

# 基于 Vissim 模拟的小区周边道路通行模型

## 摘 要

目前我国人口增长,各种大型小区日益增多,人民生活水平提高,各小区家庭拥有私家车辆也在增多,因此交通通行能力占有重要地位。本文建立合理有效的数学模型,定性且定量分析封闭型小区变为开放型小区后对其周围道路通行能力产生的影响。

针对问题一,为了评价小区开放对周边道路的影响,我们针对道路通行进行分析。首先通过查阅资料,确定五个评价道路通行能力的指标,分别是道路网密度、道路面积率、人均道路面积、车辆行驶平均速率和交通拥挤指数。其次,我们使用熵权法确定出各指标权重,最后利用模糊数学综合评价法,确定评价体系。我们选取南京市蓝天园小区作为典型案例,应用所建立的模型,得到小区开放后的影响:蓝天园小区开放可提高交通运行且程度较高。

针对问题二,首先将小区周围道路分为无交叉口、十字路口或 T 型道路及环形道路三种类型,查阅有关交通资料,分别建立对应的道路通行能力模型。其次,将问题二分为两个子模型,分别是小区未开放时的道路通行能力模型及小区开放后的道路通行能力模型。在此基础上,以西安红旗小区为例,应用所建立的模型,分析小区开放前后道路通行能力的变化,利用 Vissim 进行模拟,对比小区开放后的道路通行能力并得出结论:西安红旗小区小区开放后,小区周边道路的平均道路通行能力较为提高。

针对问题三,为了构建不同类型的小区,我们首先选取 7 个指标进行衡量小区,分别是小区周围道路网密度、小区周围道路面积率、小区周围人均道路面积、小区周围车辆平均行驶速率、小区周围日常交通拥挤指数和小区内部道路面积率。其次,我们查阅资料得到 11 个小区各项指标数据,根据这些数据进行 K-means 聚类分析,将小区类型分为 3 类:第一类为普通居民区,第二类为学区、商业区、产业园区,第三类为郊区。然后根据分类结果分别举出每一类小区的典型案例,我们选取:成都百景苑小区,南京蓝天园小区和保定东盛佳园小区,应用我们问题二所建立的模型,基于 Vissim 的模拟数据,分别衡量分析小区开放前后对道路通行的影响,发现对于普通居民区而言,小区开放可显著提高周围道路通行能力;对于学区而言,小区开放可显著提高道路通行能力;对于郊区,小区开放前后道路通行能力变化不大。

针对问题四,我们建立基于 Vissim 模拟的简易 0-1 规划模型,在问题三的基础上,针对选取的 3 个小区,通过调整各小区各出入口的开放情况,调整小区周围道路通行能力,选取一种较优的通行方案。并基于快速、安全、适宜三个原则,结合所建立的模型,向城市规划和交通管理部门提出对小区开放的合理建议。

**关键词:** 模糊数学综合评价 Vissim 仿真 K-means 聚类分析 0-1 规划

## 一、问题重述

为了城市规划和城市交通，建立数学模型，对小区开放对其周边道路的影响展开研究，试解决以下问题：

1. 确定合适的评价体系，以便于评估小区开放对道路的影响
2. 研究车辆通行的数学模型，从而确定小区开放对周边道路通行的影响
3. 小区结构、周边道路类型、小区地理位置及周边道路车流量等均会影响小区开放产生的效果，用不同结构类型的小区应用已建立的道路通行能力模型，对各类型小区开放后的影响进行定量分析。
4. 根据模型及求解结果，向城市规划和交通管理部门提出对小区开放的管理建议。

## 二、问题分析

### 2.1 问题一的分析

为了评价小区开放对周边道路的影响，我们针对道路通行进行分析。首先通过查阅资料，确定五个评价道路通行能力的指标，分别是道路网密度、道路面积率、人均道路面积、车辆行驶平均速率和交通拥挤指数。其次，我们使用熵权法确定出各指标权重，最后利用模糊数学综合评价法，确定评价体系。

### 2.2 问题二的分析

首先将小区周围道路分为无交叉口、十字形或 T 型道路及环形道路三种类型，查阅有关交通资料，分别建立对应的道路通行能力模型。其次，将问题二分为两个子模型，分别是小区未开放时的道路通行能力模型及小区开放后的道路通行能力模型。在此基础上，以西安红旗小区为例，应用所建立的模型，分析小区开放前后道路通行能力的变化。

### 2.3 问题三的分析

为了构建不同类型的小区，我们首先选取 7 个指标进行衡量小区，分别是小区周围道路网密度、小区周围道路面积率、小区周围人均道路面积、小区周围车辆平均行驶速率、小区周围日常交通拥挤指数和小区内部道路面积率。其次，我们查阅资料得到 11 个小区各项指标数据，根据这些数据进行 K-means 聚类分析，将小区类型分为 3 类，最后分别举出每一类小区的典型案例，应用我们问题二所建立的模型，基于 Vissim 的模拟，分析小区开放前后对道路通行的影响。

### 2.4 问题四的分析

调整小区各出入口开放情况，利用 Vissim 进行模拟，建立简易 0-1 规划模型，找到一种较为优化的小区开放方案并在此基础上提出合理建议。

### 三、模型假设

1. 假设道路不会产生突然的变化，无严重交通事故影响车辆通行
2. 假设小区开放无严苛的时间与政策限制
3. 假设 vissim 仿真数据能较高程度反映实际车辆情况
4. 基于网络搜索的小区相关数据无明显差错

### 四、符号说明

符号	说明
$C_P$	可能通行能力
$h$	连续小客车车流平均车头距
$\alpha$	道路分类系数
$\beta$	机动车单向能力折减系数
$k$	临界间隙时间
$t_a$	临界跟随时间
$t_b$	次干道车辆间最小车头距
$l$	交织段长度
$W$	交织段宽度
$e$	环形道路引道内平均宽度
$P$	交织段内交织车辆与所有车辆之比

### 五、模型的建立与求解

#### 5.1 问题一模型的建立与求解

##### 5.1.1 问题一的模型分析

为了解价小区开放对周边道路的影响，我们针对道路通行进行分析。首先通过查阅资料，确定五个评价道路通行能力的指标，分别是道路网密度、道路面积率、道路面积、车辆行驶平均速率和交通拥挤指数。其次，我们使用熵权法确定出各指标权重，最后利用模糊数学综合评价法，确定评价体系。

