

# 基于多层次模糊综合评价法的城市道路通行能力评价研究

胡 玥, 林 耿

闽江学院数学与数据科学学院, 福建 福州  
Email: 1434918666@qq.com

收稿日期: 2021年3月19日; 录用日期: 2021年4月6日; 发布日期: 2021年4月21日

---

## 摘 要

在我国道路通行越来越拥堵的现状下, 小区开放对缓解该现象有一定的作用, 该问题需要得到合理解决。本文首先对交通评估指标进行变量筛选, 避免变量重复且主观, 接着利用挑选的因素运用模糊层次分析法, 分别基于模糊一致性矩阵和基于模糊数两种方法构建数学模型, 最终均得出开放式小区周围交通情况优于半开放式小区, 优于封闭式小区的结论。

## 关键词

小区开放, 变量筛选, 模糊层次分析法

---

# Study on Urban Road Capacity Evaluation Based on Multi-Level Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

Yue Hu, Geng Lin

College of Mathematics and Data Science, Minjiang University, Fuzhou Fujian  
Email: 1434918666@qq.com

Received: Mar. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Apr. 6<sup>th</sup>, 2021; published: Apr. 21<sup>st</sup>, 2021

---

## Abstract

Under the current situation of increasingly congested roads in China, the opening of residential areas plays a certain role in alleviating this phenomenon, and this problem needs to be solved

reasonably. In this paper, variables are screened for traffic evaluation indicators to avoid repeated and subjective variables. Then using the selected factors and using the fuzzy analytic hierarchy process (AHP), the mathematical models are built based on the fuzzy consistency matrix and fuzzy number respectively. Finally, it is concluded that the traffic condition around the open community is better than the semi-open community and better than the closed community.

## Keywords

Community Open, Variable Selection, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2016年2月21日,国务院颁布了《关于进一步加强城市规划建设管理的若干意见》,其中第十六条涉及实行街区制,原则上不建设封闭式住宅小区,居民区和单位完成的庭院也将逐步打开。简单来说,所谓开放型小区是指,破除围墙,使得小区不再封闭,非小区业主也可以自由通过。而这与中国传统思维上的住宅相违背,引起了广泛热议。

首先,开放小区可以打通城市“毛细血管”,使得城市道路网密度提高,且随着可行驶面积的增加,车主能够挑选在高峰时段绕道或避开高峰,大大缓解了城市拥挤问题。此外,社区内的停车场是向社会开放的,这也将减少社会道路上的不合法泊车现象,提高社区道路的利用率。但同时,开放小区的各项条件与我国现行法律不符,安全问题,住宅区的道路、绿化、水电等各种基础服务设施问题接踵而至。

随着我国城市交通顽疾日益突出,城市发展,汽车市场高速发展,小区是否开放问题需要得到合理解决。针对此问题,不能一概而论,采取一刀切的方法,应结合小区特点、周围建筑、周边交通道路等因素建立数学模型,进行综合分析。

### 1.1. 国内外研究现状

#### 1.1.1. 国内研究现状

近年来,我国对于社区开放对道路交通影响的研讨越来越成熟,大体上主要分为四种思路。第一,选择使用 Vissim 仿真模拟研究社区开放对道路交通的影响。詹斌对比了网格式、内环型、外环型三种道路类型小区开通前后交通量的数值情况。在此基础上,他从路口交通延误、排队长度、道路通行时间等方面进行了实验,并剖析了小区开放对四周的影响,发现小区开放后的交通流相对顺畅[1]。郑秀婷将影响小区周边交通情况的一些因素数值化,并建立了综合评价指标,得出在开放时间上对小区进行限定有助于缓解交通[2]。陈学识使用该软件模拟十字型、丁字型小区开放后的通行情况,结合他构建的三级评估指标,得出小区开放后有益于周围道路的交通通行,且具有一定的可行性[3]。

