

小区开放对道路通行影响的研究

摘要

本文针对小区开放对周边道路通行影响的问题，运用了变异系数法，相对偏差模糊综合评价法，建立了相对偏差模糊综合评价模型，车流量阻滞模型，路网通畅度模型，得到了小区开放前后对交通通行的影响程度。

对问题一，首先选取路网密度，车流密度，交叉路口车流量，出入口连接方式，月交通事故率，路网饱和度理化指标，用于评价小区开放对周边道路通行的影响。然后选取济南市长清区丹凤小区作为研究对象并收集与理化指标有关的资料，利用预处理过的小区开放前后有关理化指标的数据，建立了相对偏差模糊综合评价模型，分析出小区开放后比开放前其周边道路更为通畅。再结合相对偏差模糊综合评价模型中的变异系数法得到的各个理化指标关于小区开放对周边道路通行的影响的权重系数，对预处理过的各理化指标的数据进行归一化处理，利用各理化指标的权重系数并结合归一化处理的数据建立了关于小区开放前后对周边道路通行影响的目标函数，同时建立了小区开放前后对周边道路通行影响的评价等级，分析得到小区开放后对周边道路通行影响的评价等级为中等，小区开放前对周边道路通行影响的评价等级为普通等。

针对问题二，根据小区开放前后的车流量对交通通行的影响程度大小，选取小区出入口，十字交叉路口，小区周边路网作为研究车流量对交通通行影响的主要情形。首先针对小区周边路网，选取问题一中选取的小区为研究对象，建立了路网通畅度模型，利用该小区周边的道路车流量数据，分析得到小区开放后道路交通通畅程度比小区开放前有较大提升。最后针对小区入口，选取济南市长清区某个小区出入口为具体研究对象，利用文献上的部分数据，建立了车流量阻滞模型，同时结合制定的交通指数等级，分析小区开放前后出入口处的道路通畅程度，得到小区未开放前比开放后出入口处交通更为通畅。

针对问题三，基于小区周围的道路通行情况与小区结构、周边道路结构、车流量因素有一定的关联，构建了三种不同结构类型的小区，然后利用第一、二问所做的评价体系与模型对它们进行评价，得到这三种结构小区对周围道路通行的影响，其中中等密集度小区对周围道路通行有较好的促进作用，其次是低等密集度小区，较差的为高等密集度小区，得到了与预期相吻合的结果。

针对问题四，结合小区的实际情况，我们从交通通行的角度，向城市规划和交通管理部门提出我们关于小区开放的合理化建议，构建 T 型小区出入口与双层立交交互式出入口，能较为完善的解决小区连接城市交通网络问题。

关键词：相对偏差模糊综合评价 车流量阻滞模型 *Matlab* 路网通畅度模型

1.问题的重述

1.1 背景知识

1.问题概况

中国人口基数是占全世界人口基数最大的一个国家，由人口问题导致出行对道路通行的影响也日益引起了广泛的社会关注，由此产生的小区开放问题也引起了人们的讨论。今年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，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。

2. 问题原因

除了开放小区可能引发的安保等问题外，关注的焦点之一是：开放小区能否达到优化路网结构，提高道路通行能力，改善交通状况的目的，以及改善效果如何。一种观点认为封闭式小区破坏了城市路网结构，堵塞了城市“毛细血管”，容易造成交通阻塞。小区开放后，路网密度提高，道路面积增加，通行能力自然会有提升。也有人认为这与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素有关，不能一概而论。还有人认为小区开放后，虽然可通行道路增多了，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，也可能会影响主路的通行速度。

1.2 要解决的问题

1.问题一

选取合适的评价体系，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。请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关于小区开放的合理化建议。

2.问题的分析

2.1 对问题的总体分析

小区开放对周边道路的影响是一个涉及路网密度,车流密度等多方面因素的问题,考虑到数据的不易获取性,我们仅选择某个小区作为研究对象,统计其开放前后有关车流量的相关信息,然后通过对比,得出小区开放前后对道路通行的影响力度。

2.2 对问题的具体分析

1.对问题一的分析

对于问题一,要求选取合适的评价体系,用以评价小区开放对周边道路通行的影响。我们先通过选取某一小区开放前后车流量相关信息的统计,再对收集的信息进行预处理,从中选取六个主要的评价指标作为本问的评价体系,用来评价小区开放前后对周边道路的影响。

2.对问题二的分析

问题要求建立合理的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。查阅相关文献并结合现实经验,选取高峰期的小区出入口,交叉路的十字路口,小区周旁的路网为具体研究对象,研究车流量对交通畅通的影响。针对小区开放前后的车流对小区出入口的交通畅通的影响,可以从某一高峰期前期时刻起到车流量接近路口最大车流量载荷的时间来衡量。针对小区周边路网,可以将每条道路上车流量与该道路的交通通行能力做比然后平均,即可得到车流量与路网的交通通畅的关系。

3.对问题三的分析

基于第一、二问的研究,增加小区结构、周边道路结构、车流量有关指标,来定量研究各类型小区开放前后对道路通行的影响。采用不同规模的小区住宅,利用第二问建立的模型,对其不同规模的小区住宅进行定量的分析,并对小区开放前后的交通通行情况进行对比分析,得出不同类型住宅与小区是否开放的相对关系。

4.对问题四的分析

要求我们基于以上研究,从交通通行的角度,向市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。T型小区出入口是交通拥堵和交通事故发生高峰期,可以针对拥堵和交通事故发生的原因对其从根本上提出一些改进方案,例如禁停措施。十字路口也是经常发生交通拥堵和交通事故的高发源地点,建立双层空间,从而降低了交通拥堵和交通事故的发生率。对于小区内部采取旁侧行驶,既满足驾驶者走近道的要求也易于小区居民接受。

3.模型的假设

1. 假设研究区域居民处于正常活动、工作期间；
2. 假设小区周围道路完好，无封堵管制现象；
3. 假设小区居民短期内无大规模的购车活动；
4. 本文只考虑道路高峰期的交通状况。

4.名词解释与符号说明

4.1 名词解释

1.道路通行能力：道路设施所能疏导交通流的能力，即在一定的时段和正常的道路、交通、管制及运行质量要求下，道路设施通过交通流质点的能力。

2.路网密度：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，一般为某一计算区域内所有的道路的总长度与区域总面积之比。

3.道路面积：指道路面积和与道路相通的广场、桥梁、隧道的面积。

4.交通拥堵指数：又称交通运行指数，是北京市首创的综合反映道路网畅通或拥堵的概念性数值，简称交通指数。

4.2 符号说明

本模型所用到的主要变量及意义见表 4-1.

表 4-1 主要变量及意义

序号	符号	含义
1	ρ	车流密度
2	Z	交通指数
3	w	路网密度
4	p	交通事故发生率
5	M	交通拥堵指数
6	n	车流量
7	R	基本通行能力
8	t_i	第 i 时间段

注：表格中未定义到的变量，使用时会在文章中具体说明。

5.模型的建立与求解

5.1 问题一的分析与求解

5.1.1 对问题的分析

为衡量道路的通行情况，首先要收集一天中某一小区开放前后车流量三个峰期（6：00-8：00，11：00-13：00，18：00-20：00）的相关信息，通过数据整合，我们选取路网饱和度、月交通事故率、路网密度、交叉路口车流量、车流密度、出入口连接作为指标来进行评价。然后再对三个峰期值做平均，得出各指标的平均指数，最后通过 Matlab 做出各指标对交通指数影响的函数表达式，来评价各指标对交通指数影响的权重。

5.1.2 对问题的求解

模型 I——相对偏差模糊综合评价模型

1 建模思路

首先将搜集到的数据进行变异系数，归一化等预处理，然后用相对模糊综合评价模型对所得的数据进行分析，比较小区开放前后周边道路交通的通畅程度，在用相对模糊综合评价中得到的各指标权重，具体说明各指标对道路通行能力的影响程度。

2 建模准备

（1）变异系数法

变异系数又称“标准差率”，是衡量数据中值变异程度的一个统计量。当进行两个或多个数值进行变异程度的比较时，若度量单位与平均数相同，则可直接利用标准差来比较。如果单位和平均数不同时，这时就不能采用标准差来进行比较，而需采用标准差与平均数的比值来比较。采用变异系数法过程如下：

①先计算出第 i 项的平均值：

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

②然后计算出第 i 项指标的方差：

$$s_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (2)$$

③紧接着计算出第 i 项指标的变异系数：

$$c_i = \frac{s_i}{|x_i|} \quad (3)$$

④最后对 c_i 进行归一化:

$$w_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^m c_i} \quad (4)$$

经过上式计算即可得到相应观测变量的权重。

(2) 数据归一化处理

对序列 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 进行变换:

$$X = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (5)$$

则新序列的 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \in [0,1]$ 且无量纲。

3. 模型的建立

基本原理: 首先确定被评价对象的因素集合和评价集合, 然后再分别确定各因素的权重以及它们的隶属度, 获得模糊评价矩阵, 最后将模糊评价矩阵与因素的权向量进行模糊运算同时归一化, 从而得到模糊评价综合结果。步骤如下:

