

小区开放对道路交通的影响

摘要

本文针对小区开放对道路交通影响的问题，使用主成分分析法、交通增量分配法等方法，分别建立主成分综合评价模型、基于小区开放的单车道车辆分流模型，综合使用了 MATLAB、SPSS 软件编程，运用 VISSIM 仿真进行小区开放前后道路交通模拟，分别得出：合理的指标评价体系；关于车辆通行的单车道车辆分流模型；不同小区开放前后的交通状况；小区开放后的合理化建议，并给出模型的改进意见。

针对问题一，首先，通过查阅相关资料收集相关交通数据，运用 SPSS 处理相关数据并得到相关系数矩阵以及相关系数矩阵的特征向量；其次，运用 MATLAB 编程求解，确定各指标反映效果，得出以路网密度、道路面积率、车流量、行车速度、道路服务等级、路口饱和度、出入口连接方式七个指标构成的指标评价体系；最后，确立主成分综合评价函数模型。

针对问题二，首先，本文采用单车道来研究小区开放对道路通行的影响；其次，通过研究单车道交通流速度和车流密度的关系，建立了道路交通的动态变化模型——基于小区开放的单车道车辆分流模型，并针对小区的情况，建立相应的模型，求解出相应的结果；最后，通过 VISSIM 仿真软件对模型的合理性进行了检验。

针对问题三，首先根据题目所述，分别构建了居住型小区、办公型小区、商业型小区以及教育型小区；其次，根据问题一中选取的主成分指标对四种不同类型的小区开放前后对道路交通的影响进行比较；最后从综合情况得出居住型小区和办公型小区开放的分流效果更好。

针对问题四，首先，整合前三问的求解结果，得出各种小区适合的开放方式、开放程度，并根据小区的实际情况以及人们的意愿等因素，提出合理建议。最后，写一篇短文，给出具体的政策建议，从而提高小区开放这项政策的效率。

最后，本文运用模糊数学方法对模型进行了改进，并且对结果进行了误差分析与灵敏度分析，同时还对模型的进行了优点和不足之处进行了评价，并在横向和纵向上对模型适用性进行了推广。本文的突出特色是利用仿真软件 VISSIM 对小区车辆通行进行了仿真模拟。

关键词：小区开放；主成分分析；单车道分流；灵敏度分析；交通仿真；MATLAB

§1 问题的重述

一、引言

1. 背景知识

随着我国经济的飞速发展,城市规模不断扩大,人口和汽车数量也日益增多,而城市空间和道路资源有限,致使城市交通问题日益突出。由于我国用地性质的特殊性,城市中的居住区、商业区、行政办公区、学校等单位都是一个完整的地块,在其内没有城市道路,即把城市用地分割成块状格局,致使形成稀而宽的路网,道路之间缺乏交通联系。在这样的交通网络中,交通流量都集中在了主要道路上,且相邻之间的联系过少,无法指望主要道路之间相互分流,导致城市交通拥挤,出行者的出行时间增加,从而提高了居民出行的成本。小区作为城市主要组成者,承担了居住、办公、医疗、生活、教育等功能,同时也是城市交通流的主要产生源。目前我国的小区主要是封闭式,其特点有:封闭性、面积大、人口多、功能单一、相互之间联系少等,使城市路网密度和可达性降低,且内部出行主要依赖城市主要道路完成,对城市道路造成干扰,同时增加了周围路网的交通压力。因此通过研究封闭小区开放,提高小区周围交通网络的运营速度和通行能力,减少出行延误时间,提高居民的出行效率,应当作为目前城市交通解堵的重要目的之一。

2. 问题产生

从我国道路交通现阶段的发展来看,封闭式小区存在虽有其合理性,但封闭式小区规划体系破坏了城市可持续发展。主要表现在:增加了道路交通的压力,延长出行者的出行时间,但并未消除小区内部行车对行人安全隐患;封闭式小区破坏了道路网之间的联系,降低支路网的密度,使道路之间的可达性下降。所以需要研究小区开放对周边道路通行的影响,并就各类型小区开放前后对道路通行的影响,分别分析。

3. 研究意义

现如今,我国小区向着大型、组团的模式发展,但大多数小区是封闭型。封闭型小区给小区的管理带来了一些方便,但同时也给城市交通带来了一些问题。由于大型小区的建筑面积较大,封闭区域沿城市道路过长,降低道路密度的同时也减少了城市道路之间的连通度,从而导致了居民出行的时间和距离增加,造成社会交通费用总成本增加。而小区开放不但打破了围堵城市道路的局面,而且提高了城市道路的网密度和可达性,同时降低了出行时间,从而缓解城市交通压力。因此研究小区开放对周边道路通行的影响具有重大意义。

二、要解决的具体问题

1. 问题一:根据题目要求选取合适的指标,并建立评价模型来量化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,用以表示小区开放对周边道路通行的影响。

3. 问题三:根据题目要求选取不同类型的小区,应用前面所建立的模型,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: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并给出理由。

§2 问题的分析

一、问题的总分析

本文研究小区开放对道路交通影响的问题，对本问题的求解分为三个步骤：第一步建立主成分综合评价模型，第二步建立单车道分流模型，第三步通过不同类型小区开放前后的交通状况对比得出开放后小区具有一定的分流能力，第四通过对小区开放的研究，从交通通行的角度向城市规划和交通管理部门提出合理化建议。

本文的总体解题思路如图 1 所示。

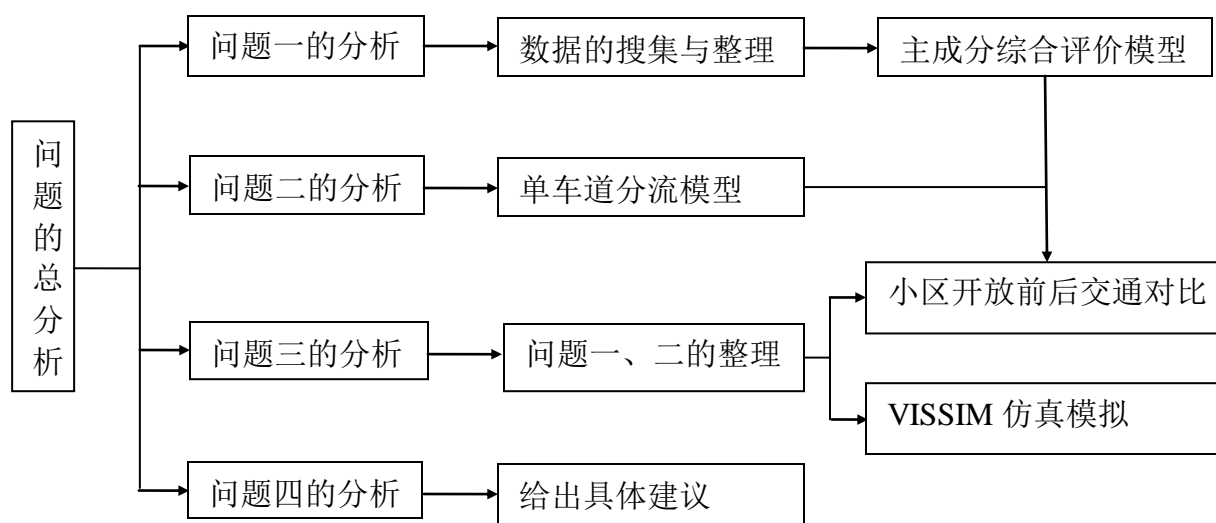


图1 问题的总体分析流程图

二、对具体问题的分析

1. 对问题一的分析

题目要求选取合适的指标用以评价小区开放对道路通行的影响，首先，通过查阅相关资料收集相关数据，并用 SPSS 处理相关数据，并用 MATLAB 计算得到相关数据的相关系数矩阵以及相关系数矩阵的特征值特征向量，其次，使用主成分分析方法选取三个用以评价道路通行能力的主成分，并将三个主成分用函数表示出来，最后，使用了 MATLAB 和 SPSS 编程，得到了主成分综合评价模型函数。