第二种则是用 PCA 实验开放小区周围道路通行的情况。张路莹使用 SPSS 数学软件进行 PCA 降维,最终选择 5 个主成分,并用其建立小区开放对交通道路有影响因素的指标系统[4]。王锦升利用机器学习中的交叉验证算法验证评价指标体系,确定评价指标;利用异常分析算法对数据进行验证,减少误差;将抽样调查的数据代入改进后的交通分配理论模型进行实证研究[5]。

第三种基于 FAHP 实验小区开放对道路通行影响。陈兴菊采纳模糊估计法来量化拥挤程度,而拥挤程

度在一定程度上又能反映交通通行情况, 并比较开放前后的一些变化[6]。周玉林从五个因素出发构建了小区开放与道路交通情况的关系模型[7]。邓倩首先学习相关知识, 实地考察自贡市中心的小区, 对其进行问卷, 从中选出四个满足开放条件的小区进行实验, 运用模拟分析法和 AHP 对其开放前后的变化进行探究[8]。

第四种其他。还有建立其它数学模型进行建模的, 例如刘金海建立了关于车辆通行的 BPR (美国联邦公路局函数)数学模型[9], 王刚构建基于“压力 - 状态 - 响应”模型, 研究小区开放前后的变化[10]等。同时还有人开放小区提出相关意见, 王广兴针对开放式小区的泊车空间进行设计, 综合考虑小区的资源情况和空间位置的一些因素, 能有效改善泊车空间的使用现状[11]。汪春以合肥市为例, 结合技术要求和法律标准对老城区和新城区的不同特点进行实验[12]。

### 1.1.2. 国外研究现状

目前国外对该课题研究极少, 但是开放式街区的建设运行较早且比较成功, 有一定的经验。佛罗里达州 Seaside 小镇是第一个开放型社区, 这个地方的马路不区别人行道和车行道, 主要道路和次要道路的模式相同, 不过于区分道路等级, 这样的开放设计使得公共利用程度提高, 路网密度增大, 更使得周围店铺的价值提升, 使得居住群体的空间面积缩小, 各个个体之间接触容易, 使得人们、小区、城市之间得到紧密联系。

## 1.2. 小结

综上所述, 经过对文献和案例的学习, 对本人毕业论文具有启示意义, 可以看出建设开放型小区对于当前中国发展趋势来说十分有必要, 对于不同类型的小区, 因地制宜, 采取不同的措施, 且主要是运用模糊层次分析法来解决该问题, 说明在数据不容易收集时, 该方法更合理。因而, 在此基础上, 我将先进行 PCA, 选取最合适变量并进行归并, 确定层次分析准则层后再进行模糊层次综合模型的建立, 并分别基于模糊一致性矩阵和模糊数两种方法比较开放型小区、半开放型小区、封闭小区交通情况, 给当前封闭式小区开放和开放型小区的发展提出一些看法。

## 2. 评价指标选择

在拥有影响因素较多时, 将其所有都考虑在内显然不现实且实验过程繁琐, 导致结果反而不具有代表性, 况且有些影响因素可能会存在某种关系, 从而使结果的复杂性增加, 对实验带来不利之处。假如分别对每个指标都考虑一遍, 实验过程繁琐, 且得到的结论常常是片面的, 无效的。同时毫无根据地减少指标会使有用信息被浪费, 容易得到错误的论断。常用的降维办法有 PCA、LDA、LLE, 其中 PCA 是对原始信息利用率最高的一种降维办法, 我将运用 PCA 进行实验。

### 2.1. 主成分分析原理

主成分分析的实质就是降低维度, 既减少需要考虑的指标, 在这个基础上减少可用信息的丢失, 换句话说, 就是把高维数据变成低维数据进行实验, 以较少的因素揭示变量之间的内在联系, 进而分析解决实际问题。