(1) 虚拟理想方案 $v=(v_1, v_2, \dots, v_n)$

其中, $v_i = \begin{cases} \max_j \{a_{ij}\}, & a_{ij} \text{ 为效益型指标} \\ \min_j \{a_{ij}\}, & a_{ij} \text{ 为成本型指标} \end{cases}$

(2) 构造相对偏差模糊矩阵

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$\text{其中, } a_{ij} = \frac{|a_{ij} - v_i|}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \quad (7)$$

(3) 确定各评价指标权重 ω_i 。

(4) 对各方案的偏差加权平均, $F_j = \sum_{i=1}^m \omega_i a_{ij} (j=1,2,\dots,n)$ (8)

(5) 根据 F_j 值进行综合评价, 若 $F_j < F_s$, 则第 t 个方案排在第 s 个方案之前。

4. 模型的求解

选取济南市长清区的丹凤小区(以进行路线数字化)进行分析如下图:



图 5-1 济南市长清区的丹凤小区图

小区和开放后小区路段各指标的预处理数据如表 5-1:

表 5-1 各指标预处理数据

	路网密度	车流密度	交叉路口车流量	出入口连接	月交通事故率	路网饱和度
小区开放前	3.9000	84.0570	487.7600	3.0000	4.1360	0.5072
小区开放后	3.6000	97.9610	583.6200	2.0000	5.2190	0.3726

运用 Matlab 软件对该数据进行相对偏差模糊综合评价, 求解得到小区开放后比小区开放前对周边道路交通的影响大。且得到各指标的权重系数如下:

表 5-2 各指标的权重系数

指标	路网密度	车流密度	交叉路口车流量	出入口连接	月交通事故率	路网饱和度
数值	0.0593	0.1132	0.1326	0.2965	0.1716	0.2268

得开放小区后对交通影响最大的是交叉路口的车流量, 然后是路网密度、车流密度等。

再利用 Excel 软件对各指标的预处理数据进行数据归一化处理得到的数据如下:

表 5-3 归一化数据

	路网密度	车流密度	交叉路口车流量	出入口连接	月交通事故率	路网饱和度
小区开放前	3.9000	84.0570	487.7600	3.0000	4.1360	0.5072
小区开放后	3.6000	97.9610	583.6200	2.0000	5.2190	0.3726

将原始数据经上述一系列的预处理过程后,得到小区开放前后各指标的指数如表 5-4:

表 5-4 处理后各指标的数据

	路网密度	车流密度	交叉路口车流量	出入口连接	月交通事故率	路网饱和度
小区开放前	0.7800	0.6451	0.3685	0.7500	0.5170	0.5072
小区开放后	0.7200	0.6401	0.3825	0.5000	0.6524	0.3726

将预处理后的各指标数据,用 Matlab 编程得到开放后小区各指标的权重系数与交通指数的函数表达式如下:

$$Z=0.2268x_1+0.1716x_2+0.2965x_3+0.0593x_4+0.1326x_5+0.1132x_6$$

建立评价等级如下表:

表 5-5 评价等级表

范围	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1.0
等级	较弱	弱	较强	强	极强

其中, Z 代表交通指数,用以表示衡量道路通行状况; $x_i(i=1,2,3,4,5,6)$,分别表示路网密度、车流密度、交叉路口车流量、出入口连接、月交通事故率、路网饱和度。

将表 5-4 的数据代入函数表达式得到小区开放前后的函数值分别为 0.2867, 0.4169,得开放小区对应的评价等级为较强,未开放小区对应的评价等级为较弱。所以开放小区对交通通行有较大的影响。

5.2 问题二的分析与求解

5.2.1 对问题的分析

为了研究小区开放后车辆通行对周边道路的影响，先对高峰期集中段部分单独进行车流量分析，再通过选取济南市某一小区作为研究对象，对比小区开放前后车流量阻滞情况及在红灯条件下车辆的等待时间，最后可以通过路网畅通度来衡量小区开放前后对周边道路上车辆通行的影响。

5.2.2 对问题的求解

模型 II——车流量阻滞增长模型

(1)建模思路

根据小区出入口的车流量在路口高峰期前中后的正态分布，针对高峰期集中段部分极易出现拥堵现象提出车流量阻滞增长模型，研究该路口车流量对其交通通行的影响，并将小区开放前后的交通通行情况进行对比分析。

(2)模型的准备

1. 交通拥堵指数：交通拥堵指数也被简称为“交通指数”(Traffic Performance Index, 即“TPI”)，是北京市创建的综合反映道路网畅通或拥堵的概念性指数值，相当于把拥堵情况数字化。交通拥堵指数取值范围为 0 至 10，每 2 个数为一个等级。

2 交通拥堵指数与出行时间之间的关系表：

表 5-6 交通拥堵指数划分表

交通指数	对应路况	出行时间
0-2	基本无道路拥堵	可以按道路限速标准行驶
2-4	有少量道路拥堵	比畅通时多耗时 0.2-0.5 倍
4-6	部分环路，主干道拥堵	比畅通时多耗时 0.5-0.8 倍
6-8	大量环路，主干道拥堵	比畅通时多耗时 0.8-1.1 倍
8-10	全市大部分拥堵	比畅通时多耗时 1.1 倍以上

依据网上查找文献知小区出入口与衔接的道路处由于驾驶者视野盲区，尤其是高峰期上下来往的行人和车辆较多，容易发生交通事故或交通拥堵问题；现从网上随机选取一个小区出入口，根据其高峰期前期，高峰期中期和高峰期后期的来往车辆的数据进行绘图。观察高峰期前期，高峰期中期和高峰期后期的车流量分布情况如下图：

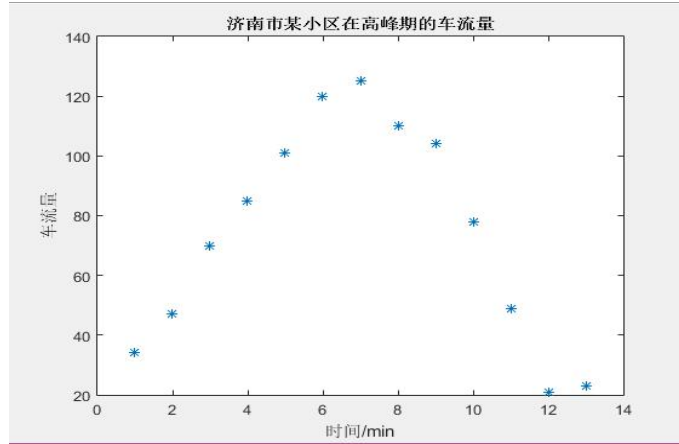


图 5-2 高峰期期间车流量

由图中可知车流量关于高峰期前中后大致满足正态分布。基于上述结论提出用车流量阻滞增长模型研究高峰期前中后小区出入口的车流量对该路口的交通通行的影响程度。

(3) 模型的建立

阻滞增长模型是考虑到环境自然资源等因素对增长的阻滞作用，现将阻滞增长模型用于研究小区出入口在高峰期时车流量的大小对出入该入口附近的交通可能造成的阻滞影响，同时建立车流量阻滞增长模型。如果在小区出入口车流量较少时，可以把车流量的增长率 f 看成常数，那么当车流量增加到一定数值后，把 f 看做是一个随车流量增大而减少的量，即将增长率 f 表示为车流量的 $\varphi(t)$ 的函数，且 $f(\varphi)$ 为 φ 的减函数，于是有：

$$\frac{d\varphi}{dt} = f(\varphi)\varphi, \quad \varphi(0) = \varphi_0 \quad (9)$$

对 $f(\varphi)$ 的一个最简单的假定是，设 $f(\varphi)$ 为 φ 的线性函数，即

$$f(\varphi) = f - s\varphi \quad (f > 0, s > 0) \quad (10)$$

设小区出入口的 T 字型路的通行能力为 φ_m ，当 $\varphi = \varphi_m$ 时由于交警疏导的作用或其他方面的影响因素使车流量不再增长，即增长率 $f(\varphi_m) = 0$ ，代入式 (10) 得

$s = \frac{f}{\varphi_m}$ ，于是式 (10) 为

$$f(\varphi) = f \left(1 - \frac{\varphi}{\varphi_m}\right) \quad (11)$$

将 (11) 代入方程 (9) 得：

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = f\varphi(1 - \frac{\varphi}{\varphi_m}) \\ \varphi(0) = \varphi_0 \end{cases} \quad (12)$$

解方程 (12) 可得:

$$\varphi(t) = \frac{\varphi_m}{1 + (\frac{\varphi_m}{\varphi_0} - 1)e^{-ft}} \quad (13)$$

依据北京市提出的交通拥堵指数, 现将其改为应用于小区出入口与道路衔接的路口接口 T 型交通拥堵指数。与交通拥堵指数类似, 接口 T 型交通指数也划分五个等级, 五个等级是依据从某一时刻起车流量达到与道路车流量最大荷载较为接近的值时的时间间隔划分。具体划分如下表:

表 5-7 T 型交通拥堵指数划分表

交通指数	对应路况	出行时间(min)
0-2	道路基本无拥挤现象	80 以上
2-4	道路出现拥挤现象	$60 \leq t < 80$
4-6	道路出现较短时间的拥堵现象	$40 \leq t < 60$
6-8	道路出现较长时间的拥堵现象	$20 \leq t < 40$
8-10	道路出现瘫痪现象	$t < 20$