2. 对问题二的分析

题目要求建立关于车辆通行的模型用以研究小区开放对道路通行的影响。首先，本文采用单车道来研究小区开放对道路通行的影响；其次，通过研究单车道交通流速度和车流密度的关系，建立了道路交通的动态变化模型——基于小区开放的单车道车辆分流模型，并针对小区的情况，建立相应的模型，求解出相应的结果；最后，通过 VISSIM 仿真软件对模型的合理性进行了检验。

3. 对问题三的分析

题目说出小区开放产生的效果，可能与小区结构、周边道路状况以及车流量等有关，

要求选取或构建不同类型的小区，应用已建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。首先根据题目所述，分别构建了居住型小区、办公型小区、商业型小区以及教育型小区，然后根据问题一中选取的主成分指标对四种不同类型的小区开放前后对道路交通的影响进行比较，最后从综合情况得出居住型小区和办公型小区开放的分流效果更好。

4. 对问题四的分析

题目要求在前三问的基础上，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。首先，整合前三问的求解结果，得出各种小区适合的开放方式、开放程度，并根据小区的实际情况以及人们的意愿等因素，提出合理建议。最后，写一篇短文，给出具体的政策建议，从而提高小区开放这项政策的效率。

§3 模型的假设

1. 不考虑安全问题，仅从道路通行的角度进行分析；
2. 只考虑四轮及以上的机动车，不考虑诸如三轮车、电瓶车之类的车种；
3. 本文中车流量均以 30 分钟计算；
4. 交通正常，不发生任何的事故和意外；
5. 车只分为小、中、大三种，且同一车型的车大小相差不大；
6. 不考虑天气等外界因素影响交通。

§4 名词解释与符号说明

一、名词解释

1. 道路饱和度：是反映道路服务水平的重要指标之一，计算公式为 V/C ，其中 V 为最大交通量， C 为最大通行能力。饱和度值越高，代表道路服务水平越低。
2. 车流密度：车流密度即在某一瞬间，单位长度道路（单车道）上存在的车辆数。
3. 道路通行能力：是指道路设施所能疏导交通流的能力。即在一定的时段（通常取 15min 或 1h）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。

二、主要符号说明

表 1 符号说明及意义

序号	符号	符号说明
1	μ	均值
2	Σ	协方差矩阵
3	m	指标个数
4	x	随机向量
5	y	综合指标

6	a_{ij}	指标值
7	Q	相关系数矩阵
8	q_{ij}	第 i 个指标和第 j 个指标的相关系数
9	b_j	第 j 个主成分的信息贡献率
10	v	车流流速
11	ρ	车流密度
12	v_f	理论最高速度
13	ρ_f	阻塞车流密度
14	n	单位时间内通过车道截面的车辆数
15	w_j	第 j 项指标的熵权

§5 模型的建立与求解

一、问题一的分析与求解

1. 对问题一的分析

题目要求选取合适的指标用以评价小区开放对道路通行的影响，首先，通过查阅相关资料收集相关数据，并用 SPSS 处理相关数据，并用 MATLAB 计算得到相关数据的相关系数矩阵以及相关系数矩阵的特征值特征向量，其次，使用主成分分析方法选取三个用以评价道路通行能力的主成分，并将三个主成分用函数表示出来，最后，使用了 MATLAB 和 SPSS 编程，得到了主成分综合评价模型函数。

2. 对问题一的求解

模型 I 主成分综合评价模型

(1) 模型的准备

①主成分分析的基本理论^[1]

设对某一事物的研究设计 m 个指标，分别用 x_1, x_2, \dots, x_m 表示，这 m 个指标构成的 m 维随机向量为 $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)'$ 。设随机向量 x 的均值为 μ ，协方差矩阵为 Σ 。

对 x 进行线性变化，然后得到一些新的综合指标，用 y 表示，也就是新的综合变量可以由原来的变量线性表示出来，即满足下式：

$$\begin{cases} y_1 = v_{11}x_1 + v_{21}x_2 + \dots + v_{m1}x_m \\ y_2 = v_{12}x_1 + v_{22}x_2 + \dots + v_{m2}x_m \\ \dots\dots\dots \\ y_m = v_{1m}x_1 + v_{2m}x_2 + \dots + v_{mm}x_m \end{cases}$$

由于可以对原始变量进行任意的线性变换，所以最终得到的新的变量 y 的统计特性也不尽相同。

②主成分的求法

定义：第一主成分：满足 $\|v_1\|=1$ 条件下，使得 $Var(y_1)=v_1'\Sigma v_1$ ($i=1$) 达到最大的： $y_1=v_1'x$
 第一主成分求法：建立目标函数： $L(v_1,\lambda)=v_1'\Sigma v_1-\lambda(v_1'v_1-1)$

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial v_1}=0 \Rightarrow 2\Sigma v_1-2\lambda v_1=0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda}=0 \Rightarrow v_1'v_1=1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow (\Sigma-\lambda E)v_1=0 \Leftrightarrow \Sigma v_1=\lambda v_1$$

$$\Rightarrow \lambda=v_1'\Sigma v_1 \Rightarrow Var(y_1)=v_1'\Sigma v_1$$

其余主成分求法类似。

(2) 模型的建立

①首先根据题目所给内容以及查阅相关资料，选出影响道路通行能力的相关因素，并根据所选的指标通过主成分分析确定所需要的指标，最终根据确定的指标得出主成分分析模型。指标体系见图。

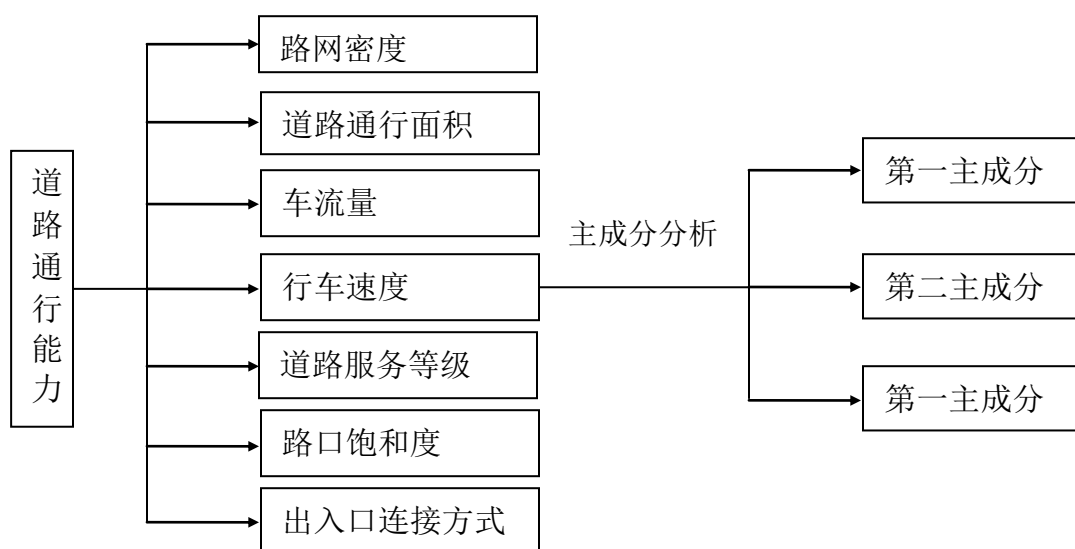


图2 主成分流程图

②对数据进行标准化处理，将指标值 a_{ij} 化为标准化的指标 \bar{a}_{ij} ，有

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij} - \sigma_j}{s_j}, \quad i=1,2,\dots,8, j=1,2,\dots,7,$$