设对一件事情的讨论包含  $p$  个指标, 分别用  $X_1, X_2, \dots, X_p$  表示, 这  $p$  个指标组成的  $p$  维随机向量为  $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ , 设随机向量  $X$  均值为  $\mu$ , 协方差矩阵为  $\Sigma$ 。对  $X$  进行线性变换, 可以形成新的综合变量, 用  $Y$  表示, 也就是说, 新的综合变量可以由原来的变量表示, 即满足下式

$$\begin{cases} Y_1 = u_{11}X_1 + u_{12}X_2 + \dots + u_{1p}X_p \\ Y_2 = u_{21}X_1 + u_{22}X_2 + \dots + u_{2p}X_p \\ \vdots \\ Y_p = u_{p1}X_1 + u_{p2}X_2 + \dots + u_{pp}X_p \end{cases}$$

将线性变化要求在下面的准则之下:

①  $u_i' u_i = 1$  即  $u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + \dots + u_{ip}^2 = 1 (i = 1, 2, \dots, p)$ ;

②  $Y_i$  与  $Y_j$  相互无关 ( $i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, p$ );

③  $Y_1$  是  $X_1, X_2, \dots, X_p$  的一切满足原则的线性组合中方差最大者,  $Y_2$  是与  $Y_1$  不相关的  $X_1, X_2, \dots, X_p$  的所有线性组合中方差最大者, 类似的,  $Y_p$  是与  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{p-1}$  都不相关的  $X_1, X_2, \dots, X_p$  的所有线性组合中方差最大者。

都满足上述要求而确定的综合变量  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  依次称为原始变量的第一、第二、...、第  $p$  个主成分。且它们各自的方差所占的比重越来越小, 在实际工作中, 通常只需要选择方差最大的前几个主成分来解决问题[13]。

## 2.2. 实验数据来源

本次论文数据来源于王锦升基于机器学习模型的小区开放对道路影响问题研究一文[5], 表 1 是通过抽样调查海口市 10 个小区评价指标获得的数据, 通过对该文献的学习, 发现其选取的指标, 既不复杂, 又具有代表性, 所以利用该数据进行 PCA 过程。其数据拥有 10 个样本点, 变量涉及小区面积、通行能力、延误时间、车流量、路段车速、行程时间、路网密度、饱和度、交叉路口服务水平、路网通畅度, 为后面表述方便, 分别用  $x_1, x_2, \dots, x_{10}$  来代替。

**Table 1.** Traffic situation of 10 districts in Haikou City

**表 1.** 海口市 10 个小区交通通行情况

小区名称	小区面积/m <sup>2</sup>	通行能力/(辆/15min)	延误时间/s	车流量/(辆/h)	路段车速/(km/h)
1	158,502	516	3.1	125	80
2	16,571	473	5.5	452	60
3	9798	348	13.3	335	40
4	58,000	421	7.6	450	70
5	12,006	362	12.8	332	40
6	69,105	458	9.2	465	60
7	53,025	365	12.9	342	50
8	10,553	372	11.4	359	40
9	59,562	452	10.2	468	60
10	26,880	369	12.3	335	60
小区名称	行程时间/s	路网密度/(km/km <sup>2</sup> )	饱和度/(辆/min)	交叉路口服务水平	路网通畅度/%
1	50.5	5.1	12.5	5	90.5
2	55.3	4.7	15.8	4.5	85.2
3	82.5	3.2	34.7	3.5	64.1
4	53.7	4.1	20.1	4	70
5	79.3	3.2	31.6	3	67.2
6	60.8	4.1	17.9	4.5	81.2
7	78.8	3.1	31.4	2.5	67.8
8	75.4	3.4	30.5	3	69.2
9	58.2	4.3	18.2	4.5	78.5
10	77.9	3.2	30.5	2.3	69.8

### 2.3. 分析结果

用 R 软件进行 PCA, 先读取数据, 求出样本相关系数矩阵, 然后做主成分分析, 求出样本相关矩阵的特征值和主成分载荷, 结果如下:

**Table 2.** Sample correlation coefficient matrix  
**表 2.** 样本相关系数矩阵

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
$x_1$	1	0.74	-0.69	-0.52	0.81	-0.65	0.68	-0.68	0.59	0.69
$x_2$	0.74	1	-0.92	-0.07	0.82	-0.93	0.98	-0.98	0.9	0.97
$x_3$	-0.69	-0.92	1	0.21	-0.82	0.91	-0.96	0.91	-0.81	-0.88
$x_4$	-0.52	-0.07	0.21	1	-0.18	-0.11	-0.08	-0.06	0.06	-0.16
$x_5$	0.81	0.82	-0.82	-0.18	1	-0.85	0.8	-0.84	0.63	0.74
$x_6$	-0.65	-0.93	0.91	-0.11	-0.85	1	-0.95	0.98	-0.87	-0.83
$x_7$	0.68	0.98	-0.96	-0.08	0.8	-0.95	1	-0.97	0.92	0.93
$x_8$	-0.68	-0.98	0.91	-0.06	-0.84	0.98	-0.97	1	-0.89	-0.92
$x_9$	0.59	0.9	-0.81	0.06	0.63	-0.87	0.92	-0.89	1	0.82
$x_{10}$	0.69	0.97	-0.88	-0.16	0.74	-0.83	0.93	-0.92	0.82	1

由表 2 可以初步看出,  $X_2, X_7, X_9, X_{10}$  之间的相关性很强,  $X_3, X_6, X_8$  之间的相关性很强。

**Table 3.** The eigenvalues of the sample correlation matrix  
**表 3.** 样本相关矩阵的特征值

importance of components:					
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
Standard deviation	2.7801086	1.1643522	0.64457459	0.47535244	0.4047888
Proportion of variance	0.7779127	0.1355716	0.04154764	0.2259599	0.0163854
Cumulative proportion	0.7779127	0.9134843	0.95503190	0.97762790	0.9940133
importance of components:					
	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10
Standard deviation	0.20389806	0.1201283	0.0599272268	1.644824e-02	2.947003e-08
Proportion of variance	0.00415744	0.0014431	0.0003591273	2.705446e-05	8.684825e-17
Cumulative proportion	0.99817074	0.9996138	0.99997294455	1.000000e+00	1.000000e+00

从表 3 可以看出, 主成分的标准差, 即相关矩阵特征值的平方根, 分别为:

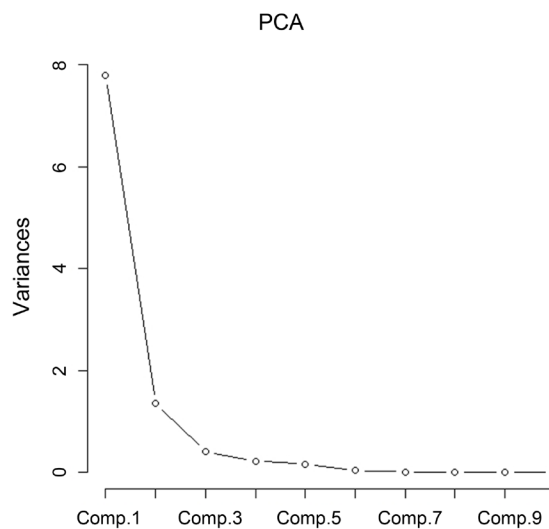
$$\begin{aligned}\sqrt{\lambda_1} &= 2.7891086, \sqrt{\lambda_2} = 1.1643522, \sqrt{\lambda_3} = 0.64457459, \sqrt{\lambda_4} = 0.47535244, \\ \sqrt{\lambda_5} &= 0.4047888, \sqrt{\lambda_6} = 0.20389806, \sqrt{\lambda_7} = 0.1201283, \sqrt{\lambda_8} = 0.059927227, \\ \sqrt{\lambda_9} &= 1.644824e-02, \sqrt{\lambda_{10}} = 2.947003e-08\end{aligned}$$