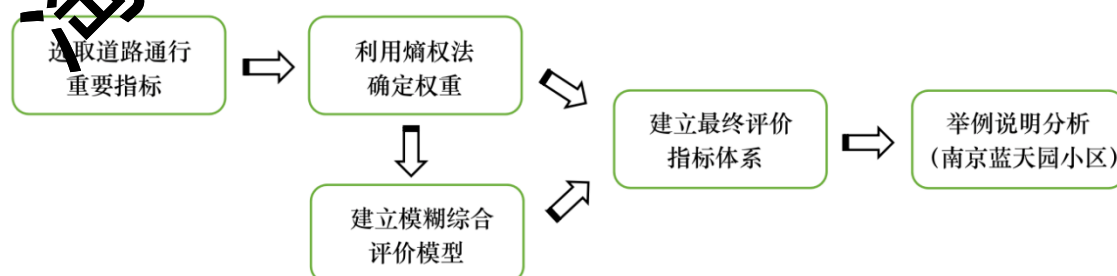


图 1：问题一流程图

### 5.1.2 问题一模型的建立

#### 步骤一：选取评价指标

通过查阅有关交通资料[1]，我们确定道路网密度、道路面积率、人均道路面积、车辆行驶平均速率和交通拥挤指数五个指标作为评价小区周边道路通行能力的指标。

#### 步骤二：使用熵权法确定各指标权重

设有  $n$  个评价样本， $m$  个评价指标变量，其中  $n$  根据所选择的样本数据量确定， $m=5$ ，为所选取的 5 个评价道路通行能力的指标，第  $i$  个评价样本关于第  $j$  个指标变量的取值为  $a_{ij}$ ， $i=1,2,\dots,n$ ， $j=1,\dots,5$ ，其中下标  $j$  依次代表指标道路网密度、道路面积率、人均道路面积、车辆行驶平均速率、交通拥挤指数。构造数据矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times m}$ 。

#### ①指标的归一化处理

对于不同指标而言其数量级不同，我们需要在进行计算各指标权重之前先对各指标数据进行标准化处理，即将不同质指标同质化。

我们将指标分为正向指标、反向指标和中间型指标三种情况，其代表含义也各不相同。正向指标数值越高越好，反向指标数值越低越好，中间型指标存在最优值  $a_{best}$ ，越靠近最优值越好。因此，我们采用不同方法根据不同指标的特定对其数据进行归一化处理。

正向指标：

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \min\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\}}{\max\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\} - \min\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\}}$$

反向指标：

$$a'_{ij} = \frac{\max\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\} - a_{ij}}{\max\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\} - \min\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\}}$$

中间型指标：

令  $b_{ij} = |a_{ij} - a_{bestj}|$ ，

$$a'_{ij} = \frac{\max\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\} - b_{ij}}{\max\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\} - \min\{a_{1j}, \dots, a_{nj}\}}$$

为了简化标记，记  $a'_{ij} = a_{ij}$ ，其中  $i=1,2,\dots,n, j=1,\dots,5$

道路网密度

通过查阅交通道路资料，道路网密度存在一个最适宜值，越接近此值时，道路通行能力越强，即为中间型指标，采取中间型指标归一化对其数据进行处理，对应指标下标为  $j=1$ ，即

$$a'_{i1} = \frac{\max\{a_{11}, \dots, a_{n1}\} - b_{i1}}{\max\{a_{11}, \dots, a_{n1}\} - \min\{a_{11}, \dots, a_{n1}\}}$$

道路面积率

同样查阅资料显示，道路面积率存在一个最适宜值，越接近此值时，道路通行能力越强，即为中间型指标，采取中间型指标归一化对其数据进行处理，对应指标下标为  $j=2$ ，即

$$a'_{i2} = \frac{\max\{a_{12}, \dots, a_{n2}\} - b_{i2}}{\max\{a_{12}, \dots, a_{n2}\} - \min\{a_{12}, \dots, a_{n2}\}}$$

人均道路面积

人均道路面积表征人均道路占有率，其存在最优范围，越接近此范围时，道路

通行能力越强，为中间型指标，采用中间型指标归一化对其数据进行处理，对应指标下标为  $j=3$ ，即

$$a'_{i3} = \frac{\max\{a_{13}, \dots, a_{n3}\} - b_{i3}}{\max\{a_{13}, \dots, a_{n3}\} - \min\{a_{13}, \dots, a_{n3}\}}$$

其中，根据不同小区的周边道路状况的不同，最优值  $a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}$  不同，对应的  $b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}$  也存在变动。

#### 车辆平均行驶速率

车辆平均行驶速率越大，代表通行道路越畅通，通行能力越强，因此车辆平均行驶速率为正向指标，采取正向指标归一化对其数据进行处理。其对应的指标下标为  $j=4$ ，因此

$$a'_{i4} = \frac{a_{i4} - \min\{a_{14}, \dots, a_{n4}\}}{\max\{a_{14}, \dots, a_{n4}\} - \min\{a_{14}, \dots, a_{n4}\}}$$

#### 交通拥挤指数

交通拥挤指数表征道路拥挤状况，交通拥挤指数越高，代表车辆通行道路越拥挤，道路通行能力越弱，因此交通拥挤指数为反向指标，采取反向指标归一化对其数据进行处理，对应下标为  $j=5$ ，即

$$a'_{i5} = \frac{\max\{a_{15}, \dots, a_{n5}\} - a_{i5}}{\max\{a_{15}, \dots, a_{n5}\} - \min\{a_{15}, \dots, a_{n5}\}}$$

②利用原始数据矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times 5}$ ，计算  $n_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, 5$ )，则第  $i$  个评价样本关于第  $j$  个指标值的比重：

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

$i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, 5$

③计算第  $j$  项指标的熵值：

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$$

$j=1, 2, \dots, 5$

④计算第  $j$  项指标的变异系数

$$g_j = 1 - e_j$$

$j=1, 2, \dots, 5$

⑤计算第  $j$  项指标的权重

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^5 g_j}$$

$j=1, 2, \dots, 5$

⑥各指标的评价权重

表 1: 各指标评价权重表

指标	道路网密度	道路面积率	人均道路面积	车辆平均行驶速率	交通拥挤指数
权重	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$

### 步骤三：利用模糊数学综合评价法确定评价体系

(1) 确定指标集：根据步骤一，我们查阅资料得到的 5 个指标构成指标集

$$U = \{\text{道路网密度 } u_1, \text{道路面积率 } u_2, \text{人均道路面积 } u_3, \text{车辆行驶平均速率 } u_4, \text{交通拥挤指数 } u_5\}$$

(2) 取评价集

$$V = \{\text{显著提高 } v_1, \text{稍有提高 } v_2, \text{基本维持 } v_3, \text{更差 } v_4\}$$

(3) 由步骤二确定出各指标权重向量为

$$W = [w_1, w_2, w_3, w_4, w_5]$$

(4) 确定模糊综合评价矩阵，对每项指标做出评价结果为

$$R_1 = [0.2, 0.4, 0.3, 0.1]$$

上式表示，由于小区内部道路可以为外来车辆使用，道路网密度更接近适宜值，缓解交通压力，我们认为开放小区后，会有 20% 的可能性使道路通行能力显著提高，40% 的可能性使道路通行能力稍有提高，30% 的可能性基本维持未开放状态，10% 的可能性会使道路通行能力变得更糟。