运用从个别文献中查找的小区开放前后的部分数据, 对车辆进行标准换算后, 预处理得到的路口实际车流量数据, 依据建立的车流量阻滞增长模型对小区开放前后进行数字化运算分析即可得到小区开放前后车流量的大小以及路口的交通通行程度。把 100 作为路口交通通行的最大模拟车流量载荷。

(4)模型的求解

选取济南市某一小区作为研究对象, 通过对网上查找的一些车辆数据进行标准化换算后, 预处理得到小区开放前后的车流量数据如下:

表 5-8 小区开放前车流量数据

开放前小区车辆出进车流量					开放前道路上车流量					总车流量
私家轿车	大客车	大货车	铰接车	换算	小车	大客车	大货车	铰接车	换算	换算
2	0	0	0	2	31	3	2	2	48	50
4	0	0	0	4	25	7	4	1	52	56
3	0	0	0	3	44	4	2	2	63	66
6	0	0	0	6	62	2	4	1	79	85

4	0	0	0	4	55	2	6	2	80	84
2	0	0	0	2	70	5	3	2	93.5	95.5
7	0	0	0	7	53	11	4	1	88	95
4	0	0	0	4	61	2	6	2	86	90

小区在开放前不允许除小区住户的私家车外的车辆进入或开出小区，所以小区出入口与道路衔接的路口处的车流量较小，引起该路口的交通拥堵的可能性较小。由上表可知在高峰期该小区开放前的车流量较小，可得其对交通影响较小。

表 5-9 小区开放后车流量数据

开放后小区车辆出进车流量					开放后道路上车流量					总车流量
小客车及轿车	大客车	大货车	铰接车	换算	小客车	大客车	大货车	铰接车	换算	换算
9	0	0	0	9	28	4	2	1	44	53
14	1	0	0	16	22	12	3	2	59.5	75.5
18	2	0	0	22	51	7	6	0	80	102
22	0	0	0	22	68	5	10	1	106	128
28	1	0	0	30	42	21	5	2	103	132.5
22	2	0	0	26	65	14	8	1	116	142
18	0	0	0	18	60	10	9	4	115	132.5
21	0	0	0	21	48	11	15	2	114	134.5

小区开放后，有一部分小客车或出租车可从小区内部穿过，导致小区出入口的车流量的增加。路口能承受的车流量是有限的，在高峰期时随着车流量的增大，将会影响道路的通行，若车流量过大将会引起道路交通的拥挤，拥堵甚至瘫痪现象的发生。由上表可知在高峰期该小区开放后的车流量较大，可得其对交通影响较大，且在高峰期易引起交通拥堵现象。因此对非小区内业主的私家车应给予适当的控制。

利用上述得到的预数据，结合建立的车流量阻滞增长模型，运用 Matlab 软件进行求解得到小区开放前后的车流量阻滞函数及其曲线图

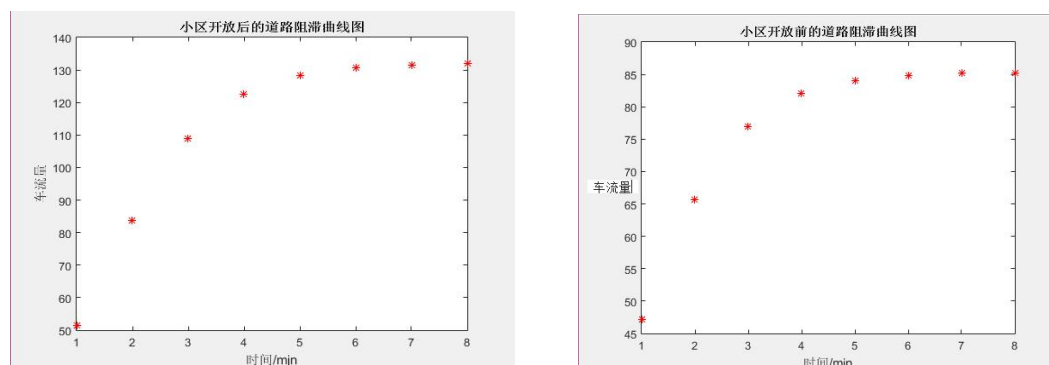


图 5-3 小区开放前、后道路阻滞图

$$\text{小区开放后的车流量阻滞函数: } \varphi_{\text{后}}(t) = \frac{1}{0.0075 + 0.0325e^{-t}}$$

$$\text{小区开放前的车流量阻滞函数: } \varphi_{\text{前}}(t) = \frac{1}{0.0075 + 0.0325e^{-t}}$$

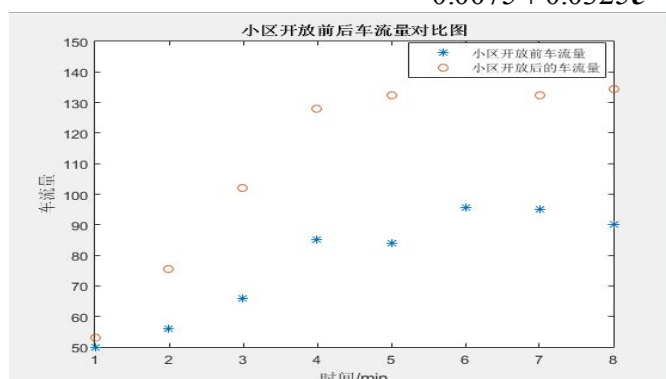


图 5-4 小区开放前后道路阻滞对比图

由图 5-3 知开放前的小区大概在在高峰期开始的 70min 后车流量接近 100，依据交通指数等级标准，可得该小区的交通指数为一等，该路口的交通通行能力较好。

由图 5-3 知开放后的小区大概在在高峰期开始的 31min 后车流量接近 100，依据交通指数等级标准，可得该小区的交通指数为四等，该路口的交通通行能力差，容易造成交通拥堵。

由两组数据对比图 5-4 可知，小区开放后车流量较大幅度增加，在小区出入口都禁停车等的大致相同的交通情况下，小区开放后确实对路口的交通通行造成了阻碍，应该做适当改善。对于不同规模的小区，其开放前后的车流量对交通通行的影响会随着小区的规模和结构的不同而不同。

模型 III—— 路网通畅度模型

(1)建模思路

随着经济的发展，道路上车辆的数目不断的上升，导致路网的车流量压力越来越大，道路通行的好坏常常与该路段及其附近路段的车流量有关。利用相关文献得到的部分数据研究某一小区开放前后的周旁道路网的交通通行情况。

(2)模型的准备

定义 1 通行能力：在一定的道路交通条件下，单位时间内某一段道路上通过某一断面的最大交通流率。

定义 2 实际通行能力：在实际的道路交通条件下，单位时间内某一段道路上通过某一断面最大可能的交通量。

定义 3 车辆换算系数：确定一种车型为标准车，取其系数为 1，根据各种车辆行车时所占道路程度确定其标准系数。

(3)模型的建立

1.由于不同类型的车型在道路中行驶时占据道路宽度的程度不同,时速也不同,相同数量的大客车与相同数量的小客车或出租车在同一路段行驶时,后者的速度较快且行驶过程较为快捷,所以采用车辆数作为车流量指标是不合理的,故采取车辆换算系数的方法得到较为合理的车流量指标。

根据《城市道路工程设计规范(CJJ37-2012)》规定,交通量换算应采用小客车为标准车型,各种车辆的换算系数应符合下表的规定:

表 5-10 各种车辆标准换算系数

车辆车型	小客车	大型客车	大型货车	铰接车
换算系数	1.0	2.0	2.5	3.0

将各路段的车辆流动的数据代入如下换算函数:

$$R_i = (z_1 \ z_2 \ z_3 \ z_4) \cdot (1.0 \ 2.0 \ 2.5 \ 3.0)^T \quad (i=1,2,\dots) \quad (19)$$

换算后得到的各路段车流量对研究小区开放对周边道路通行情况具有较强的数据意义。

2. 每一条道路都有基本交通通行能力,然而对于不同地区不同时期它的实际通行能力与基本交通通行能力是有较小差别的,路面的宽度,平整度,行车视野,驾驶员对交通规测的准守情况,车辆的拥挤程度都对道路的通行能力有着不同程度的影响。由于实际通行能力数据的获取比较难,近似认为基本通行交通量即为实际交通通行能力,根据实际情况建立基本的通行能力的计算公式如下:

$$R_{S_i} = \frac{3600}{t_0} = \frac{1000v}{l_0}, \quad l_0 = t_0 v = \frac{1000t_0 v}{3600} (m) \quad (20)$$