前两个主成分的累积贡献率为  $0.778 + 0.136 = 0.914$ , 以累积方差贡献率大于 80% 为标准, 主成分的个数取为 2 即可。

**Table 4.** Principal component loads of the sample correlation matrix  
**表 4.** 样本相关矩阵的主成分载荷

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5
$x_1$	0.279908541	0.43761028	0.316892589	0.594246933	0.115651309
$x_2$	0.354627089	-0.050932368	-0.119094739	0.040427508	0.268399748
$x_3$	-0.3413627	-0.043839678	0.109291125	0.503462141	0.340590912
$x_4$	-0.0450804	-0.828144937	0.318578281	0.148822672	0.181920771
$x_5$	0.312660371	0.134935113	0.674427442	-0.211339688	-0.008423284
$x_6$	-0.342301577	0.187253791	-0.201342365	0.06281559	0.303168602
$x_7$	0.352444406	-0.07092965	-0.193311452	-0.110915044	-0.140960841
$x_8$	-0.351258406	0.155610687	-0.050816075	-0.004252317	-0.148366371
$x_9$	0.319727959	-0.188194093	-0.369304535	0.536495853	-0.403184611
$x_{10}$	0.335526048	0.014933105	-0.316591704	-0.144414655	0.684884291
	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10
$x_1$	0.394719087	0.179650159	0.25875358	0.048583617	0.076366065
$x_2$	0.019438712	-0.061423575	-0.105518266	0.064441153	-0.874272081
$x_3$	-0.31281003	-0.621157172	-0.075773876	-0.102301658	0.015332522
$x_4$	0.116684897	0.261847679	0.267695867	0.039381589	0.004084824
$x_5$	-0.614205601	0.077385409	-0.012489705	-0.032062232	-0.005217051
$x_6$	-0.362814117	0.415575624	0.18285964	0.609865496	-0.040732625
$x_7$	-0.098168163	-0.471262062	0.685479141	0.300839643	0.095390983
$x_8$	-0.151229034	0.185847416	0.562284442	-0.593984544	-0.318432089
$x_9$	-0.425387763	0.237653108	-0.145752099	-0.105772912	0.075632087
$x_{10}$	-0.100044676	0.133246882	0.060224261	-0.392423856	0.334155306

下面利用碎石图来分析主成分，绘制碎石图如下图所示：



**Figure 1.** Gravel figure  
**图 1.** 碎石图

结合表 4 和图 1 容易直观看出前两个主成分的方差占了总方差变化的大部分, 因此选择 2 作为主成分的个数是最合适的。但是为了使下面建模更加准确, 在不增加麻烦的基础上, 将主成分确定为 3 个会更加准确,  $X_2, X_7, X_9, X_{10}$  可以反映道路状况,  $X_3, X_6, X_8$  可以反映网络敏捷性, 以及道路服务水平, 将这三个评价指标运用到下面多层次模糊综合评价法中。

### 3. 多层次模糊综合评价法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP)是一种解决多个比较结果和拥有较多影响因素的方法措施, 主要是通过建立各层次的判别矩阵, 而不思考人工判断的不确定性。AHP 的缺点是该方法反映了人的思维过程, 人的定性判断对结果起决定性作用, 因此其权重的确定过分依赖人的判断, 特别是专家的判断, 从而大大降低了其客观性。本文采纳模糊层次分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, 简称 FAHP), 即对 AHP 的缺点改正优化, 加入了模糊数学, 并将其用于多比较结果的选择排序[14]。

而 FAHP 则改进了 AHP 的不足之处, 提高了处理问题的可行性。FAHP 有两种解决问题的方法, 基于模糊数或者基于模糊一致性矩阵。下面我将用这两种方法对开放式小区、半封闭式小区、封闭式小区的交通情况进行比较。

