350 400 400 250 250;
    500 500 500 500 500;
    400 350 400 500 450;
    500 400 300 400 400];
t02=[12.6    12.8    12.5    7.1    8.2;
    9.3     7.8     15.9    8.1    8.6;
    13.2    17.1    12.1    14.9    16.0;
    17.6    13.6    18.0    7.2    6.6];
t2=t02.*(1+0.5668*(q2./c2).^1.443);
sum2=0;
```

```

for i=1:4
    for j=1:5
        sum2=sum2+t2(i,j);
    end
end
sum2
Eta1=(sum1+sum2)/sum1

```

ANS:

```

sum1 =
    243.6685

```

```

sum2 =
    317.8479

```

```

Eta1=
    2.3044

```

问题三

clear;%求案例一中 $\eta$ 的值

```

q5=[1582    1662    1621    1654];
c5=[1600    1750    1550    1750];
t05=[42.3    56.0    54.3    40.9];
t5=t05.*(1+0.5668*(q5./c5).^1.443);
sum5=0;
for i=1:4
    sum5=sum5+t5(1,i);
end
sum5
q6=[486 392 425 453 401 589 523 469;
    656 588 456 402 499 560 472 602];
c6=[500 400 400 450 400 600 500 450;
    700 600 450 400 500 550 450 600];
t06=[32.3    28.6    35.2    35.1    34.1    18.0    35.3    25.7;
    18.5    21.6    19.2    32.0    34.3    26.9    35.4    18.8];
t6=t06.*(1+0.5668*(q6./c6).^1.443);
sum6=0;
for i=1:2
    for j=1:8
        sum6=sum6+t6(i,j);
    end
end
end

```

```
sum6
Eta3=(sum5+sum6)/sum5
```

ANS:

```
sum5 =
    300.7525
```

```
sum6 =
    710.3589
```

```
Eta3 =
    3.3619
```

```
clear;%求案例二中η的值
q7=[1121    1098    1087    1082    921    997    1157];
c7=[1100    1100    1050    1050    1000    1000    1150];
t07=[20.1    7.3    26.1    11.2    18.6    17.6    31.6];
t7=t07.*(1+0.5668*(q7./c7).^1.443);
sum7=0;
for i=1:7
    sum7=sum7+t7(1,i);
end
sum7
q8=[354    309    340    468    388];
c8=[300    350    400    450    400];
t08=[7.9    6.2    12.2    8.2    19.4];
t8=t08.*(1+0.5668*(q8./c8).^1.443);
sum8=0;
for j=1:5
    sum8=sum8+t8(1,j);
end
sum8
Eta4=(sum7+sum8)/sum7
```

ANS:

```
sum7 =
    207.8783
```

```
sum8 =
    83.4325
```

```
Eta4 =
    1.4014
```

```

clear;%求案例三中η的值
q3=[1350    1300    1400    1350];
c3=[1298    1287    1366    1321];
t03=[23.4    28.2    30.2    21.0];
t3=t03.*(1+0.5668*(q3./c3).^1.443);
sum3=0;
for i=1:4
    sum3=sum3+t3(1,i);
end
sum3
q4=[700  700  600  500  600  700;
    300  200  300  400  500  600];
c4=[650  662  501  493  602  659;
    276  168  269  493  523  611];
t04=[19.2  5.5  7.1  4.9  10.8  5.1;
    14.2  7.8  14.6  14.2  6.2  12.7];
t4=t04.*(1+0.5668*(q4./c4).^1.443);
sum4=0;
for i=1:2
    for j=1:6
        sum4=sum4+t4(i,j);
    end
end
sum4
Eta2=(sum3+sum4)/sum3

```

ANS:

sum3 =

163.0711

sum4 =

195.7976

Eta2 =

2.2007