其中: R_{S_i} 为基本通行能力, t_0 为时距, l_0 为车头距离, v 为行车速度,通过上式即可得到每一条道路的通行能力。

3. 依据换算函数和通行能力的计算公式对数据进行分析,研究小区开放对周边道路通行情况。路网的通畅程度与路网的每一条道路通畅情况息息相关,为了研究整个路网的通畅情况,利用每一条道路的车流量与该道路的基本通行能力做比值,分析即可得到该路交通现况。再将所有的交通现况总和取平均即可得到该小区周边的道路通行的拥挤情况,其模型公式如下:

$$S_i = \frac{R_i}{R_{S_i}} \quad SUMS = \sum_{i=0}^r S_i \quad (21)$$

将分析的结果与等级表对照即得到该小区开放前后车流量对周边交通的影响。

(4)模型的求解

利用问题 1 中选取的济南市长清区丹凤小区周旁的道路网进行交通通行情况的分析，该地区位于长清区繁华地带的边缘，所以路线网不是特别发达，我们选取了该地区的近 8 条主道，12 条次道以及小道等 39 条路线网，路线网详见图。由于小道上车流量较小且交通运行较好，重点研究主道和次道上的车流量对交通通行的影响程度。对小等规模，中等规模，高等规模的处理数据如下：

表 5-11 小规模的道路网车流量表

	路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
小区开放后	1	101	25	5	0	163.5
	2	56	40	25	0	198.5
	3	62	31	12	0	154
	4	82	35	26	0	217
小区开放前	1	91	24	5	0	151.5
	2	51	41	25	0	195.5
	3	55	28	12	0	141
	4	78	31	26	0	205

表 5-12 小规模的道路网车流量表

	路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
小区开放后	1	123	35	14	1	231
	2	211	32	12	1	308
	3	160	34	21	0	280.5
	4	321	23	8	0	387
	5	275	34	10	1	371
	6	173	25	7	0	240.5
小区开放前	1	120	31	11	1	212.5
	2	163	29	9	1	246.5
	3	151	20	18	0	236
	4	301	23	10	0	372
	5	239	29	10	1	325
	6	168	25	8	0	238

表 5-13 高等规模道路网车流量表

	路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
小区开放后	1	311	41	21	2	451.5
	2	412	51	15	3	560.5
	3	231	36	17	1	348.5
	4	241	34	14	2	350
	5	381	31	15	1	483.5
	6	351	32	18	2	466
小区开放前	1	214	31	21	2	334.5
	2	352	43	15	3	484.5
	3	213	32	17	1	322.5
	4	211	29	14	2	310
	5	298	28	15	1	394.5
	6	319	27	18	2	424

表 5-14 各种规模的小区开放前后的拥堵程度表

	小等规模	中等规模	大规模
小区开放后	0.183	0.303	0.442
小区开放前	0.173	0.271	0.377



图 5-5 小区周围路线网

5.3 问题三的分析与求解

5.3.1 对问题的分析

基于第一、二问的研究，增加小区结构、周边道路结构、车流量有关指标，来定量研究各类型小区开放前后对道路通行的影响。采用不同规模的小区住宅，利用第二问建立的模型对其不同规模的小区住宅进行定量的分析并对小区开放前后的交通通行进行对比分析不同类型住宅与小区是否开放的相对关系。

5.3.2 对问题的求解

(1) 建模思路

当小区开放后，对周围道路通行的影响与小区结构及周边道路结构、车流量有关都有关系。所以我们自己构建了三种不同结构小区：高等、中等、低等密集程度的小区，对其周围道路通行状况按照第一、二问中建立的模型进行深入研究，定量分析周围道路通行状况。

(2) 建模的准备

住宅区的分类：居住区按规模的大小和等级的不同可以分为居住区，居住小区，居住组团。居住区是居民生活在城市中以群集聚居，形成规模不等的居住地段，该居住区包含教育，健身，居住，工作等各种活动，人口约为 5~6 万，用地 50~100 公顷为大规模居住区；居住小区则是以住宅楼为主体并配有商业网点、文化教育、娱乐、绿化和公共设施等而形成的居民生活区，一般居住人口 7000~15000，为中等规模居住区；而居住组团则是指一般被道路分隔，并与居住人口规模 1000~3000 人相对应，配建有居民所需的基层公共服务设施的生活聚居地，面积小于 10 万平方米，为小规模居住区。这些小区的共同特点之一就是基本为封闭式，不被城市交通干线所穿越。

(3) 模型的建立

我们构建的三种不同结构的小区如下：低等密集程度小区、中等密集程度小区、高度密集程度小区

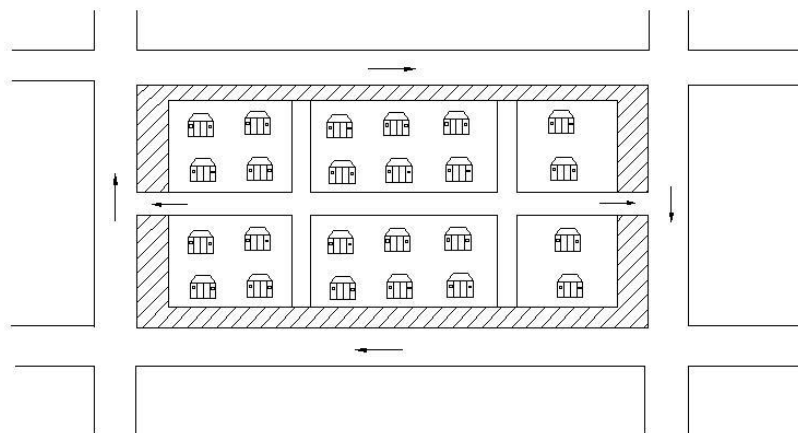


图 5-6 低等密集程度小区

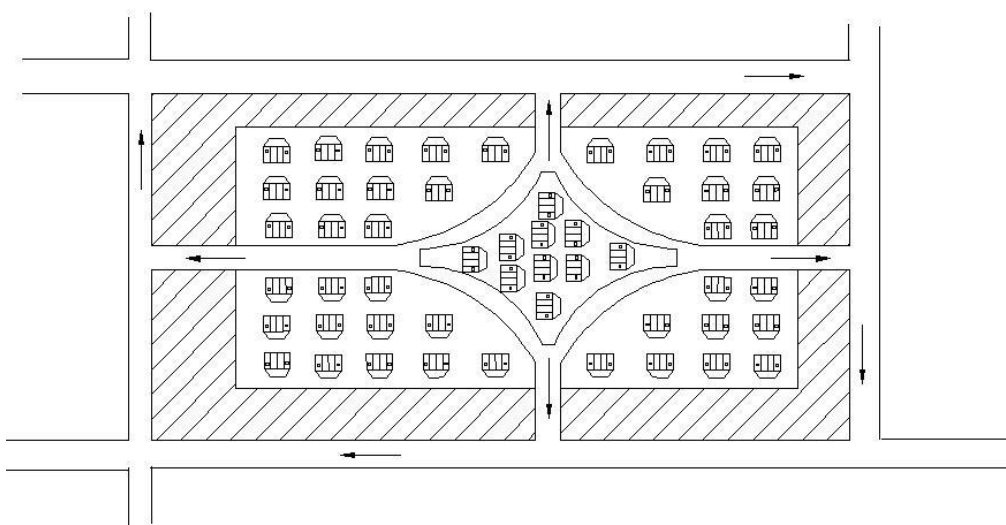


图 5-7 中等密集程度小区

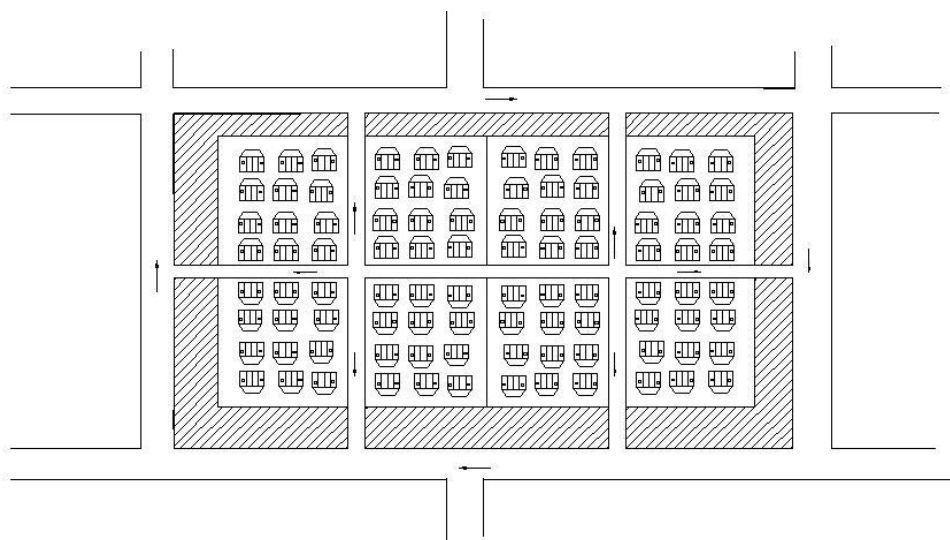


图 5-7 高度密集程度小区

根据收集到数据, 结合问题一、二中建立的评价模型, 利用 Excel 与 matlab 软件, 做出三种不同结构小区周围道路通行状况的评价结果。

(4) 模型的求解

①以高等密度程度的小区为例, 将收集到的数据用 Excel 进行处理, 在 MATLAB 中输入相应程序得到小区开放前、后道路阻滞曲线如下结果:

表 5-15 开放前小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	311	41	21	2	451.5
2	412	51	15	3	560.5
3	231	36	17	1	348.5

4	241	34	14	2	350
5	381	31	15	1	483.5
6	351	32	18	2	466

表 5-16 开放后小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	214	31	21	2	334.5
2	352	43	15	3	484.5
3	213	32	17	1	322.5
4	211	29	14	2	310
5	298	28	15	1	394.5
6	319	27	18	2	424

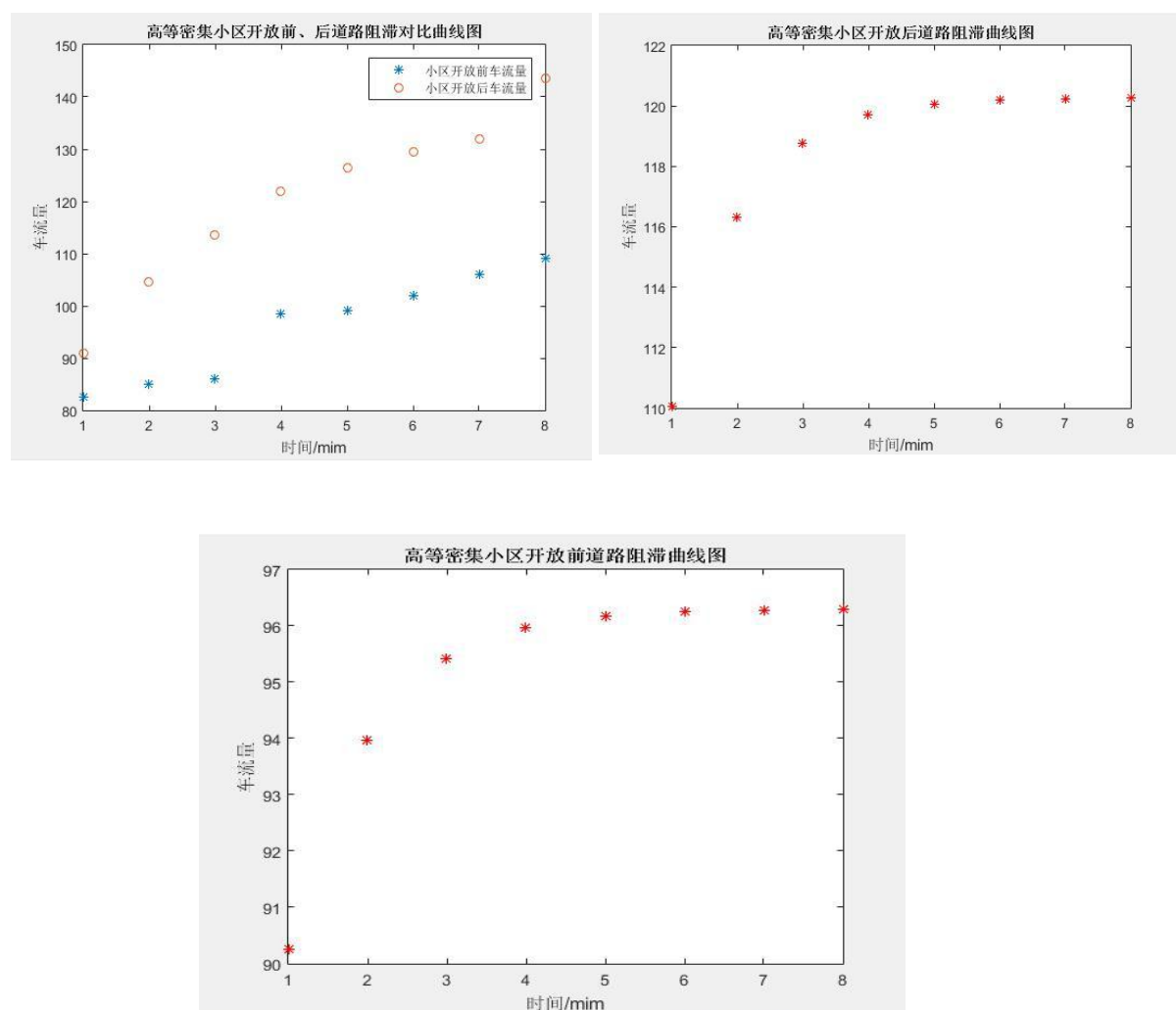


图 5-9 高度密集小区开放前、后道路阻滞曲线

分析：由于小区密集度较大，自身就有较大规模的车流量，当它开放后，虽然连接了城市的主干道，能较好的连接城市交通网，从一定程度上缓解了交通压力，但是对道路的分流作用，并未产生较为明显的结果。利用 Vissim 软件进行模拟仿真，得到如下仿真图：

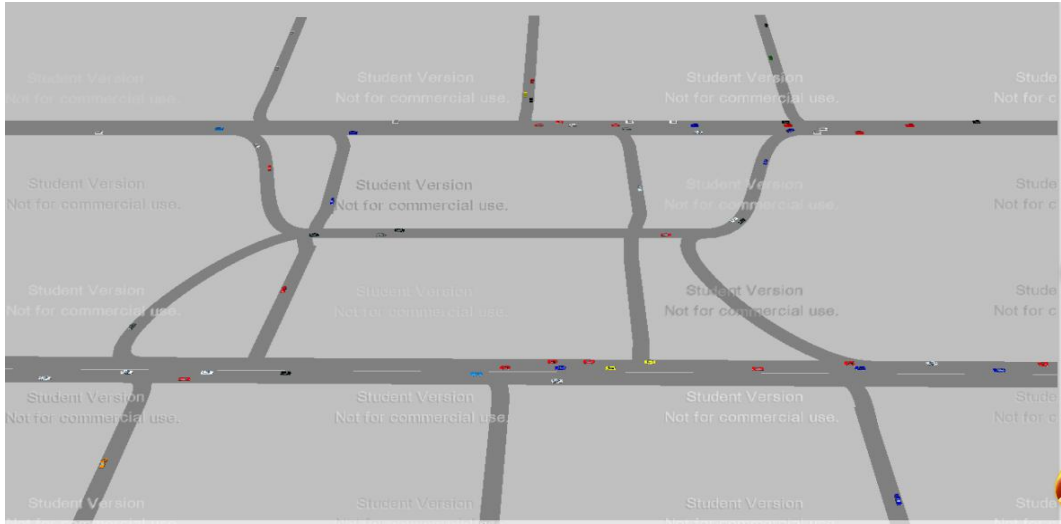


图 5-10 仿真图

②以中等密度程度的小区为例，将收集到的数据用 Excel 进行处理，在 MATLAB 中输入相应程序得到小区开放前、后道路阻滞曲线如下结果：

表 5-17 开放前小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	123	35	14	1	231
2	211	32	12	1	308
3	160	34	21	0	280.5
4	321	23	8	0	387
5	275	34	10	1	371
6	173	25	7	0	240.5

表 5-18 开放后小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	120	31	11	1	212.5
2	163	29	9	1	246.5
3	151	20	18	0	236
4	301	23	10	0	372
5	239	29	10	1	325
6	168	25	8	0	238