其中： $\sigma_j = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 a_{ij}$, $s_j = \sqrt{\frac{1}{8-1} \sum_{i=1}^8 (a_{ij} - \sigma_j)^2}$, $j=1,2,\dots,7$ ，即 σ_j , s_j 为第 j 个指标的样本均值和样本标准差。对应地，称

$$x_j = \frac{x_j - \sigma_j}{s_j} \quad j=1,2,\dots,7$$

为标准化指标变量。

③计算相关系数矩阵 Q 。相关系数矩阵 $Q = (q_{ij})_{7 \times 7}$ ，有

$$q_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^8 \overline{a_{ki}} \cdot \overline{a_{kj}}}{8-1}, i, j = 1, 2, \dots, 7$$

其中： $q_{ii} = 1, q_{ij} = q_{ji}$ ， q_{ij} 是第 i 个指标和第 j 个指标的相关系数。

④计算特征值和特征向量。计算相关系数矩阵 Q 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_7 \geq 0$ ，及对应的标准化特征向量 v_1, v_2, \dots, v_7 其中 $v_j = [v_{1j}, v_{2j}, \dots, v_{7j}]^T$ ，由特征向量组成 7 个新的指标变量

$$\begin{cases} y_1 = v_{11}x_1 + v_{21}x_2 + \dots + v_{71}x_7 \\ y_2 = v_{12}x_1 + v_{22}x_2 + \dots + v_{72}x_7 \\ \dots\dots\dots \\ y_7 = v_{17}x_1 + v_{27}x_2 + \dots + v_{77}x_7 \end{cases}$$

其中： y_1 是第一主成分， y_2 是第二主成分， \dots ， y_7 是第五主成分。

⑤选择 p ($p \leq 7$) 个主成分，计算综合评价值。

计算特征值 λ_j ($j = 1, 2, \dots, 5$) 的信息贡献率和累积贡献率。称

$$b_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{k=1}^5 \lambda_k}, j = 1, 2, \dots, 5$$

为主成分 y_j 的信息贡献率；并称

$$\beta_p = \frac{\sum_{k=1}^p \lambda_k}{\sum_{k=1}^5 \lambda_k} y_j$$

为主成分 y_1, y_2, \dots, y_p 的累积贡献率。当 β_p 逼近于 1 ($\beta_p = 0.85, 0.90, 0.95$) 时，则选择前 p 个指标变量 y_1, y_2, \dots, y_p 作为 p 个主成分，代替原来的 7 个指标变量，从而可对 p 个主成分进行综合分析。

计算综合得分：

$$Z = \sum_{j=1}^p b_j y_j,$$

其中： b_j 为第 j 个主成分的信息贡献率，根据综合得分值便可以评价。

(3) 模型的求解

按照上述模型构建的方法，我们对模型进行求解。

①首先根据用以评价道路交通能力的影响的指标体系可知有路网密度、道路面积率、车流量、行车速度、道路服务等级、路口饱和度以及出入口连接方式等指标。数据如下表 2 所示^[3]。

表 2 各指标的数据

路网密度	道路面积率	车流量	行车速度(km/h)	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式
7.37	0.068	282	20	3	0.97	2
10.45	0.144	450	25	4	1.11	1
6.46	0.0982	365	20	3	0.92	2
11.24	0.1865	737	30	1	0.42	3
11.38	0.2457	751	35	1	0.31	4
11.1	0.203	645	30	2	0.64	3
9.34	0.145	683	25	3	0.86	2
11.18	0.1824	700	30	2	0.73	2

对表中出入口连接方式说明一下，若出入口与支路相连则用数字 1 表示，若出入口直接与城市次干道相连则用数字 2 表示，若出入口直接与城市主干道相连则用数字 3 表示，若出入口直接与城市快速路相连则用数字 4 表示。

②对数据进行标准化处理，标准化数据见表 3 所示。

表 3 指标的标准化处理

路网密度	道路面积率	车流量	行车速度(km/h)	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式
0.18	0.00	0.00	0.00	0.67	0.83	0.33
0.81	0.43	0.37	0.33	1.00	1.00	0.00
0.00	0.17	0.18	0.00	0.67	0.76	0.33
0.97	0.67	1.00	0.67	0.00	0.14	0.67
1.00	1.00	1.03	1.00	0.00	0.00	1.00
0.94	0.76	0.80	0.67	0.33	0.41	0.67
0.59	0.43	0.88	0.33	0.67	0.69	0.33
0.96	0.64	0.92	0.67	0.33	0.53	0.33

③根据处理的数据，利用 *spss* 软件求出数据的相关系数矩阵，见表 4。

表 4 相关系数矩阵

	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式
路网密度	1.000	0.888	0.835	0.911	-0.560	-0.608	0.422
道路面积率	0.888	1.000	0.888	0.983	-0.727	-0.808	0.704
车流量	0.835	0.888	1.000	0.887	-0.726	-0.775	0.599
行车速度	0.911	0.983	0.887	1.000	-0.778	-0.836	0.717

道路服务等级	-0.560	-0.727	-0.726	-0.778	1.000	0.978	-0.900
路口饱和度	-0.608	-0.808	-0.775	-0.836	0.978	1.000	-0.940
出入口连接方式	0.422	0.704	0.599	0.0717	-0.900	-0.940	1.000

④根据相关系数矩阵，利用 *matlab* 软件求得相关系数矩阵的特征值、特征向量及其贡献率^[4]如表 5 所示。（MATLAB 程序见附录程序 1）

表 5 特征根、特征向量

序号	特征根	贡献率	累计贡献率
1	5.724	81.7744	81.774
2	0.945	13.5037	95.278
3	0.176	2.5174	97.795
4	0.114	1.6226	99.418
5	0.027	0.3846	99.803
6	0.009	0.1225	99.925
7	0.005	0.0748	100

可以看出前 3 个特征根的累积贡献率就超过了 97%，主成分分析效果很好。下面选取前三个主成分进行综合评价。前三个特征根对应的特征向量见表 6。

表 6 前三个主成分对应的特征向量

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
第 1 特征向量	0.346	0.397	0.378	0.405	-0.375	-0.393	0.349
第 2 特征向量	0.539	0.237	0.258	0.211	0.392	0.339	-0.525
第 3 特征向量	-0.16	-0.343	0.74	-0.285	-0.299	-0.101	-0.358

由此可得三个主成分分别为：

$$y_1 = 0.346x_1 + 0.397x_2 + 0.378x_3 + 0.405x_4 - 0.375x_5 - 0.393x_6 + 0.349x_7$$

$$y_2 = 0.539x_1 + 0.237x_2 + 0.258x_3 + 0.211x_4 + 0.392x_5 + 0.339x_6 - 0.525x_7$$

$$y_3 = -0.16x_1 - 0.343x_2 + 0.74x_3 - 0.285x_4 - 0.299x_5 - 0.101x_6 - 0.358x_7$$

因此得到合适的指标用以评价小区开放对道路交通能力的三个主成分即为上述所求，最终分别以三个主成分的贡献率为权重，构建主成分综合评价模型：

$$Z = 0.8177y_1 + 0.135y_2 + 0.0252y_3$$

由此得出选取以路网密度、道路面积率、车流量、行车速度、道路服务等级、路口饱和度、出入口连接方式七个指标构成的指标评价体系来研究小区开放对道路通行能力的影响效果较好。