同理，得到道路面积率和人均道路面积的评价结果：

$$R_2 = [0.2, 0.3, 0.3, 0.1]$$

$$R_3 = [0.4, 0.4, 0.4, 0.1]$$

我们认为小区开放后，小区内部道路可为外部增加道路进行疏通，分担部分车流量，提高车辆平均行驶速率，同时，提高速率的大小是有一定限度的，因此我们认为有 20% 的可能性使道路通行能力显著提高，40% 的可能性使道路通行能力稍有提高，30% 的可能性基本维持未开放状态，10% 的可能性会使道路通行能力变得更糟，即

$$R_4 = [0.2, 0.4, 0.3, 0.1]$$

同理有

$$R_5 = [0.4, 0.3, 0.2, 0.1]$$

以  $R_i$  为第  $i$  行构成评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

它是由指标集  $U$  到评语集  $V$  的一个模糊关系矩阵

(5) 模糊综合评判

$$B = WR = [b_1, b_2, b_3, b_4]$$

上式表示综合评判结果，可以看作  $V$  上的模糊向量。

我们取数值最大的  $b_i (i = 1, \dots, 4)$  作为评判结果。

#### 5.1.3 问题一模型的求解：以南京市蓝天园小区为例

我们将问题一的模型应用于南京市蓝天园小区，探究小区开放对周边道路的影响。蓝天园小区邻南京市第二十九中学，紧靠秦淮河，地理位置优越，交通便利，

人、车流量大，具有开放小区典型特征。

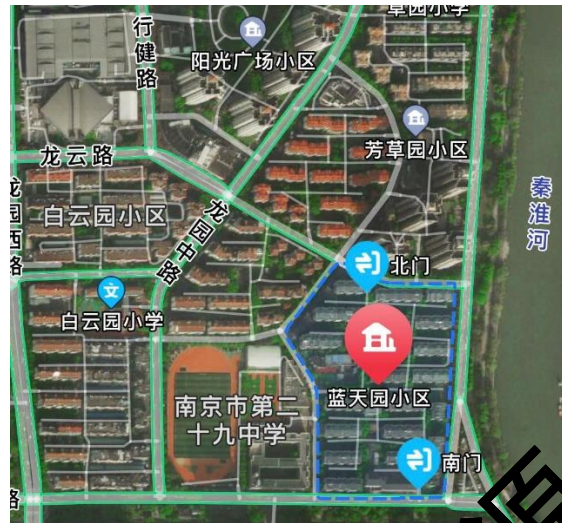


图 2：蓝天园小区地理位置

### 1.使用熵权法得出各指标权重

我们通过百度地图可以查到有关蓝天园小区 5 个指标的相关数据，具体数据见附录 1，其中道路网密度，道路面积率和人均道路面积的最适宜值分别为 3.5，20，10，利用 SPSS 求解出各指标权重如下：

表 2：蓝天园小区各指标权重表

指标	道路网密度	道路面积率	人均道路面积	车辆平均行驶速率	交通拥挤指数
权重	0.11	0.248	0.248	0.135	0.259

### 2.利用模糊数学综合评价法得到结果

#### ①取指标集

$$U = \{\text{道路网密度 } u_1, \text{道路面积率 } u_2, \text{人均道路面积 } u_3, \text{车辆行驶平均速率 } u_4, \text{交通拥挤指数 } u_5\}$$

#### ②取评价集

$$V = \{\text{显著提高 } v_1, \text{稍有提高 } v_2, \text{基本维持 } v_3, \text{更差 } v_4\}$$

#### ③权重向量

$$W = [0.11, 0.248, 0.248, 0.135, 0.259]$$

#### ④评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.4 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

#### ⑤模糊综合评价

$$B = WR = [0.3262, 0.3493, 0.2245, 0.1]$$

我们可以发现，评语稍有提高值最大，因此蓝天园小区开放可提高交通运行，程度较高。

## 5.2 问题二模型——基于 Vissim 模拟的道路通行能力模型

### 5.2.1 问题二模型的准备

为了研究小区开放对周边道路通行的影响，首先，将小区周边道路类型分为机动车道、非机动车道和人行道三种类型。由于小区关闭时，往往只限制机动车出入，对于行人和非机动车辆在小区关闭或开放时，均可出入小区，使用小区内部道路，因此，相较于小区开放对机动车辆的影响，小区开放对于非机动车辆与行人的影响不大，所以，我们下面着重分析小区开放前后对小区周边机动车辆的影响。

机动车道分为两种，有交叉路口和无交叉路口，有交叉路口又分为十字型、T型道路和环形道路，分类示意图如下：

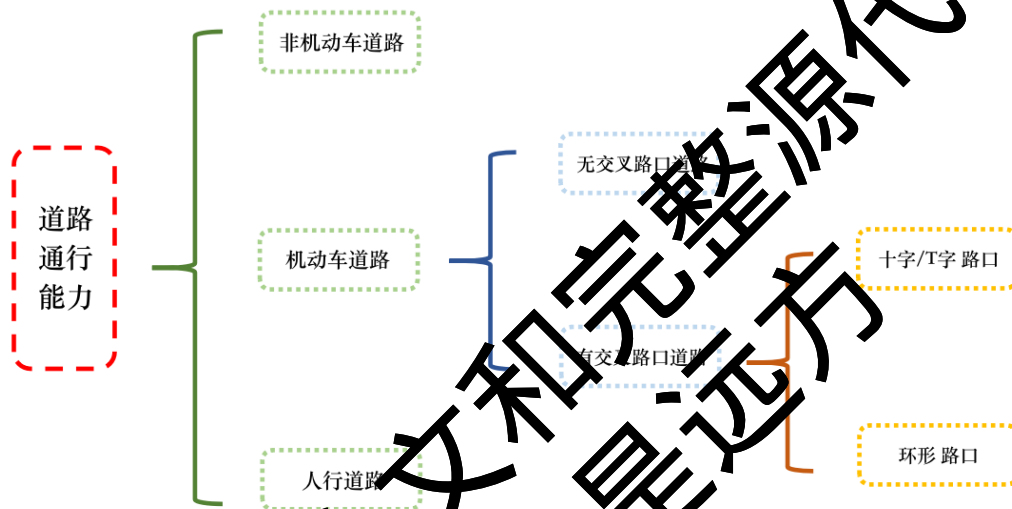


图3：小区周边道路分类示意图

下面我们分别针对无交叉路口、十字T型道路和环形道路的通行能力分别建立模型。

可能通行能力是指在通常的道路交通条件下，单位时间内通过道路一条车道或某一断面的最大可能车辆数。

可能通行能力 $C_p$  (pcu/h)计算公式[2]：

$$C_p = 3600/h$$

其中， $h$ 为连续小客车车流平均车头时距(s/pcu)