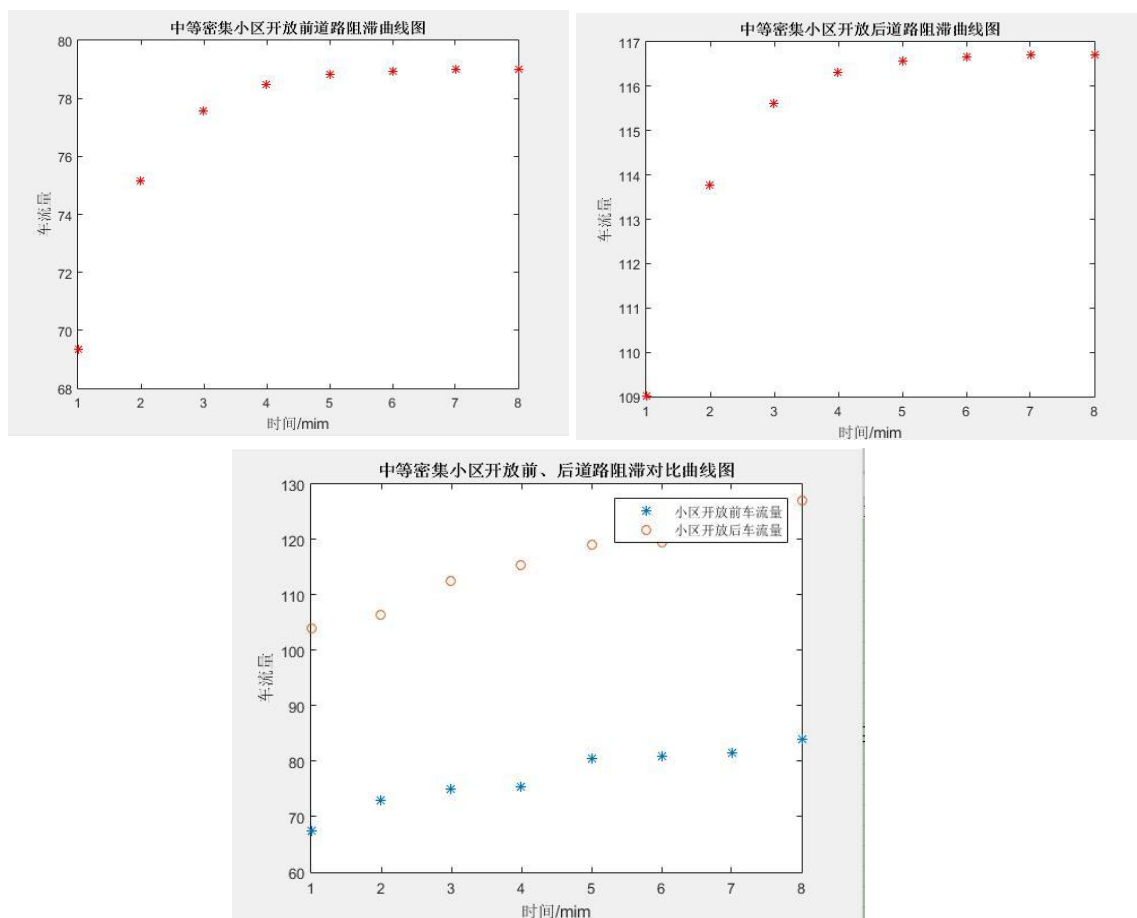


图 5-9 中等密集小区开放前、后道路阻滞曲线

分析：中等密集程度的小区，由于所占面积较大，小区内交通道路比较完善，当它开放后能很好的连接城市公路网，舒化城市“毛细血管”，大大提高了城市路网密度、车流密度，降低了交通事故率，对周围的交通情况起到很好的调节作用。利用 Vissim 软件进行模拟仿真，得到如下仿真图：

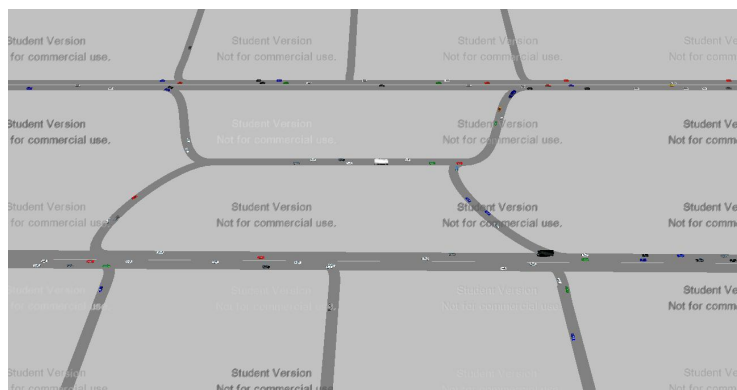


图 5-11 仿真图

③以低等密度程度的小区为例，将收集到的数据用 Excel 进行处理，在 MATLAB 中输入相应程序得到小区开放前、后道路阻滞曲线如下结果：

表 5-19 开放前小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	101	25	5	0	163.5
2	56	40	25	0	198.5
3	62	31	12	0	154
4	82	35	26	0	217

表 5-20 开放后小区周围车流量

路号	小车	大客车	大货车	铰接车	换算
1	91	24	5	0	151.5
2	51	41	25	0	195.5
3	55	28	12	0	141
4	78	31	26	0	205

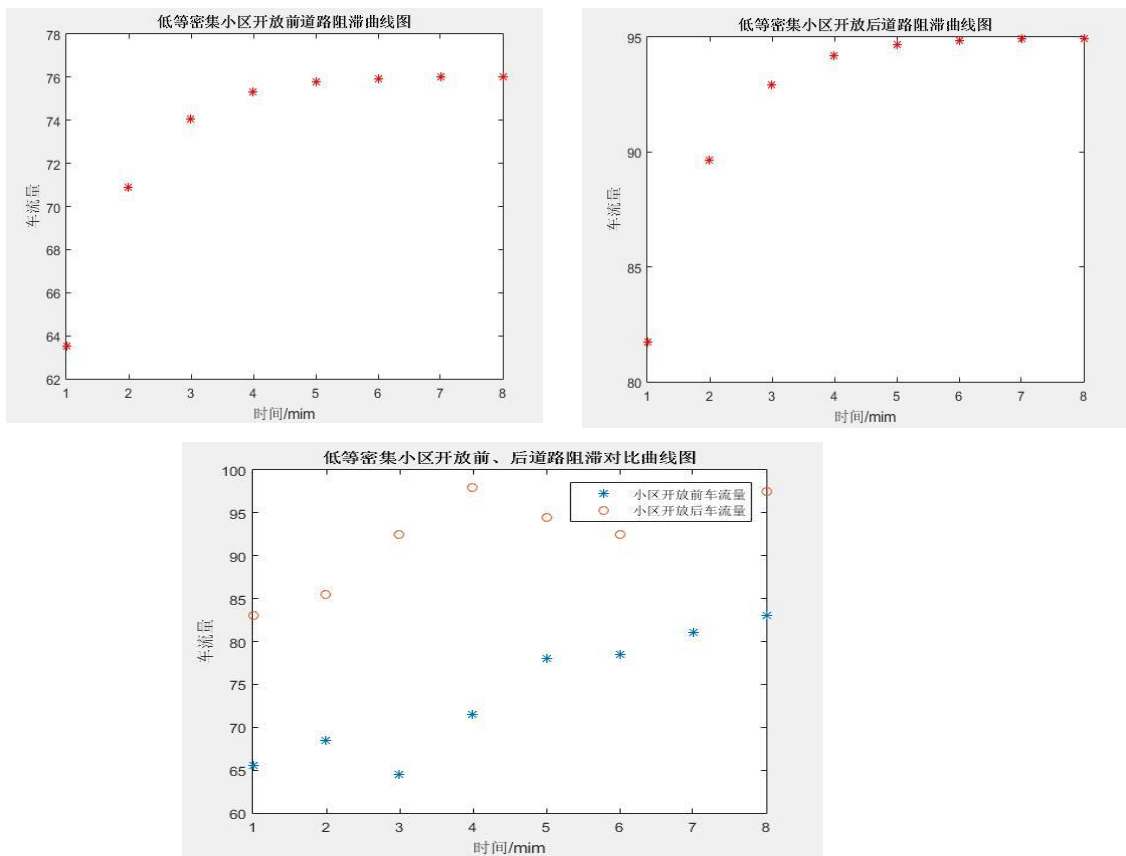


图 5-12 低等密集小区开放前、后道路阻滞曲线

分析：低等密集程度的小区，虽然占地面积小，小区内道路情况一般，但是在一些高峰时段，能够分担一部分的交通压力，这与它的地理位置有关，这些小

区一般是较明显的阻碍了城市交通网，一旦开放，将一些小区内的“断头路”连接到城市道路网中，从而达到舒缓交通压力，所以小区周围的交通情况较之前比好，此类小区适合开放。利用 Vissim 软件进行模拟仿真，得到如下仿真图：

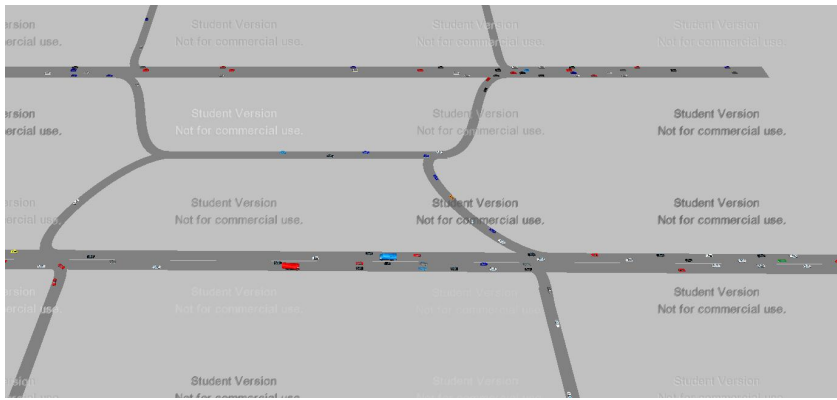


图 5-13 仿真图

5.4 问题四的分析与求解

我们选取济南市长清区的某个开放式小区及其周边进行优化分析，对该小区周边的路况，小区出入口，小区内部进行优化，并与未优化前对比，说明优化方案的可行性。



图 5-14 济南市长清区某小区周边路况图

I. 小区 T 型交叉口优化

1. 由于车辆与行人等都在交叉口汇集，交叉口内车与行人，车与车，非机动车与机动车之间相互干扰，不但会造成交通阻泄，降低行车速度，而且也容易发生交通事故，如 1；1 等。居民小区的出入口不同于一般意义的 T 型交叉口的一个出口，故这些特殊的 T 型交叉口上发生交通事故的成因也有其特殊性。一般意义上的 T 型交叉口无论有无信号监控，也无论与其相交的道路的等级，作为交叉口的进口，至少划分了机动车道与非机动车道，人们也有交通意识，能够遵