二、问题二的分析与求解

1. 对问题二的分析

题目要求建立关于车辆通行的模型用以研究小区开放对道路通行的影响。首先，本文采用单车道来研究小区开放对道路通行的影响；其次，通过研究单车道交通流速度和车流密度的关系，建立了道路交通的动态变化模型——基于小区开放的单车道车辆分流模型，并针对小区的情况，建立相应的模型，求解出相应的结果；最后，通过 VISSIM 仿真软件对模型的合理性进行了检验。

2. 对问题二的求解

模型 II 单车道车辆分流模型

(1) 模型的准备

① 交通开放小区定义^[2]

交通开放式小区是在不影响小区内部正常运转的情况下，把封闭型小区内部的一条或者多条道路与小区外部的市政道路连接，供车辆或者行人使用。这里将封闭型小区开放的道路作为城市支路或街区道路来看待，其主要功能就是为小区提供生活服务，并且为城市主要道路分流及连通城市主要道路。从下图 3 中对比三种路网结构可以了解到，小区的交通开放目的是在打破城市小区的整体封闭性，分离出多个小子集，由多个子集组成该区域的小区。

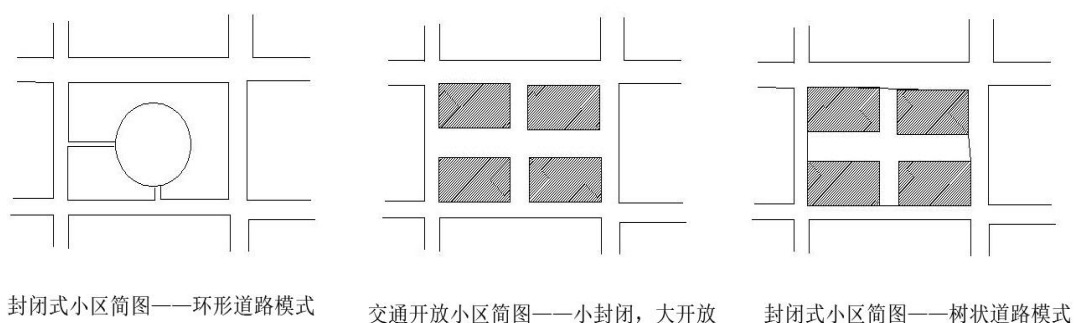


图 3 小区路网结构图

② 我国道路网密度

我国在《城市道路交通规划设计规范》中规定了支路网密度为 $3 \sim 5 \text{ km} / \text{km}^2$ ，城市干路网和次干路网密度分别为 $0.8 \sim 1.2 \text{ km} / \text{km}^2$ 、 $1.2 \sim 1.4 \text{ km} / \text{km}^2$ ，城市的交通主要道路间距一般为 $700 \sim 1200 \text{ m}$ 。假设边长为 100 m 一个正方形区域内，依据上述的密度布置路网。支路与城市主要道路交叉应满足视距上的要求，故本文中取支路间距在 $8 \sim 25 \text{ m}$ 范围内。本文确定可以进行交通开放的小区，单边长应大于 20 m ，或未来交通开饭道路与相邻交叉口的距离保持在 100 m 以上。

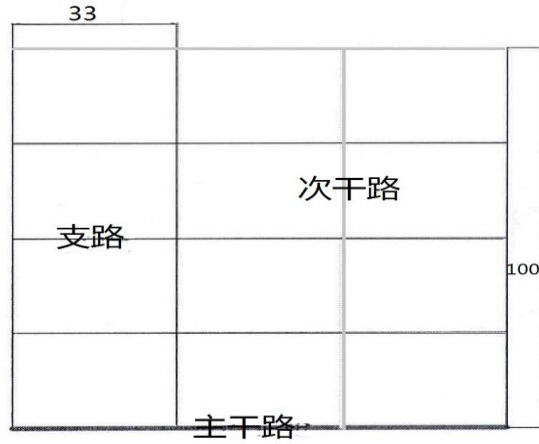


图4 我国道路网密度

(2) 模型的建立

格林希尔兹^[6] (Greenshields) 通过对观测数据的研究发现, 交通流速度和车流密度呈线性关系, 提出了速度-密度线性关系模型:

$$v = v_f \left(1 - \frac{\rho}{\rho_f}\right)$$

其中, v 为车流流速, ρ 为车流密度, v_f 为理论最高速度 (自由流速), ρ_f 为阻塞车流密度。

设 n 为单位时间内通过车道截面的车辆数, 根据车流量与车速度、车流密度的关系, 可以得到:

$$n = \lambda = rv\rho$$

其中, r 为车道数, λ 为单位时间内平均到达的车辆数, ρ 为单车道车流密度。由于本题所考虑的为单车道分流情况, 所以 $r=1$, 所以最后得到的关系为: $n = \lambda = v\rho$

由于小区开放政策的实施, 车辆驾驶员在道路行驶过程中, 为了避免在路口处遭遇拥堵而浪费时间, 可以进入小区, 改变了道路的车辆密度等, 进而影响小区周边的道路交通状况, 在此我们可以通过小区开放前后路口的交通量来反映小区开放后的分流能力。

(3) 模型的求解

①定义交通量: 指在单位时间内, 通过道路上的某一地点或者某一断面实际参与交通的参与者的数量。其计算公式为: $Q = kv$, 其中, Q 为交通量, k 为车流密度, v 为车速。

②假设小区边上道路的车流总数为 n , 阻塞车流密度为 1.5, 假设小区开放之前在时间 t 内到达路口的车流量为 $n_1 = n$, 车辆到达路口时的速度为 v_1 , 此时的车流密度为 ρ_1 。小区开放之后, 仍然以相同时间 t 得到到达路口的车流量为 n_2 , 车辆到达路口时的速度为 v_2 , 此时的车流量密度为 ρ_2 。

根据模型建立中的速度-密度关系式得到:

$$v_1 = v_f(1 - \frac{\rho_1}{\rho_f})$$

$$v_2 = v_f(1 - \frac{\rho_2}{\rho_f})$$

小区开放之前，路口车流密度用单位长度上车辆数来表示，即：

$$\rho_1 = \frac{n_1}{l} = \frac{n}{l}$$

小区开放之后，路口的车流密度仍然用单位长度上车辆数来表示，即：

$$\rho_2 = \frac{n_2}{l}$$

所以小区开放之前路口交通量为：

$$Q_1 = k_1 v_1 = \rho_1 v_f(1 - \frac{\rho_1}{\rho_f})$$

小区开放之后路口交通量为：

$$Q_2 = k_2 v_2 = \rho_2 v_f(1 - \frac{\rho_2}{\rho_f})$$

将小区开放前后交通量对比得到：

$$\begin{aligned} Q_1 - Q_2 &= k_1 v_1 - k_2 v_2 = \rho_1 v_f(1 - \frac{\rho_1}{\rho_f}) - \rho_2 v_f(1 - \frac{\rho_2}{\rho_f}) \\ &= v_f[\rho_1 - \frac{\rho_1^2}{\rho_f} - \rho_2 + \frac{\rho_2^2}{\rho_f}] \end{aligned}$$

然后将 $\rho_2 = \frac{n_2}{n} \rho_1$ 带入得到： $Q_1 - Q_2 > 0 \Rightarrow Q_1 > Q_2$ 。

根据得到的结果 $Q_1 > Q_2$ ，即小区在开放前的路口交通量比小区开放后的交通量大，说明小区开放对道路交通具有一定的分流作用，同样对道路交通拥挤情况具有缓解作用。