1、无交叉路口（小区周边主道路）



图4：小区周边主道路

查阅资料可知，无交叉路口的路段多车道通行能力计算公式[2]如下：

$$C_L = \alpha \times \beta \times C_p$$

其中， $\alpha$ 表示道路分类系数， $\beta$ 为机动车道单向能力折减系数， $C_p$ 为可能通行能力。



表 3：分类系数表

道路分类	快速路	主干路	次干路	支路
分类系数	0.75	0.80	0.85	0.90

表 4：折减系数表

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

## 2. 十字形/T 型交叉口

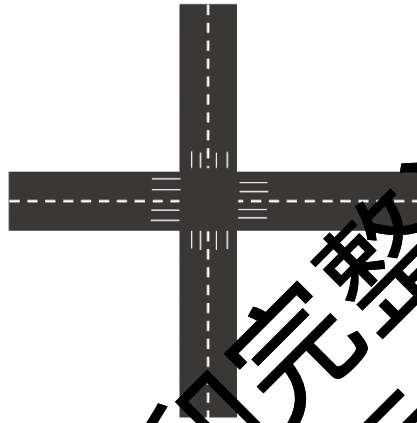


图 5：十字形路口

当出现可插间隙时间 $t_a$ 时，次要方向的车流可以相继通过的随车时距为 $t_b$ ，推出十字形或 T 型交叉口通行能力计算公式：

$$Q = Q_{\text{优}} \frac{e^{-\lambda t_a} (1 - e^{-\lambda t_b})}{1 - e^{-\lambda t_a} - e^{-\lambda t_b}}$$

$$\lambda = Q_{\text{优}} / 3600$$

其中， $Q_{\text{非}}$  为非优先通过次干道上可以通过的交通量(辆/h)， $Q_{\text{优}}$  为主干道优先通行的双向交通量(辆/h)， $t_a$  临界间隙时间(s)(6~8s 或 5~7s)， $t_b$  为次干道上车辆间的最小车头距(3s 或 2s)

## 3. 环形路口

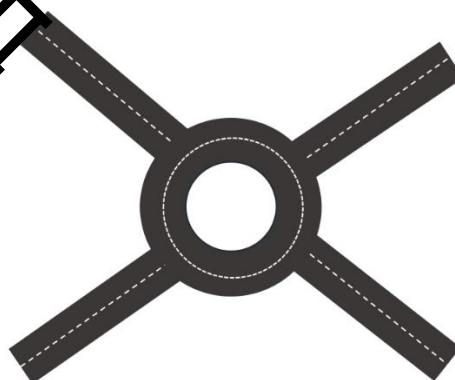


图 5：环形道路

通过查阅资料，我们使用较广泛的公式沃尔卓普公式[2]计算环形路口的通行能力计算公式：

$$Q_m = \left[ 354W \left( 1 + \frac{e}{W} \right) \left( 1 - \frac{P}{3} \right) \right] / \left( 1 + \frac{W}{l} \right)$$

其中,  $Q_m$  为交织段上最大通行能力,  $l$  为交织段长度,  $W$  为交织段宽度,  $e$  为环形道路路口引道的平均宽度,  $P$  为交织段内交织车辆与全部车辆之比。

### 5.2.2 问题二模型的建立

我们分别建立小区未开放时道路通行能力模型和小区开放时的道路通行能力模型。

#### 一、小区未开放时道路通行能力模型

设无交叉路口即小区周边主道路有  $n_1$  条, 第  $i$  条主道路的可能通行能力为  $C_{Pi}$ , 则第  $i$  条主道路的道路通行能力为

$$\begin{cases} C_{Li} = \alpha_i \times \beta_i \times C_{Pi} \\ C_{Pi} = 3600/h_i \end{cases}$$

其中,  $i = 1, 2, \dots, n_1$

小区周边主道路平均通行能力为

$$C_L = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} C_{Li}}{n_1}$$

设小区周围十字形和 T 型道路共有  $n_2$  条, 第  $i$  条交叉路主干道优先通行的双向交通量为  $Q_{\text{优}i}$ , 则第  $i$  个十字形或 T 型路口通行能力为

$$Q_{\text{非}i} = Q_{\text{优}i} \cdot e^{-\lambda_i t_a} / (1 - e^{-\lambda_i t_a})$$

$$\lambda_i = Q_{\text{优}i} / 3600$$

其中,  $i = 1, 2, \dots, n_2$

小区周边十字形道路和 T 型道路的平均通行能力为

$$Q_{\text{非}} = \sum_{i=1}^{n_2} Q_{\text{非}i} / n_2$$

设小区周围环形道路有  $n_3$  条, 设第  $i$  条环形道路的道路通行能力为  $Q_{mi}$ , 则

$$Q_{mi} = \left[ 354W_i \left( 1 + \frac{e_i}{W_i} \right) \left( 1 - \frac{P_i}{3} \right) \right] / \left( 1 + \frac{W_i}{l_i} \right)$$

其中,  $i = 1, 2, \dots, n_3$

小区周边环形道路的平均通行能力为

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} Q_{mi}}{n_3}$$

因此, 小区未开放时的周围道路的通行能力  $R_1$  为

$$R_1 = C_L + Q_{\text{非}} + Q_m$$

#### 二、小区开放时道路通行能力模型

若小区周围某一出入口所对应的小区外道路类型为无交叉路口的道路, 小区开放后, 此条无交叉路口的道路变为 T 型道路;

若小区周围某一出入口所对应的小区外道路类型为 T 型道路, 小区开放后,

此条 T 型道路变为十字形道路；

若小区周围某一出入口所对应的小区外道路类型为十字型道路，小区开放后，此条十字形道路变为环形道路；

若小区周围某一出入口所对应的小区外道路类型为环形道路，小区开放后，此条环形道路仍为环形道路，只是交织段数量发生变化；

小区开放前后，道路变化如下图所示，

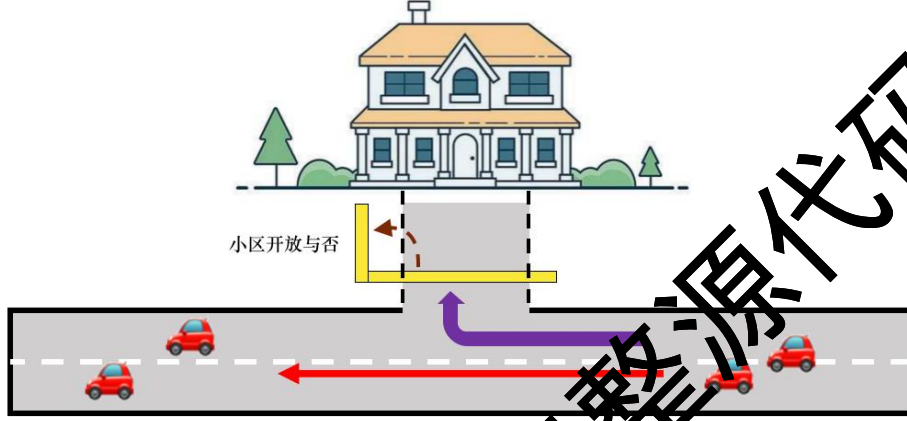


图 6: 小区开放前后道路变化

假设  $k$  代表第  $k$  个小区口，

$$x_k = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 个小区口成为出口} \\ 0, & \text{第 } k \text{ 个小区口关闭} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 个小区口成为入口} \\ 0, & \text{第 } k \text{ 个小区口关闭} \end{cases}$$