守交通法规。但小区的出入口，尤其是出小区进入 T 型交叉口，行人与驾驶人都缺乏安全意识，且其从一个相对安全，交通约束少的区域进入到相对危险，交通约束多的区域时心理上容易疏忽大意，交通意识淡薄，所以容易发生交通事故，将会给居民和受害者造成巨大的损失，同时也会影响该出口处的主干路或次干路的交通畅通，较大程度地阻碍了城市的交通通行。因此我们应该充分审视该问题，并制定一定的优化方案优化小区出入口的道路交通。

2. 优化方案前后对比



图 5-15 济南市长清区某个小区出入口谷歌地图

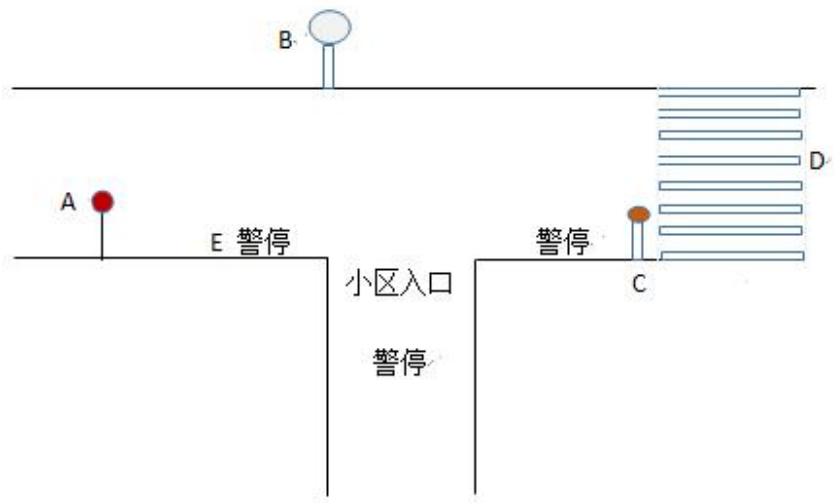


图 5- 16 未优化前的小区出入口简图

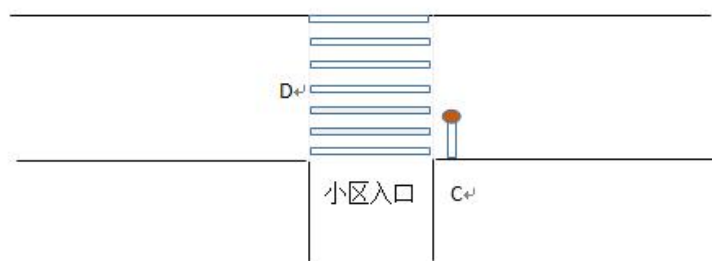


图 5-17 优化后的小区出入口简图

(1) 一般的小区出入口大多都有较多的停车，公路的两旁用斑马线相连，并伴有红绿灯。小区出入口有较多的停车时，在交通高峰期容易造成交通拥堵，再加上来往的行人，极大可能导致交通瘫痪，同时与之连接的主干道或次干道的交通通畅会大幅度下降。所以有待优化。

(2) 上述图为优化后的小区出入口简图，该方案采取在出入口处设立禁止车辆停息的规则，避免了从小区出来的行人和驾驶人对道路情况的观察，降低了行人和驾驶员的视野盲区的范围。在小区的周边，紧邻道路可能车速较快，大车较多，所以可以在距离出入口尚有一段较远的距离处安置一些显著的交通安全提示，如上图的减速慢行的标志，提醒驾驶者前方有居民小区，减低了交通事故的发生率。同时由于某些道路几何条件较差存在视觉盲区，在小区出入口道路对面设置反光镜，提高驾驶者的视野，避免冲突。在距离小区出入口的一较进处设立斑马线和红灯，利于行人过马路，在该处设立斑马线和红灯能降低出入口的交通压力，在出现交通拥挤情况下利于疏导。

II. 小区周边的交叉口及道路优化

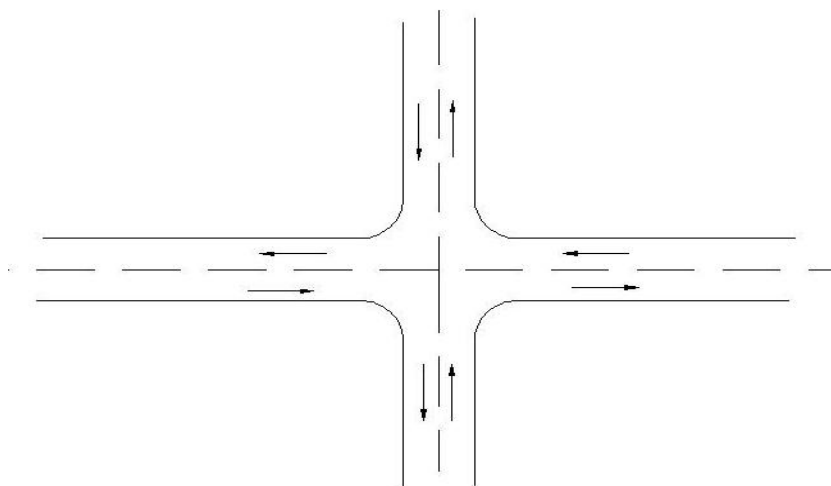


图 5-18 该小区周边的交叉口及道路分布情况。

1. 十字路口的优化

随着汽车产业的高速发展，汽车数量剧增，给交通带来巨大压力。同时，对于经济较好的城市及省会城市，每天流动的人口密度较大，常常导致交通拥堵的发生，所以如何调节道路拥堵已成全球性问题。事实表明城市发展依赖交通，交通是城市发展的动脉，然而交通顺畅取决于路口。十字路口是交通的枢纽，动脉一旦“硬化”，就像人体正常的循环遭遇障碍一样，将会危及城市经济和人民生活的正常运转。对于交通拥堵的真正原因在于城市道路建设不能满足现在高速发展的需求。因此，十字路口的交通设计问题需要引起城市管理者的高度重视。

目前，车辆只能以一种行驶路线实现左转、右转或调头。当有较多车辆需要左转、右转或调头时，就可能出现通行不畅的问题；同时也可能发生交通事故或车流量过多无法正常的调节出现道路严重堵塞。若对已经投入使用的道路进行较大的修改将会消耗大量的人力物力，结果可能不一定理想。所以针对该问题我们采取在原有的基础上修建双层空间全方位全互通十字路交通新设计。该设计很大程度上提高了道路的通畅度。具体的设计如下图（附有优化前的道路）：

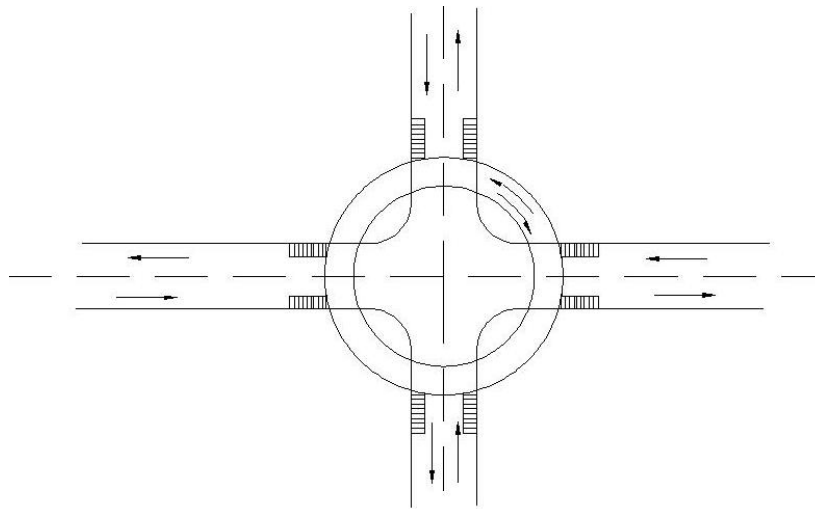


图 5-19 十字路口优化图

设计中上层空间采用顺时针方向流动，每一条道路都有从上盘到下盘上下通路，很大程度减少了下盘由于车流量大造成的压力，并在交通拥堵时有很好的疏通作用。

2. 道路路线与车辆的匹配优化

随着中国经济的崛起，物流产业，出租车行业等的崛起，加上国民的购买力的上升公路上的机动车辆越来越多，然而公路设施落后等原因导致交通拥堵现象

上升，所以合理的道路路线与车辆的匹配对缓解交通拥堵有较好的成效，尤其是与小区出入口衔接的道路的处理。对其优化我们提出几个粗浅的建议。

（1）将大货车，卡车等大型机动车辆划分一定的道路区域让其自由行驶；

（2）将出租车，私家轿车等小型轿车划分为一定区域让其自由行驶；

（3）根据不同路段的车流量及道路的宽度大小划分一定的大型机动车，小型机动车，非机动车的行驶区域。

3 小区内部的优化

一般而言，车辆进入小区后，会优先选择离居住地最近的直行道，考虑到小区中心的直行道处一般设有娱乐设施，休闲场地等，以方便小区周边居民的休闲娱乐，所以中心直行道处的人流量较大，车辆进入小区后应避免从中心直行道穿过，以减少意外事故的发生和降低人流的阻滞。现采用如下方法，让车辆在小区的两旁的道路上行驶，车辆进入小区后，从两旁的的两条干路上行驶，避开中心处，居民同样从两条新的干路上出行，这样就避免了中心直行道出的拥堵与阻塞。又便利了居民。