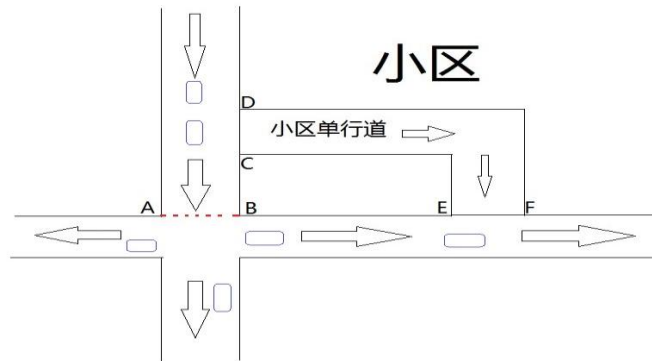


图5 开放前的小区

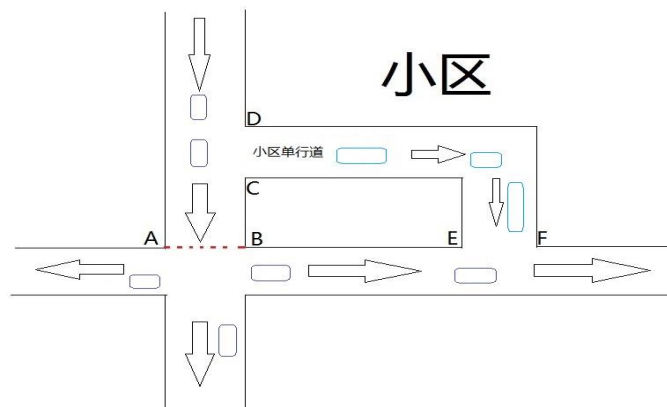


图6 开放后的小区

(4) 模型的检验

为了检验以上模型对单车道分流的合理性，我们采用 *vissim* 交通仿真软件对以上模型进行仿真处理，在 *vissim* 中设置车辆为 $n=100$ ，通过 *vissim* 模拟小区开放前后的道路运行情况，在相同的时间情况下我们发现小区开放前到达路口的车辆数 $n_1 = n = 100$ ，小区开放后前到达路口的车辆数 $n_2 = 60$ 。（*vissim* 模拟视频见附件1）

将数据带入上述方程得： $Q_1 - Q_2 = v_f [\rho_1 - \frac{\rho_1^2}{\rho_f} - \rho_2 + \frac{\rho_2^2}{\rho_f}] = 10v_f (\frac{19}{25} - \frac{1}{\rho_f}) = v_f > 0$ ，
所以得到 $Q_1 > Q_2$ ，说明单车道分流模型是正确的，即小区开放具有一定的分流作用。

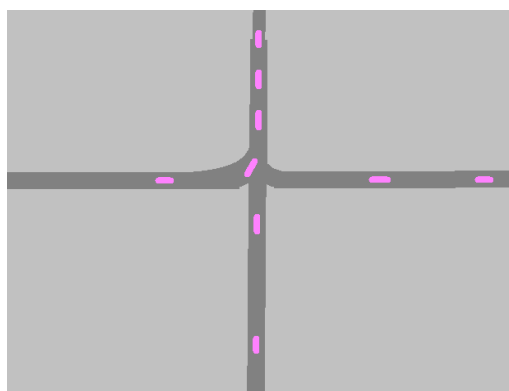


图7 小区开放前仿真图

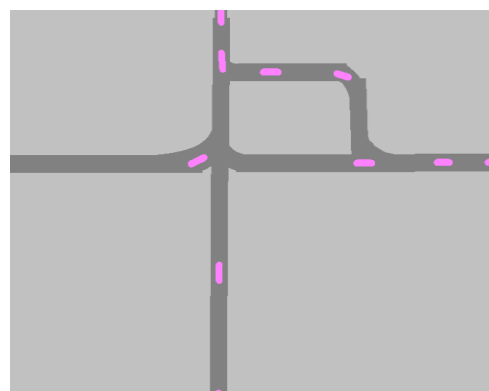


图8 小区开放后仿真图

三、问题三的分析与求解

1. 对问题三的分析

问题三说出小区开放产生的效果，可能与小区结构、周边道路状况以及车流量等有关，要求选取或构建不同类型的小区，应用已建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。首先根据题目所述，分别构建了居住型小区、办公型小区、商业型小区以及教育型小区，然后根据问题一中选取的主成分指标对四种不同类型的小区开放前后对道路交通的影响进行比较，最后从综合情况得出居住型小区和办公型小区开放的分流效果更好。

2. 对问题三的求解

①首先将开放后的居住型小区、办公型小区、商业型小区以及教育型小区按照问题

一中的各项指标进行比较，见表 7 所示：

表 7 不同类型小区开放后的指标数据对比

小区	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式
居住型小区	11.38	0.2457	751	35	1	0.31	4
办公型小区	11.24	0.1865	737	30	1	0.42	3
商业型小区	10.45	0.144	450	25	4	1.11	1
教育型小区	11.1	0.203	645	30	2	0.64	3

②各类型小区开放前后交通状况的对比

表 8 居住型小区开放前后对比

小区开放前	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
居住型小区	10.89	0.2103	693	35	1	0.31	4	268.053
小区开放后	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
居住型小区	11.38	0.2457	751	35	1	0.31	4	289.27

表 9 办公型小区开放前后对比

小区开放前	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
办公型小区	9.44	0.1067	657	20	1	0.42	3	248.921
小区开放后	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
办公型小区	11.24	0.1865	737	30	1	0.42	3	282.125

表 10 商业型小区开放前后的对比

小区开放前	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
商业型小区	10.26	0.13	408	25	4	1.11	1	159.32
小区开放后	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
商业型小区	10.45	0.144	450	21	4	1.11	1	173.211

表 11 教育型小区开放前后的对比

小区开放前	路网密度	道路面积率	车流量	行车速度	道路服务等级	路口饱和度	出入口连接方式	综合评价价值
-------	------	-------	-----	------	--------	-------	---------	--------

教育型 小区	10.14	0.101	204	30	2	0.64	3	88.129
小区开 放后	路网密 度	道路面 积率	车流 量	行车速 度	道路服务 等级	路口饱 和度	出入口连接 方式	综合评 价值
教育型 小区	11.1	0.203	276	25	2	0.64	3	112.852

③结果分析

从上述表中可以看出,居住型小区、办公型小区、商业型小区以及教育型小区开放之后对道路交通流具有一定的分解作用。首先,就居住区来说,开放之前路网密度、道路面积都有显著增大,车流量也是明显增多,从综合评价值来看也表明了小区开放之后对道路的分流效果确实有显著的提升。但就教育型小区和商业型小区来说,小区开放之后,车辆通行速度反而有所下降,这也符合实际情况,因为商业型小区与教育型小区本身人流比较大,加上开放之后会使得车流量增大,所以会使得车速变慢,从安全角度出发,也是值得肯定的。

综合以上各小区开放情况来看,居住型小区和办公型小区开放之后对分流更为突出,而其它小区开放之后,虽然也能够起到分流作用但分流效果并不太好,在实际生活中安全系数也会降低。(小区平面图见附录附图 1-附图 4)

四、问题四的分析与求解

建议报告

根据题意,需要在前三问的基础上,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。通过对前三问的求解,我们了解到不同种类的小区因为开放方式的不同,对周围道路交通能力的影响程度也不一样。在此写一篇 3000 字以内的短文,给出针对不同小区开放的具体政策建议,并设计了几种不同类型的小区,从而提高小区开放这项政策的效率。(小区设计图见附录附图 5-附图 7)

早期我国城市空间结构主要由单位大院组成,随着改革开放居住模式发生了变化,最终形成了如今的封闭式小区。由于我国用地性质的特殊性,城市中的居住区、商业区、行政办公区等单位都是一个完整的地块,在其内没有城市道路,即把城市用地分割成块状格局,致使形成稀而宽的路网,道路之间缺乏交通联系。在这样的交通网络中,交通流量都集中在了主要道路上,且相邻之间的联系过少,无法指望主要道路之间相互分流,导致城市交通拥挤,出行者的出行时间增加,从而提高了居民出行的成本。因此封闭式小区的开放越来越受到大家的重视。