设小区开放后，其中部分道路类型已变化（部分无交叉路口主道路变为 T 型道路，部分 T 型道路变为十字形道路，部分十字形道路变为环形道路），此时无交叉路口的小区周边主道路数为  $n_1'$ ，十字型和 T 型道路数量变为  $n_2'$ ，环形道路数量变为  $n_3'$ 。

开放后的小区周边主道路平均通行能力为

$$C_L' = \frac{\sum_{i=1}^{n_1'} C_{Li}'}{n_1'}$$

其中，

$$\begin{cases} C_{Li}' = \alpha_i \times \beta_i \times C_{Pi}' \\ C_{Pi}' = 3600/h_i' \\ i = 1, 2, \dots, n_1' \end{cases}$$

开放后的小区周边十字形道路或 T 型道路平均通行能力为

$$Q_{\text{非}}' = \frac{\sum_{i=1}^{n_2'} Q_{\text{非}}'}{n_2'}$$

$$\begin{cases} Q_{\text{非}}' = Q_{\text{优}}' \cdot e^{-\lambda_i' t_a} / 1 - e^{-\lambda_i' t_b} \\ \lambda_i' = Q_{\text{优}}' / 3600 \end{cases}$$

其中,  $i=1, 2, \dots, n_2'$

开放后的小区周边环形道路平均通行能力为

$$Q_m' = \frac{\sum_{i=1}^{n_3'} Q_{mi}'}{n_3'}$$

$$Q_{mi}' = \left[ 354W_i' \left( 1 + \frac{e_i}{W_i'} \right) \left( 1 - \frac{P_i}{3} \right) \right] / \left( 1 + \frac{W_i'}{l_i} \right)$$

其中,  $i=1, 2, \dots, n_3'$

因此, 开放后小区的通行能力为

$$R_2 = C_L' + Q_{\text{非}}' + Q_m'$$

### 5.2.3 问题二的求解: 以西安红旗小区为例

Vissim 是一种基于时间间隔和驾驶行为的仿真建模工具, 用于城市交通和公共交通运行的交通建模。它可以分析各种交通条件下, 如车道设置、交通构成、交通信号、公交站点等, 城市交通和公共交通的运行状况, 是评价交通工程设计和城市规划方案的有效工具[3]。问题二模型基于 Vissim 模拟, 以西安红旗小区为例, 对比小区开放前后其周边道路通行能力, 分析小区开放对周边道路通行能力的影响。西安红旗小区邻东城第二小学, 周围有诊所及回收站等站点, 人流量、车流量均比较大, 小区类型较为典型。



图 7: 西安红旗小区地理位置

基于 Vissim 模拟得到的相关道路车辆通行数据如下:

表 5: 小区开放前模拟各交通数值

时间间隔	平均延误车次	平均停车次数	平均车速	平均延时
0-100	15.839	0	32.022	1.668
100-200	15.910	0.467	31.727	3.524
200-300	16.981	1.017	29.818	3.537
300-400	19.322	1.008	26.704	3.531
400-500	17.841	1.011	28.525	3.532
500-600	20.683	1.126	24.843	4.040
平均值	17.763	0.772	28.940	3.306

表 6: 小区开放后模拟各交通数值

时间段	平均延误车次	平均停车次数	平均车速	平均延时
0-100	15.839	0	32.022	1.668
100-200	15.910	0.467	31.727	3.524
200-300	16.981	1.017	29.818	3.537
300-400	19.322	1.008	26.704	3.531
400-500	17.841	1.011	28.525	3.532
500-600	20.683	1.126	24.843	4.040
平均值	13.693	0.253	33.197	2.834

西安红旗小区开放前后车辆模拟部分道路图:

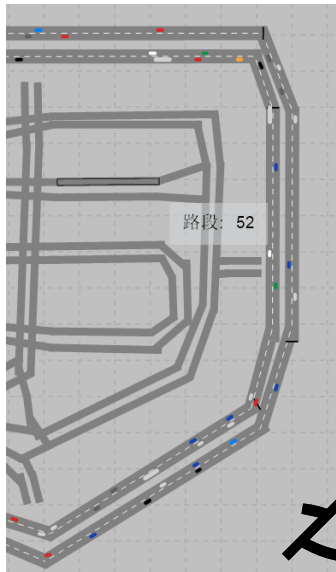


图 8: 小区开放前

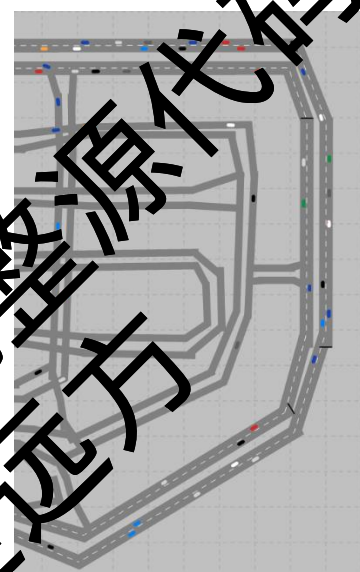


图 9: 小区开放后

利用问题二模型可以求得小区开放前后平均道路通行能力

表 7: 小区开放前后平均道路通行能力

	平均通行能力	提升比例
小区开放前	1496.0953	0.2550
小区开放后	1877.6028	

结论: 西安红旗小区开放后, 小区周边道路的平均道路通行能力较为提高。

## 5.3 问题三模型的建立和求解

### 5.3.1 问题三的分析

为了构建不同类型的小区, 我们首先选取 7 个指标进行衡量小区, 分别是小区周围道路网密度、小区周围道路面积率、小区周围人均道路面积、小区周围车辆平均行驶速率、小区周围日常交通拥挤指数和小区内部道路面积率。其次, 我们查阅资料得到 11 个小区各项指标数据, 根据这些数据进行 K-means 聚类分析, 将小区类型分为 3 类, 最后分别举出每一类小区的典型案例, 应用我们问题二所建立的模型, 基于 Vissim 的模拟, 分析小区开放前后对道路通行的影响。问题三模型流程图如下:

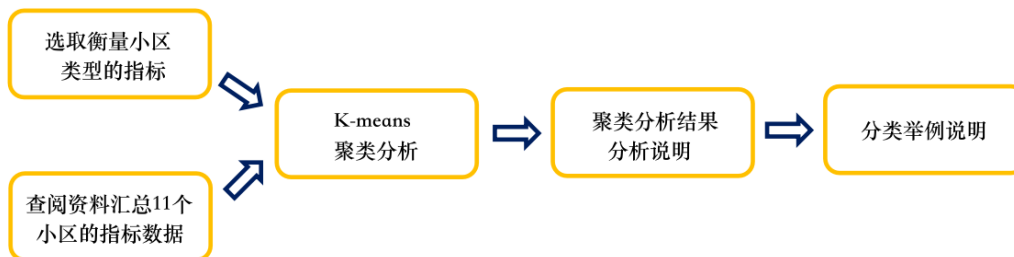


图 10：问题三模型流程图

#### 5.4 问题三模型的建立

##### ①选取指标，衡量小区

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。为了定量研究小区开放产生的效果，我们首先定性的选取一系列指标衡量具体小区。我们通过相关交通查阅资料，选取 7 项指标用以衡量小区，分别为小区周围道路网密度、小区周围道路面积率、小区周围人均道路面积、小区周围车辆平均行驶速率、小区周围日常交通拥挤指数和小区内部道路面积率。