6.模型的评价与推广

6.1 优点

1. 本文评价体系使用的是模糊综合评价法，使得评价更加合理化、标准化，同时也使得结果更具有说服力；

2. 本文使用了 VISSIM 交通仿真系统，能从理论上将小区开放对周边道路通行状况的影响通过模拟仿真，更加贴近现实，从而避免了直观上从理论的直接推导；

3. 运用多种模型相结合，使得本文通过模型得出的结论与现实联系紧密，从而使得模型简单易懂。

6.2 缺点

1. 搜集的数据可能存在一定的误差，对各指标的数据进行处理时也存在相应的误差；

2. 本模型中主要考虑了影响小区开放的主要因素，忽略了一些次要的因素，会使结果更偏向于理想化。

6.3 推广

（1）相对模糊综合评价推广

相对模糊综合评价是用模糊数学的概念来描述现实中一些模糊，不易描述的东西，如：大小、冷热、软硬等，它把模糊数学中的隶属度理论转化为定量的描述评价，使得现实中不易描述的东西能定量的通过数学语言描述出来。这种评价

体系不仅能适用于本文小区开放对周边道路通行的影响，还可以应用于中小企业融资效率的评价，人事考核中的评价，物流选址中的评价，企业技术创新能力的评价等一系列的具有现实意义模糊的评价。

(2) 阻滞模型推广

阻滞增长模型又称 Logistic 模型，是在考虑了现实中一些实际的问题后，如自然资源、环境因素等对事物增长过程中的阻滞作用，对指数增长修正后得到的。它能把许多表面上互不相同的事物，根据其内在的机理做出合理简化后，构建出该模型，因此它广泛应用于数学，经济学，管理学，生物学等众多领域。

(3) 排队论模型推广

排队论开始产生是为了解决日常生活中经常遇到的排队现象，随着现实的需求，排队论逐渐成为运筹学中不可或缺的一部分，用来解决等待成本与增加资源引起成本之间的关系，如超市等待结账、开车上班等问题。排队论诞生于实际的需求，实际中日益增强的需求也必将不可动摇它在现实中的地位。

7 误差分析与灵敏度分析

7.1 误差分析

1 在选取小区开放对周边道路的影响时，我们仅选取了六个主要的指标，对其他的指标未给出考虑，这是因为其他指标为次要指标，在实际中可以通过控制车流量来降低其影响，故可忽略，但仍会对结果产生一定的影响。

2. 在使用阻滞增长模型时，为使结果更贴近所建立的模型，对实际取得的数据有所删减，这会使小区开放对周边道路产生影响的真实性有所降低。

7.2 灵敏度分析

在问题一所建立的模型中，为了方便计算我们取小区出入口连接数目 n 为 4，便有了交通函数表达式：

$$Z=0.2268x_1+0.1716x_2+0.2965x_3+0.0593x_4+0.1326x_5+0.1132x_6$$

但在实际问题中，入口连接数目较多，针对不同数目的出入口数目 n ，我们运用 matlab 软件进行灵敏度分析，结果如下表所示：

表 7-1 不同 n 值下对应 Z 值

	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6
Z	0.602	0.631	0.655	0.661	0.664

根据表中数据作图，可得 n 对 Z 的灵敏度分析图，如图所示：

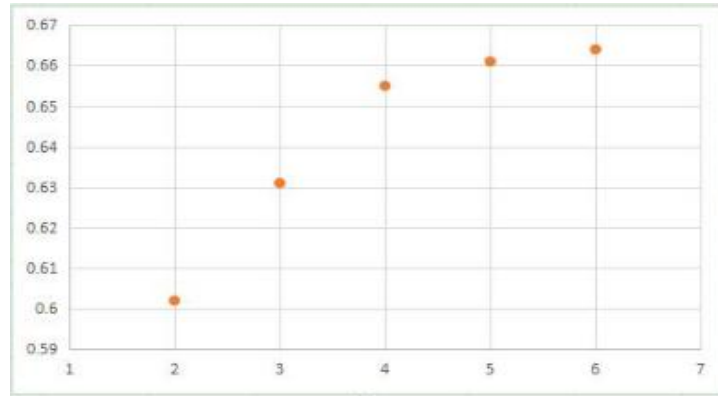


图 7-1 灵敏度分析图

有灵敏度分析可知，当 n 逐渐变大时， Z 值先增大， $N \geq 4$ 时， Z 值趋于稳定状态。

参考文献

- [1] 姜启源，谢金星，叶俊. 数学模型（第三版）[M] 高等教育出版社. 2003. 8
- [2] 韩中庚. 数学建模方法及其应用[M]. 2 版. 北京：高等教育出版社，2009
- [3] 张宗让. 城市道路交通评价标准初探[J]，1983
- [4] 陈向朋. 城市交通拥堵对策_封闭型小区交通开放研究[J]，2014. 4
- [5] 焦朋朋，陆化普，杨姗姗. 住宅项目交通影响分析方法研究[J] 2005. 6
- [6] 马艳君. 城市住宅项目交通影响评价系统研究[J] 2014. 5
- [7] 李强. 从邻里单位到新城市主义社区—美国社区规划模式变迁研究[J] 2006. 2
- [8] 刘望保. 国内外城市交通微循环和支路网的研究进展和展望[J] 规划师论坛. 2009
- [9] 廖朴. 城市生活的店症—封闭式小区的问题及对策[J]. 时代建筑. 2004

附录

问题一所用程序

```
function Comprehensive_evaluation
A=[0.5072,4.136,3,39,487.76,84.057;
    0.3726,5.219,2,36,583.62,97.961]; % 原始数据矩阵，行为方案数据，列为
指标数据。

b=[1 0 0 0 0 0 0]; % 指标性质，1 对应效益指标，0 对应成本指标。
flag=1; % flag=1 表示相对偏差模糊矩阵评价法，
R=fuzzy_matrix(A,b,flag);
W=variation_coefficient_method(A) % 用变异系数法求指标权重。
F=R*W' % 加权平均得到综合评价向量。
if flag==1
    [Fsort,index]=sort(F') % 相对偏差法排序。
else
    [Fsort,index]=sort(F','descend') % 相对优属度法和灰色关联分析排序。
end

function R=fuzzy_matrix(A,b,flag) % 相对偏差法、相对优属度法和灰色关联分
析法子程序。
[m,n]=size(A);
if flag==1
    for j=1:n
        if b(j)==1
            u(j)=max(A(:,j));
        else
            u(j)=min(A(:,j));
        end
        for i=1:m
            R(i,j)=abs(A(i,j)-u(j))/(max(A(:,j))-min(A(:,j)));
        end
    end
elseif flag==2
    for j=1:n
```

```

        for i=1:m
            if b(j)==1
                R(i,j)=A(i,j)/max(A(:,j));
            else
                R(i,j)=min(A(:,j))/A(i,j);
            end
        end
    end
else
    for j=1:n
        if b(j)==1
            A(:,j)=(A(:,j)-min(A(:,j)))/(max(A(:,j))-min(A(:,j)));
        else
            A(:,j)=(max(A(:,j))-A(:,j))/(max(A(:,j))-min(A(:,j)));
        end
    end
    Reference_sequence=max(A);
    Delta=repmat(Reference_sequence,[m,1])-A;
    mmin=min(min(Delta));
    mmax=max(max(Delta));
    xi=0.5;
    R=(mmin+xi*mmax)./(Delta+xi*mmax);
end

function W=variation_coefficient_method(A) % 变异系数法求指标权重子程
序。
meanA=mean(A);
stdA=std(A);
coefficient=stdA./meanA;
W=coefficient/sum(coefficient);

```

问题二

道路阻滞模型代码

```
clear
clc
%?读入车流量数据??
Y=[53 75.5 102 128 144.5 142 132.5 134.5]
%?读入时间变量数据 (t=1-8) ??
T=[1 2 3 4 5 6 7 8]
%?线性化处理??
for t=1:8
    x(t)=exp(-t);
    y(t)=1/Y(t);
end
%?计算，并输出回归系数 B,即计算回归方程?y'=a+bx'?中的 a 和 b 的值??
c=zeros(8,1)+1;
X=[c,x'];%相当于 8 个方程组，求解 a 和 b?的值.??
B=inv(X'*X)*X'*y'
for i=1:8
    %?计算回归拟合值?????
    z(i)=B(1,1)+B(2,1)*x(i);
    %?计算离差??
    s(i)=y(i)-sum(y)/8;
    %?计算误差?????
    w(i)=z(i)-y(i);
end
%?计算离差平方和 S??
S=s*s';
%?回归误差平方和 Q??
Q=w*w';
%?计算回归平方和 U??
U=S-Q;
%?计算，并输出 F 检验值??
F=28*U/Q
```



```
%?计算非线性回归模型的拟合值??  
for j=1:8  
    Y(j)=1/(B(1,1)+B(2,1)*exp(-j));  
end  
%?输出非线性回归模型的拟合曲线（Logistic 曲线）??  
plot(T,Y,'r*')
```