#### 3.1. 基于模糊一致性矩阵的模糊层次分析法

##### 3.1.1. 理论知识

###### 1) 模糊互补判断矩阵的建立

经过指标间的两两相比判别, 使用一个指标比另一个指标的重要水平定量表现, 则构造出模糊判断矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ , 假设具备如下性质:

$$\textcircled{1} a_{ij} = 0.5, i = 1, 2, \dots, n; \quad \textcircled{2} a_{ij} + a_{ji} = 1, i, j = 1, 2, \dots, n$$

则这样的判别矩阵称为模糊互补判断矩阵。并采用一定标度(常用 0.1~0.9 标度, 如表所示)进行衡量。

Table 5. The expert marks the scale

表 5. 专家打分标度

0.1~0.9 标度	含义	说明
0.5	同等重要	元素 $j$ 同等重要于元素 $i$
0.6	稍微重要	元素 $j$ 稍微重要于元素 $i$
0.7	明显重要	元素 $j$ 明显重要于元素 $i$
0.8	重要的多	元素 $j$ 于元素 $i$ 重要的多
0.9	极端重要	元素 $j$ 极端重要于元素 $i$
0.1, 0.2, 0.3, 0.4	反比较	若元素 $a_i$ 与元素 $a_j$ 相比较得到判断 $r_{ij}$ , 则元素 $a_j$ 与 $a_i$ 相比较得到判断 $r_{ji} = 1 - r_{ij}$

$$\text{则模糊互补判断矩阵为 } A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}。$$

###### 2) 模糊互补判断矩阵的权重计算

该公式[15]是用来计算模糊互补判别矩阵的权重, 充分包括模糊一致性判断矩阵的优点之处并减少信息损失, 如下:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3-1)$$

### 3) 模糊互补判断矩阵的一致性检验方法

由式(3-1)算出的权重值不一定合适, 需要判断, 即一致性检验。当计算结果偏差过大时, 意味着权重向量的计算结果不可靠, 不能作为决策的依据。用模糊判别矩阵的相容性来检验其一致性准则[16]。

定义 1: 设矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$  和  $B = (b_{ij})_{n \times n}$  均为模糊判别矩阵, 称  $I(A, B) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |a_{ij} + b_{ij} - 1|$  为  $A$  和  $B$  的相容性指标。

定义 2: 设  $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$  是模糊判断矩阵  $A$  的权重向量, 其中  $\sum_{i=1}^n W_i = 1, W_i \geq 0 (i = 1, 2, \dots, n)$ ,

$$\text{令 } W_{ij} = \frac{W_i}{W_i + W_j}, (\forall i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3-3)$$

则称  $n$  阶矩阵  $W^* = (W_{ij})_{n \times n}$  为判别矩阵  $A$  的特征矩阵。

假设决策者的要求为  $\alpha$ , 而当相容性指标  $I(A, W) \leq \alpha$  时, 则可以得出判断矩阵为满意一致性的结果。 $\alpha$  越小表示决策者对模糊判别矩阵的一致性要求越严格, 基本上默认  $\alpha = 0.1$ 。

### 3.1.2. 实验过程

#### 1) 层次结构模型

根据以上主成分分析结果得到的指标, 构建指标体系图, 如图 2 所示:

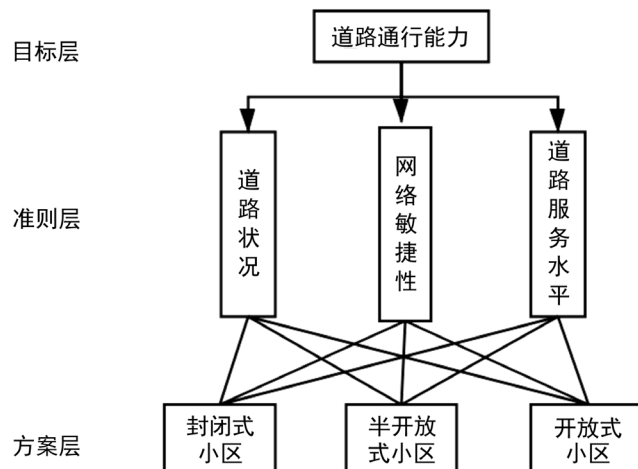


Figure 2. The indicator system  
图 2. 指标体系

#### 2) 权重矩阵的确定

设道路状况为  $X_1$ , 网络敏捷性为  $X_2$ , 道路服务水平为  $X_3$ , 对于这三个指标, 设由一位专家按照表 5 打分, 需要对图 2 中每两个因素都进行相比, 从而建立权重模糊互补判别矩阵  $A$ 。

$$A = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.5 \\ 0.4 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix}$$