##### 小区周围道路网密度

在一定区域内，道路网的总里程与该区域面积的比值。

##### 小区周围道路面积率

小区周围建成区内道路（道路指有铺装的宽度 3.5 米以上的路，不包括人行道）面积与建成区面积之比。

##### 小区周围人均道路面积

指城市人口人均占用道路面积的大小。

##### 小区周围车辆平均行驶速率

指在一定的路段上车辆行驶的平均速度大小。

##### 小区周围日常交通拥挤指数

交通拥挤指数，也称交通拥堵指数或交通运行指数，是综合反映道路网畅通或拥堵的概念性指数值。

##### 小区内部道路面积率

小区内部建成区内道路（道路指有铺装的宽度 3.5 米以上的路，不包括人行道）面积与建成区面积之比。

##### ②K-means 聚类分析

我们查找了 11 个小区的相关指标数据，作为数据样本进行聚类分析。

##### 聚类分析算法步骤：

- Step1: 指定需要划分的类的个数 K 值
- Step2: 随机地选择 K 个数据对象作为初始的聚类中心
- Step3: 计算其余的各个数据对象到这 K 个初始聚类中心的距离，把数据对象划归到距离其最近的中心所在的类中
- Step4: 调整新类并且重新计算出新类的中心
- Step5: 循环步骤三和四。看中心是否收敛，如果收敛或达到迭代次数则停止循环
- Step6: 聚类结束

K-means 聚类分析算法流程图

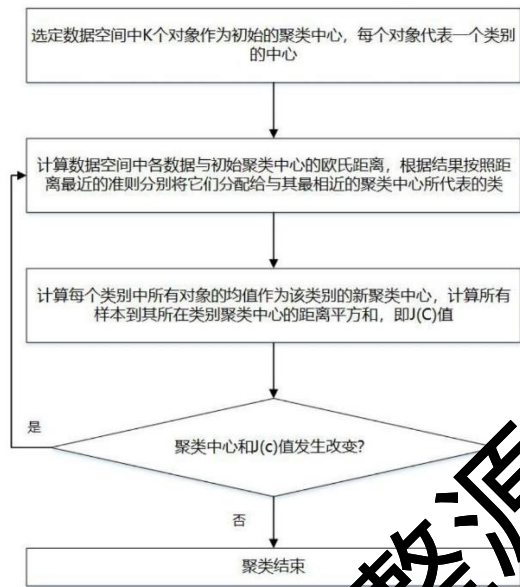


图 11：k-means 聚类分析算法流程图

我们利用 SPSS 进行 K-means 聚类分析得到的分类结果如下表所示：

表 8：聚类分析结果

小区类型	小区
一	小区 5、小区 7、小区 8、小区 9
二	小区 1、小区 2、小区 3、小区 4
三	小区 6、小区 10、小区 11

聚类结果谱系图

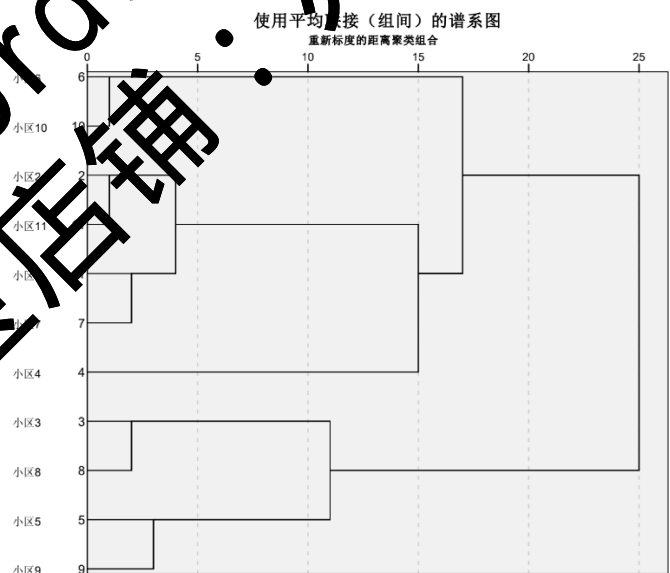


图 12：聚类结果谱系图

利用 SPSS 进行 K-means 聚类分析，将小区分为 3 种类型。小区类型一的频数为 4，所占百分比 36.364%，小区类型二的频数为 4，所占百分比为 36.364%，小区类型三的频数为 3，所占百分比为 27.273%，即小区类型三在所有小区中占比最小，小区



类型一和二所占比重相等，且与小区类型三占比较为相近，总体分布较均匀，说明聚类效果较好。

③构建不同类型的小区

根据聚类分析结果，我们将所有小区归为3类，并总结不同类型小区的共同点，在此基础上构建3种类型的小区。

第一类小区：

此类小区主要位于城市中心地带与郊区中间部分，是大多数居民居住的地方，交通较为便利，车流量较大，内部道路较多，周围道路较为复杂。

第二类小区：

此类小区主要位于商业圈内、学校、产业园附近，此类小区附近车流量较大，小区内部道路密集程度较少，周围交叉路口很多，日常拥堵情况严重。

第三类小区：

此类小区主要位于郊区，此列小区面积较大，内部道路较多，周围车流量较少，日常道路较为通畅。

表 9：小区类型总览表

小区分类	小区类型
一	普通居民区
二	学校、商业区、产业园区
三	郊区

5.4.1 问题三模型的求解

第一类小区（普通居民区）——成都百景苑小区

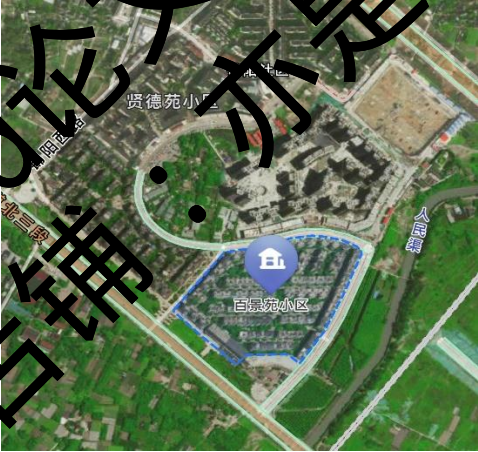


图 13：成都百景苑小区地理位置

根据 Vissim 模拟小区开放前后结果，我们得到平均延误车次、平均停车次平均车速和平均延误 4 组数据，下面给出部分仿真数据：

表 10：成都百景苑小区仿真数据

	开放前	开放后	开放前	开放后
时间段	平均延误车次		平均车速	
0-100	6.828	5.586	41	5.586
300-400	22.727	18.428	24.024	18.428
500-600	34.289	20.363	15.341	20.362
平均	22.266	15.921	25.170	27.140