为此,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,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。

开放小区除了可能引发安保等问题外,议论的焦点之一是: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。除此之外,小区开放后,虽然可通行道路增多,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。

针对上述情况本文根据前三问的研究成果,给出关于不同小区是否开放、开放方式、开放的程度的合理建议:

(1) 从小区开放的角度

1) 从小区道路结构来看

对于较大的小区，应当选择全部开放，较小的小区应选择部分道路开放，或者不开放。

①通常，小区的整体外形在一定程度上会影响小区开放的效果。外形整体上呈现长方形的小区较适合开放，并尽量开放直道，可尽量减少道路阻塞延误；

②当小区的规模与外形相似时，应尽可能开放路长较短，路面比较平坦、较大的道路，增加周边道路的通行压力，均衡各条道路的通行压力，提高通行效率。

2) 从小区的规模来看

① 针对规模较大的或者新城建设的这种小区应采取不同策略，这类小区比较适合开放，小区内部网络状街道和城市道路是紧密联系的，开放后两者能够比较完美地融合，在解决交通阻塞方面能起到比较大的作用；

②当小区内部的道路结构相似时，开放规模较大的小区有助于减轻周边道路的压力，缓解交通拥挤的状况，而较小的小区应看实际情况决定是否开放，且对周边道路通行压力缓解效果不明显；

③对于片区内多个小区的地方而言，更适合开放，开放后形成联动型社区，便会成为人口集中地和流散地，带动整个地方的商业发展。并且对于个别规模超大可又相对独立的小区来说，在这种开放式的建设下，相当于把大型小区微小化，使各分割小区的私密性和安全性更有保障，安逸的居住和步行环境有利于增强居民的幸福指数。

(2) 从城市规划的角度

1) 在主干道的支路方向多建设开放式小区，将小区建设在纵深方向，既能够降低直接通向主干道的人流量和车流量，也能够一路带一路的把其周边支路的环境建设和改造。

2) 对于规模较少的小区周边，要加强支路的延伸和结合，改变其原有结构使其呈现网状结构。传统的道路在主干道垂直的方向道路路面窄并且无其他支路，其中一部分支路可以完全独立出来形成网状车辆行驶道路，另一些也能够建成为全步行的街道系统。

3) 对于规模较大的小区和外部城市交通路线融合，能够避免交通阻塞，促进步行。用作主干道的大马路难以缓解交通拥堵，建设开放性的小区将内部支路和外部结合成为网状结构，给予了人们出行路线多选择的机会，疏散车流并缓解了道路负荷。且道路的增加，促进人们多多步行，从而减少了机动车的出行率，保护了环境。

总而言之，现在已建成封闭小区开放要有一定规划，要有针对性和选择性；计划新建小区要根据自身结构和周边道路结构进行开放性合理设计。

(1) “大开放、小封闭”的规划模式

根据我国社会发展的现状，街区式小区常采用的是一种“整体环境开放+街区单元封闭”的大开放小封闭的规划模式，这种模式综合了全封闭式的住区和全开放式小区的优点，具有一定的普适性。这样的模式不但将小区的景观空间纳入到城市景观系统中，还将城市的各种公共社交引入到小区内部，大大提升小区的活力。此外，封闭式的街区单元在一定程度上保证了居民对安全的需求，并在小尺度地块上营造具有场所感的交往空间。将住区回归城市，对城市开放，是城市与住区可持续发展的需求。本文提倡以街

街区式住区模式来应对住区开放的发展趋势，通过理论研究、现状分析，总结了街区式住区在形态结构及空间布局上的开放性设计策略。本文主要的研究成果主要集中在概念阐述以及设计手法层面：

1) 在概念阐述层面：

①街区式住区组成单位—基本街区单元的适宜规模：街区式住区基本街区适宜规模是在 1.5—2.5 公顷；

②针对街区型住区这一新型模式尚未取得广泛的社会认知的情况，明晰了街区式住区的涵义，总结了街区型住区的基本特征以及建设现状；

③以问卷调查的方式研究居民对小区封闭与开放的意愿，以模型的研究结果为出发点分析封闭式小区存在的弊端，并同时肯定居住小区不可替代的现实情况。指出街区式住区在一定程度上能够避免居住小区带来的城市问题，适合在特定区位进行规划建设，是对我国小区模式的一种丰富及补充。

2) 在设计手法层面：

①街区式住区在道路系统、景观空间、服务设施方面具体的开放性设计策略以及基本街区单元的封闭管理办法；

②通过对前三问的总结归纳，总结出街区式住区在交通层面、景观层面、功能层面、居住层面的开放性设计要点，作为开放性设计策略的切入角度；

③街区式小区应建立在区位适应性原则以及适度开放原则的基础上。提出了在交通区位、气候区位、文化区位的选址策略，宜采用“整体环境开放+街区单元封闭”的规划模式。

(2) 土地的使用方式

小区在土地的使用方面也会对道路交通产生一定影响。而不同土地使用的相对位置以及使用强度对交通出行数量及特征都会产生不同程度的影响，交通设施的位置也会对居民出行活动产生巨大的影响。为适应城市机动化的快速发展，促进私人小汽车出行替代方式的使用，以及缩短城市居民出行距离，下面介绍一种小区开发模式：

①步行地块(简称 PP)

步行地块的设计思想：将城市公共交通站和城市中心商业区作为规划区域的核心，以 400 米的步行距离作为规划区域的半径，进行综合规划，规划区域内包括住宅区、商业区、娱乐场所和公园等。这种土地综合利用的方式使城市居民可以选择通过步行、自行车、公交或者小汽车等方式实现便利出行，PP 步行地块模式将城市郊区和城市通过轻轨等公交系统很好地联系起来，从而减少城市交通对整个城市环境的污染。

(3) 内部停车场规划

小区开放利用了小区内闲置的道路资源，未开放时这些道路资源被充当作停车场，致使小区停车位减小，为方便停车和充分利用小区内的停车资源，对小区内的停车资源进行 T 调查和资源整合。因交通开放道路共占用的车位，因此在新生成的范围内缺少同样数目的停车位，应该通过规划填补这些停车位缺口。

(4) 噪声防治措施

小区开放后，噪音会比以前更大，因此需要采取噪声防治措施。噪声防治的方法主

要是采取交通方面、小区绿化和建筑材料多种措施来防治噪声。交通方面包括禁止鸣笛、分时段通行、控制交通量等。小区绿化主要通过小区内的分层次绿化，利用植被来吸收或遮挡声音。建筑材料则主要起到隔离和降低噪声的作用，路面采用降噪材料，外围装修使用隔音材料，居住单元使用隔音玻璃。

(5) 内部人群意愿

小区交通开放不仅可以缓解城市交通拥，还方便小区交通出行，但因为涉及到一些利益、安全问题，也会引起一些人群的反，所以需要进行意愿调查。应对小区内部和整个城市内的人群进行问卷调研，调查问卷份数根据需要而定，调查内容应根据实事求是、简单易懂的原则制订表格，如有必要可向市民阐述其意义。