依据式(3-1), 计算权重向量为  $W = (0.35, 0.35, 0.3)$ , 根据式(3-3),  $A$  的特征矩阵计算得出

$$W^* = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.538 \\ 0.5 & 0.5 & 0.538 \\ 0.462 & 0.462 & 0.5 \end{pmatrix}, \text{ 根据式(3-2), } A \text{ 和 } W^* \text{ 的相容性指标为: } I(A, W^*) = 0.084 < 0.1, \text{ 故能够得}$$

出模糊判断矩阵  $A$  是满意一致的, 因而其权重  $W$  也是恰当的。

### 3) 指标矩阵的确定

顺次按照  $X_1, X_2, X_3$  对方案层构建模糊判别矩阵, 再由专家进行打分, 并进行一致性检验等。

$$X_1 \text{ 的模糊判断矩阵 } R_1 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.6 \\ 0.6 & 0.5 & 0.3 \\ 0.7 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix}$$

$$X_2 \text{ 的模糊判断矩阵 } R_2 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.5 \\ 0.7 & 0.5 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 & 0.5 \end{pmatrix}$$

$$X_3 \text{ 的模糊判断矩阵 } R_3 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.4 \\ 0.5 & 0.6 & 0.5 \end{pmatrix}$$

根据公式, 计算方案层在单个指标上的排序向量:  $X_1 = (0.33, 0.32, 0.33)$ ,  $X_2 = (0.3, 0.35, 0.35)$ ,  $X_3 = (0.3, 0.32, 0.35)$

$$\text{因此最终得到的判断矩阵为 } R = \begin{pmatrix} 0.33 & 0.32 & 0.33 \\ 0.3 & 0.35 & 0.35 \\ 0.3 & 0.32 & 0.35 \end{pmatrix}.$$

### 4) 层次总排序及优选结果

采用模糊数学中的加权平均运算, 计算结果如下:

$$B = W \oplus R = (0.35, 0.35, 0.3) \begin{pmatrix} 0.33 & 0.32 & 0.33 \\ 0.3 & 0.35 & 0.35 \\ 0.3 & 0.32 & 0.35 \end{pmatrix} = (0.3105, 0.3305, 0.343)$$

按照最大隶属原则, 即开放式小区的交通能力优于半开放式小区, 优于封闭式小区, 说明小区开放会缓解交通拥挤情况。

## 3.2. 基于模糊数的模糊层次分析法

### 3.2.1. 理论知识

#### 1) 模糊判断矩阵的生成

记  $c_{ij}$  表达指标  $i$  相对应  $j$  的重要水平, 其中  $c_{ii} = 1$  且  $c_{ij} = \frac{1}{c_{ji}}$ , 即模糊判断矩阵  $CM = \begin{pmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nn} \end{pmatrix}$ 。

第  $i$  个指标的相对重要性计算采用几何均值法。即直接将判别矩阵  $CM$  的每一行数字求乘积, 即

$$GM_i = \left\{ \prod_{j=1}^n C_{ij} \right\}^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n, \text{ 之后进行标准化步骤, 公式为 } FW_i = \frac{GM_i}{\sum_{i=1}^n GM_i}.$$