利用 Vissim 模拟出小区开放前后部分车辆路段示意图：



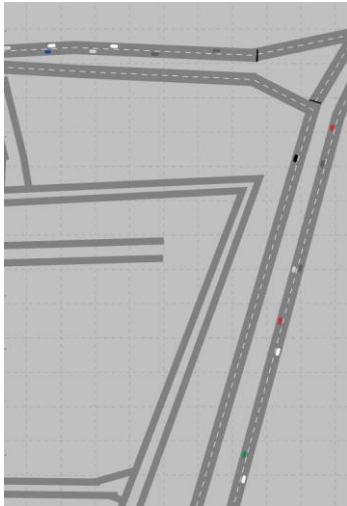


图 14：小区开放前



图 15：小区开放后

利用问题二模型可以求得小区开放前后平均道路通行能力

表 11：小区开放前后平均道路通行能力

	平均通行能力	提升比例
小区开放前	1550.5946	0.4438
小区开放后	2238.7910	

结论：对于普通居民区而言，小区开放后，能够显著提高平均道路通行能力。  
 第二类小区（学区）——南京蓝天园小区

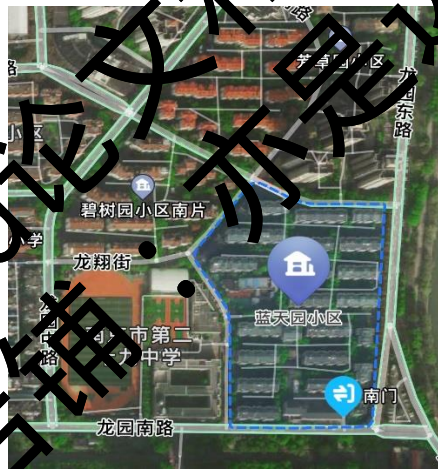


图 16：南京蓝天园小区地理位置

根据 Vissim 模拟小区开放前后结果，我们得到平均延误车次、平均停车次平均车速和平均延时 4 组数据，下面给出部分仿真数据：

表 12：南京蓝天园小区仿真数据

	开放前	开放后	开放前	开放后
时间段	平均停车次数		平均车速	
0-100	0	0	46.518	33.742
300-400	1.299	0.712	20.461	32.518
500-600	2.429	1.523	13.263	32.679
平均	0.776	0.435	31.616	32.815

利用 Vissim 模拟出小区开放前后部分车辆路段示意图：

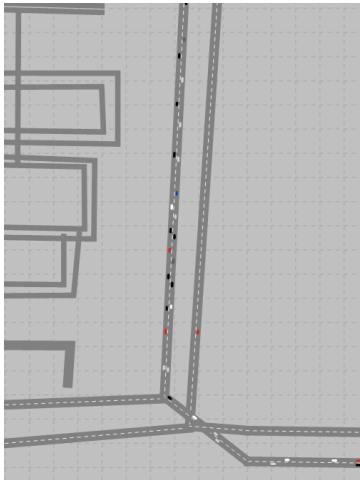


图 17: 小区开放前

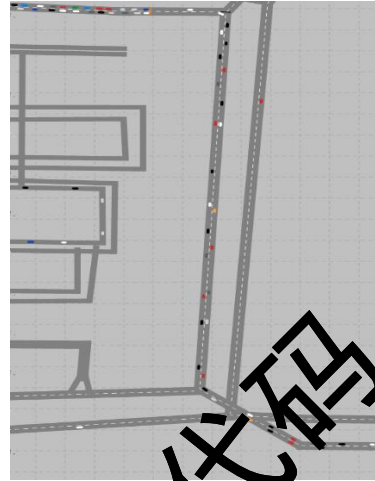


图 18: 小区开放后

利用问题二模型可以求得小区开放前后平均道路通行能力

表 13: 小区开放前后平均道路通行能力

	平均通行能力	提升比例
小区开放前	1232.4777	0.3537
小区开放后	1668.4159	

结论: 对于学区、商业区、产业园区而言, 小区开放后, 能够较高提高平均道路通行能力。

第三类小区 (郊区) ——保定东盛佳园小区



图 19: 保定东盛佳园地理位置

根据 Vissim 模拟小区开放前后结果, 我们得到平均延误车次、平均停车次平均车速和平均延时 4 组数据, 下面给出部分仿真数据:

表 14: 保定东盛佳园小区仿真数据

	开放前	开放后	开放前	开放后
时间段	平均延时		平均车速	
0-100	0	0	46.518	33.742
300-400	4.147	3.973	20.461	32.518
500-600	12.285	12.153	13.263	32.679
平均	2.786	2.654	31.616	32.815

利用 Vissim 模拟出小区开放前后部分车辆路段示意图：

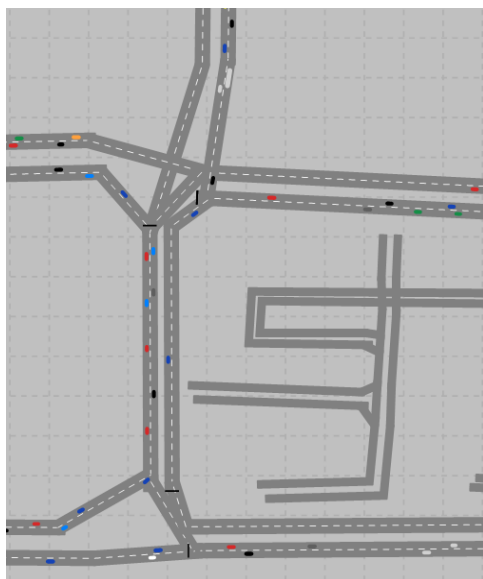


图 20：小区开放前

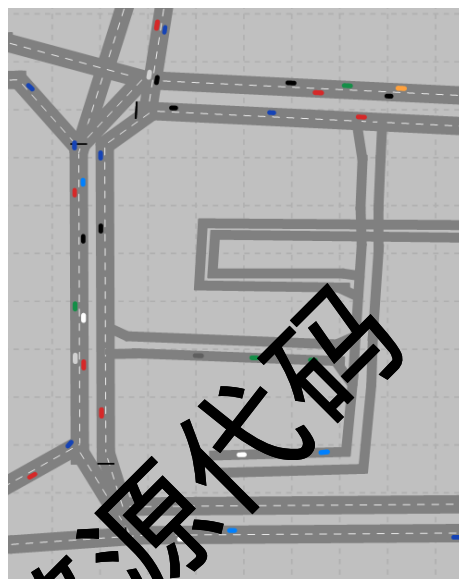


图 21：小区开放后

利用问题二模型可以求得小区开放前后平均道路通行能力

表 15：小区开放前后平均道路通行能力

	平均通行能力	提升比例
小区开放前	1774.8631	0.0497
小区开放后	1863.1159	

结论：对于郊区而言，小区开放后，平均道路通行能力差别不大。

## 5.5 问题四模型——基于 Vissim 的简易 0-1 优化模型

为了提出小区开放的合理建议，我们建立基于 Vissim 仿真的简易 0-1 优化模型，调整小区原有出入口的开放情况，使小区周围的道路通行能力得到一定的提高。

假设  $k$  代表第  $k$  个小区口，

$$x_k = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 个小区口成为出口} \\ 0, & \text{第 } k \text{ 个小区口关闭} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 个小区口成为入口} \\ 0, & \text{第 } k \text{ 个小区口关闭} \end{cases}$$