§6 误差分析与灵敏度分析

一、误差分析

1. 模型I中所选取的指标较少，因此模型的建立不够准确，并且所选取的是主要成分，因此，必然忽略一些信息；

2. 模型II中，考虑的因素只有交通流速度和车流密度，实际情况需考虑更多因素；

二、灵敏度分析

关于问题一中累积贡献率的灵敏度分析

本文以 0.75、0.80、0.80、0.90、0.95 作为贡献率，并利用 MATLAB 计算四个小区的道路交通的综合评价值，结果如下图所示：

根据结果用 EXCEL 绘画出相应的图像：

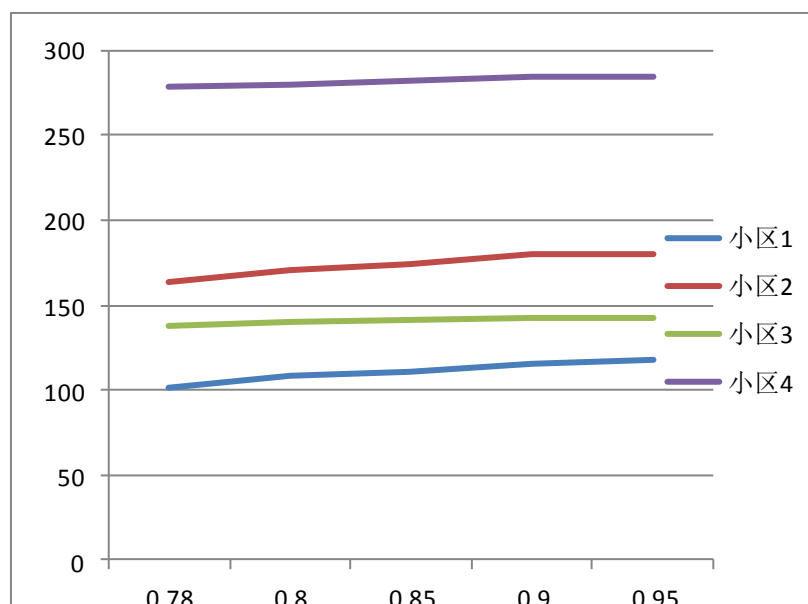


图9 灵敏度分析

通过以上的表格和图像可以看出，在不同的累积贡献率下，同一小区的综合评价值

变化比较小，且以 0.85 作为基准，最大的平均变化率为 $\frac{|117.53-101.23|}{111.32}=14.6\%$ ，因此，此次的灵敏度分析较好。

§7 模型的评价与推广

一、模型的优点

1. 利用交通仿真软件VISSIM，简单模仿了小区开放前和开放后的道路通行过程，很形象直观，并附上视频文件（见附件1）使人更方便理解；
2. 本文使用了photoshop和AutoCAD软件作图，利用图形反应成果，很直观、易懂。；
3. 本文所建立的模型充分利用了EXCEL、MATLAB、SPSS、VISSIM等软件，对数据进行了处理、分析与仿真，所得结果合理、准确。

二、模型的缺点

1. 模型过于简单，对小区周边道路进行了理想化，不符合实际生活；
2. 在主成分分析中，我们首先应保证所提取的前几个主成分的累计贡献率达到一个较高的水平（即变量降维后的信息量须保持在一个较高水平上），其次对这些被提取的主成分必须都能够给出符合实际背景和意义的解释（否则主成分将空有信息量而无实际含义）；

三、模型的推广

1. 主成分分析法的运用推广

主成分分析法在科普效果评估的过程中也起到很大作用，科普效果通常是很难具体量化的。在实际评估工作中，我们常常会选用几个有代表性的综合指标，采用打分的方法来进行评估，故综合指标的选取是个重点和难点。由于评估所涉及的众多变量间既然有一定的相关性，因而必然存在着起支配作用的因素。由于这些基本关系很可能与特定的作用过程相联系，主成分分析使我们能从错综复杂的科普评估要素的众多指标中，找出一些主要成分，以便有效地利用大量统计数据，进行科普效果评估分析，使我们在研究科普效果评估问题中，可能得到深层次的一些启发，把科普效果评估研究引向深入。

比如，在对某一手机的开发和利用这一要素的评估中，涉及手机创作人数百万人、手机发行量百万人、手机产业化（手机示范基地数百万人）等多项指标。经过主成分分析计算，最后确定个或个主成分作为综合评价科普产品利用和开发的综合指标，变量数减少，并达到一定的可信度，就容易进行手机使用效果的评估。

除此之外，主成分分析法在啤酒风味评价分析和质量评价、食品的风味和质量评价中都得到了一定程度的运用。

2. 本文所建立的基于小区开放的单车道车辆分流模型，不仅可以用来研究小区开放对周围道路的影响，还可以用在小区的优化和城市规划上面。

§8 模型的改进

在问题一中，最后对于主成分的权重，采用的是各主成分各自贡献率所占所选主成分的比例，关于权重的取值，我们可以采用模糊数学的方法。

研究小区开放对周边道路通行的影响时，应该与实际情况相结合。

确立权重集确定权重的方法主要有：层次分析法、变异系数法、均方差法、熵权法等。本文选用熵权法确定各因素的权重。熵权法相对于其他确定权重的方法，具有精度和可行性更强的特点。熵权法确定权重步骤如下：

(1)建立原始评价矩阵，根据数据预处理结果建立如下原始评价矩阵其中 m 个待评项目， n 个评价指标，其中 y_{ij} 为第 i 个指标下第 j 个项目的评价值。

(2)计算第 j 项指标的熵值

$$H_j = -k \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} (j=1, 2, \dots, m),$$

其中

$$k = \frac{1}{\ln n}, f_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}}$$

当 $f_{ij} = 0$ 时， $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

(3)计算第 j 项指标的熵权（权重） w_j 为

$$w_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^m H_j}, (j=1, 2, \dots, m),$$

其中

$$0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1。$$

参考文献

- [1] 何晓群. 多元统计分析[M]. 4 版. 中国人民大学出版社, 2015 : “114-115” .
- [2] 李向朋. 城市交通拥堵对策-封闭性小区开放研究[D]. 长沙理工大学, 2014.
- [3] 豆丁书房. 居住区道路指标与路网模式研究[EB/OL]. [“2016-9-10”].
<http://www.docin.com/p-1042909776.html>.
- [4] 曹杰勇著. 新城市主义理论—中国城市设计新视角[M]. 南京: 东南大学出版社, 2011 : “113-116” .
- [5] 韩中庚等编著. 美国大学生数学建模竞赛题解析与研究[M]. 1. 北京: 高等教育出版社, 2013 : “59-60” .

附录

一、程序

程序 1:

```
gi =
```

7.3700	0.0680	282.0000	20.0000	3.0000	0.9700	2.0000
10.4500	0.1440	450.0000	25.0000	4.0000	1.1100	1.0000
6.4600	0.0982	365.0000	20.0000	3.0000	0.9200	2.0000
11.2400	0.1865	737.0000	30.0000	1.0000	0.4200	3.0000
11.3800	0.2457	751.0000	35.0000	1.0000	0.3100	4.0000
11.1000	0.2030	645.0000	30.0000	2.0000	0.6400	3.0000
9.3400	0.1450	683.0000	25.0000	3.0000	0.8600	2.0000
11.1800	0.1824	700.0000	30.0000	2.0000	0.7300	2.0000

```
gi=zscore(gi)
```

```
r=corrcoef(gi)
```

```
[x, y, z]=pcacov(r)
```

```
f= repmat(sign(sum(x)), size(x, 1), 1)
```

```
x=x.*f
```

```
num=3
```

```
df=gi*x(:, [1:num])
```

```
tf=df*z(1:num)/100
```