因此，

当  $(x_k, y_k) = (1, 1)$  时，代表第  $k$  个小区口可进可出，成为小区出入口；

当  $(x_k, y_k) = (0, 1)$  时，代表第  $k$  个小区口只可进不可出，成为小区入口；

当  $(x_k, y_k) = (1, 0)$  时，代表第  $k$  个小区口只可出不可进，成为小区出口；

当  $(x_k, y_k) = (0, 0)$  时，代表第  $k$  个小区口关闭，不对外来车辆开放。

我们通过调整向量  $(x_k, y_k), k = 1, 2, \dots, n$  的取值来调整小区具体出入口开放情况，选择一种较优的方案，使其周围道路通行能力较高。下面我们根据问题三求解举出的三类小区类型的例子，分别进行优化。

第一类小区（普通居民区）——成都百景苑小区

表 16：各方案情况

方案	西门		南门		北门		道路通行能力
	入口	出口	入口	出口	入口	出口	
1	开	开	开	开	开	开	2410.2554
2	开	开	开	开	关	关	1236.9468
3	开	开	关	关	开	开	646.799
4	关	关	开	开	开	开	868.5049
5	关	关	关	关	关	关	635.9578

各方案对应的道路通行能力对比图

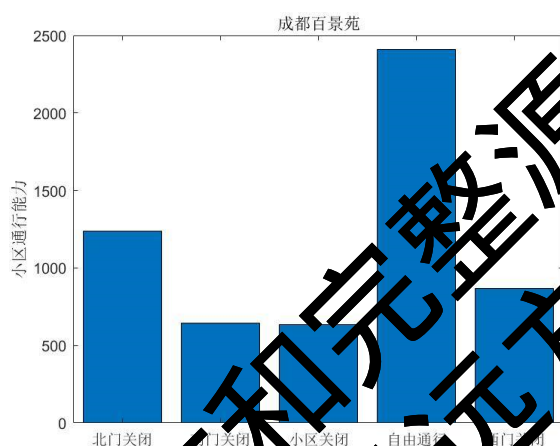


图 22：通行能力对比图

结论：对于普通居民区而言，小区所有门全开放时道路通行能力较高。

第二类小区（学区）——南京蓝天园小区

各方案所对应的通行能力对比图如下

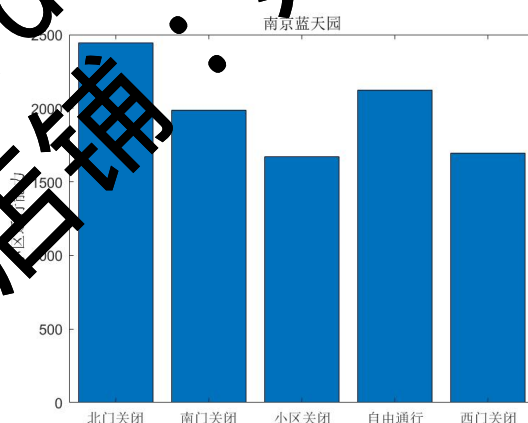


图 23：通行能力对比图

对于学区而言，小区适当开放是一种较优方案。此例中，西门与南门开放效果较好。

第三类小区（郊区）——保定东盛佳园小区

各方案所对应的通行能力对比图如下

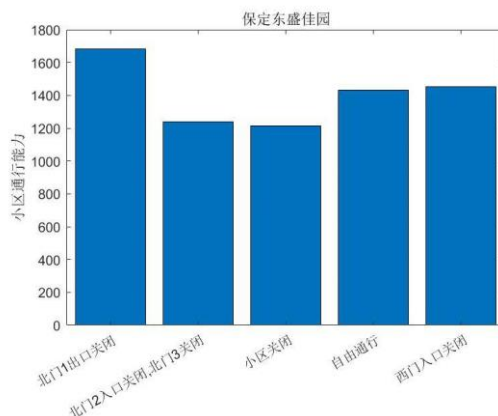


图 24：通行能力对比图

在此例中，小区适当开放使周围道路通行能力较高。

综上，我们向城市规划和交通管理部门提出对小区开放管理建议有：

- (1) 将封闭小区建设到开放过程中，可以调整小区各出入口的开放情况，普通居民区可以选择全部开放，学区和郊区可以选择适当开放，为保证小区道路安全性，避免因小区内部车道过于导致的交通拥堵，可以适当增宽小区内部道路，减少小区路网密度，保证消防等救援车辆出入无障碍，小区内部道路类型多设计为直线型无交叉路口道路。
- (2) 针对小区与外部道路连接处，除了需要在开放小区口设立警卫亭，交通疏散等装备外，为了保证小区内居民出入的方便性与安全性，还应设置缓冲段出入口，减少交通压力。
- (3) 在小区内部设置小型红绿灯等交通指示牌，在利用小区内部道路时，仍然符合交通法规，规避交通事故。
- (4) 在小区内部设置更多健身与娱乐设施，并在小区内部宣传交通法规的同时，鼓励居民组织督察办，既保证了居民生活体验，又提高了小区周边道路通行能力。
- (5) 进行合理的小区道路及景观规划，在物业和居民共同管理的基础上增加环保部门和安保部门的管理。在小区内部校园、医疗机构附近增加绿化与隔音带。既保证了居民生活体验，又间接提高了行车驾驶员的驾驶舒适度，降低事故发生率。

## 六、模型的评价

### 6.1 模型的优点

1. 对小区进行分类衡量，能够区别部分类型小区开放对交通通行的影响，具有多样性与实用行。
2. 基于 Vissim 仿真软件模拟现实道路状况，能够形象展现小区开放前后车辆的行驶状况
3. 对道路进行分类衡量，能更为科学合理的衡量小区周围道路通行能力。
4. 对小区开放进行一定的优化并提出合理的建议，体现我们的模型具有一定的前瞻性与适应性。

## 6.2 模型的缺点

1. Vissim 仿真软件不能完全模拟出实际的交通情况，具有一定的可接受误差
2. 基于 Vissim 的 0-1 优化方案不一定是适合实际的最优方案，仅仅是相比目前来说更优的方案

如需word论文和完整源代码  
淘宝店铺：亦是远方

## 七、参考文献

[1] <https://baike.baidu.com/item/%E9%81%93%E8%B7%AF%E9%9D%A2%E7%A7%AF%E7%8E%87/>

[2] <https://baike.baidu.com/item/>

[3] <https://baike.baidu.com/item/VISSIM/>

如需word论文和完整源代码  
淘宝店铺：亦是远方