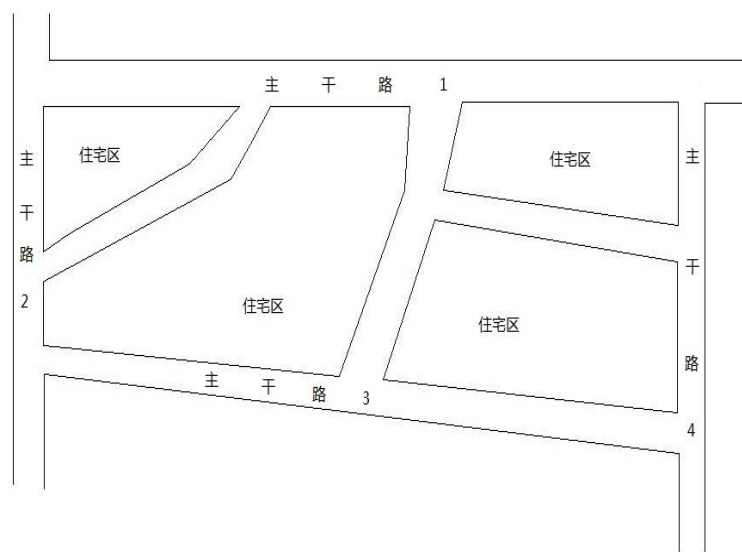
```
[stf, ind]=sort(tf, 'descend')
```

```
stf=stf', ind=ind',
```

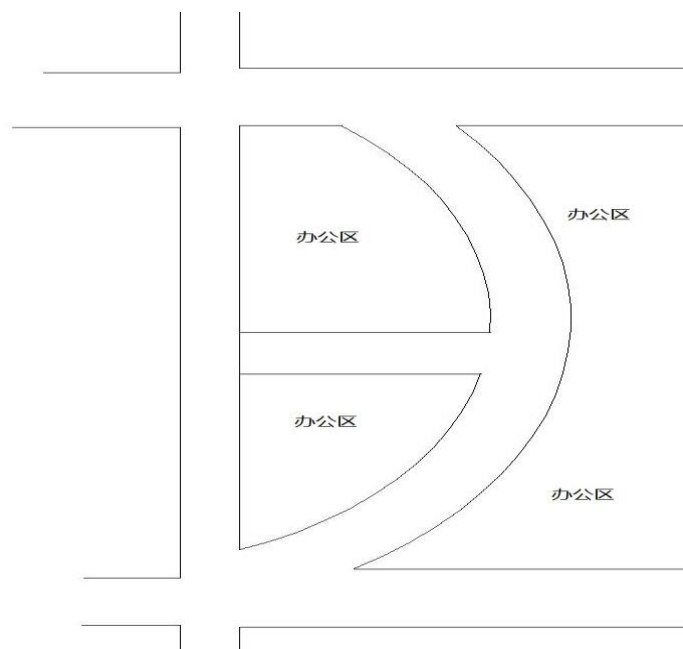
二、附图

1、小区平面图

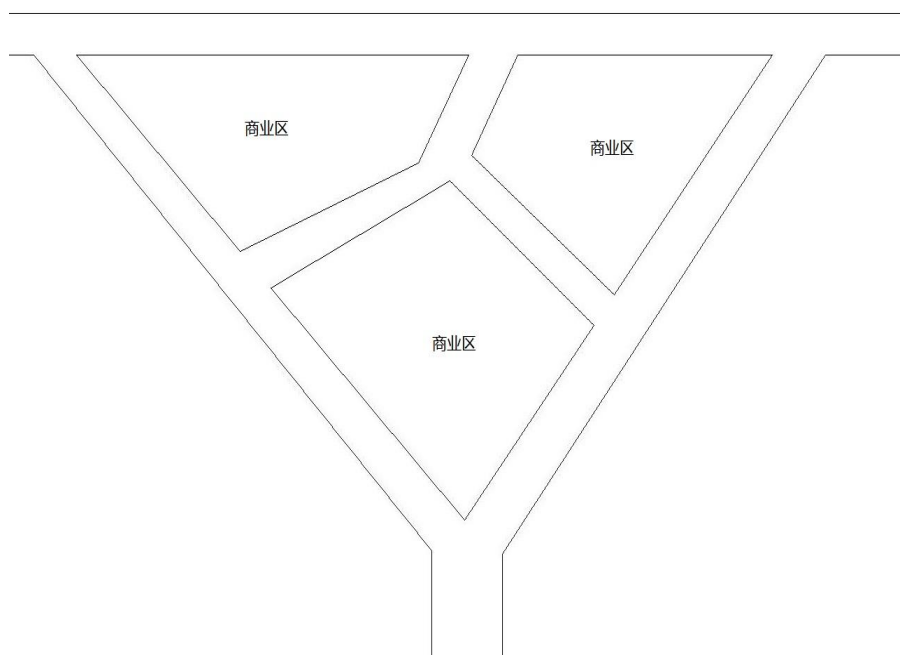
附图 1: 居住型小区平面图



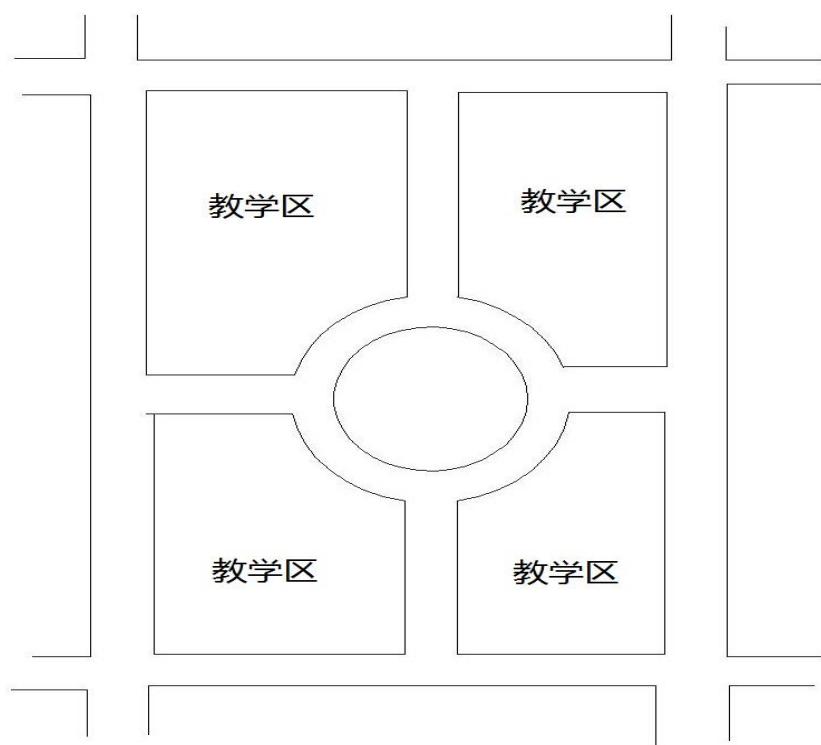
附图 2：办公型小区平面图



附图 3：商业型小区平面图



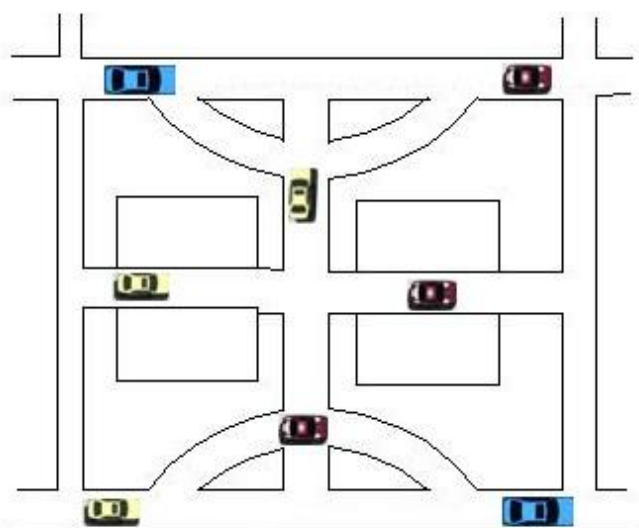
附图 4：教育型小区平面图



附图 5：居住型小区设计图



附图 6：办公型小区设计图



附图 7：商业型小区设计图