该方法加入了三角模糊数, 将模糊层次分析法中判别矩阵的精确数字用三个数字来描述, 使其具

有模糊化。三角模糊数由三个点集合而成, 很好解决了两个指标比较过程中不能准确测量的矛盾。根据表 6 进行打分[17]。

**Table 6.** The expert marks the scale  
**表 6.** 专家打分标度

标度	含义
1	$u_i$ 和 $u_j$ 具有相同的重要性
3	$u_i$ 比 $u_j$ 稍微重要
5	$u_i$ 比 $u_j$ 重要
7	$u_i$ 比 $u_j$ 强烈重要
9	$u_i$ 比 $u_j$ 极端重要
2, 4, 6, 8	$u_i$ 与 $u_j$ 重要性介于以上两者之间
倒数	以上意义相反

### 2) 去模糊化

去模糊化可以用  $D_j = \frac{I_j + 2m_j + u_j}{4}, j=1,2,3$ , 其中  $I_i, m_j, u_j$  是三角模糊数中低中高三个数字, 标准化后的权重计算用  $FW = \frac{D_j}{\sum D_j}$ 。

### 3) 模糊矩阵合成

评价人员需要根据三种小区具体情况进行评价给出确定的隶属度值, 即在评语集  $V =$  (极好, 较好, 一般, 较差, 极差)中针对每一个要素做出相应主观评价,  $R$  是最终综合评判变换矩阵,

$$Q_i = FW_i \circ R = (W_1, W_2, W_3) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & \cdots & r_{25} \\ r_{31} & \cdots & r_{35} \end{pmatrix}.$$

### 3.2.2. 实验过程

实验大致过程为将指标道路状况、网络敏捷性、道路服务水平两两比较。利用模糊数评价比较的结果, 再通过计算模糊数的几何均值、将其去模糊化, 最后模糊计算权重, 即表 7。根据三种类型小区所得分数及最大隶属度原则得出三种小区所属评价类别, 即表 8。

**Table 7.** Fuzzy judgment matrix and fuzzy weight  
**表 7.** 模糊判断矩阵及模糊权重

指标	道路状况	网络敏捷性	道路服务水平	几何均值	去模糊化	模糊权重
道路状况	(1, 1, 1)	(3, 4, 4)	(2, 3, 4)	(1.82, 2.29, 2.52)	2.23	0.60
网络敏捷性	(1/3, 1/4, 1/4)	(1, 1, 1)	(4, 5, 5)	(1.1, 1.08, 1.08)	1.085	0.29
道路服务水平	(1/2, 1/3, 1/4)	(1/4, 1/5, 1/5)	(1, 1, 1)	(0.5, 0.41, 0.37)	0.415	0.11

**Table 8.** Comprehensive judgment transformation matrix  
**表 8.** 综合判断变换矩阵

方案	指标	极好	较好	一般	较差	极差
开放式小区	道路状况	0.30	0.60	0.10	0	0
	网络敏捷性	0.25	0.55	0.20	0	0
	道路服务水平	0.10	0.43	0.37	0.10	0
半封闭式小区	道路状况	0.10	0.20	0.50	0.20	0
	网络敏捷性	0.16	0.39	0.21	0.24	0
	道路服务水平	0.11	0.30	0.29	0.30	0
封闭式小区	道路状况	0.10	0.20	0.20	0.50	0
	网络敏捷性	0	0.20	0.30	0.50	0
	道路服务水平	0.05	0.10	0.15	0.70	0

由上表计算

$$FW \circ R_1 = (0.6, 0.29, 0.11) \cdot \begin{pmatrix} 0.30 & 0.60 & 0.10 & 0 & 0 \\ 0.25 & 0.55 & 0.20 & 0 & 0 \\ 0.10 & 0.43 & 0.37 & 0.10 & 0 \end{pmatrix} = (0.26, 0.57, 0.16, 0.011, 0)$$

$$FW \circ R_2 = (0.6, 0.29, 0.11) \cdot \begin{pmatrix} 0.10 & 0.20 & 0.50 & 0.20 & 0 \\ 0.16 & 0.39 & 0.21 & 0.24 & 0 \\ 0.11 & 0.30 & 0.29 & 0.30 & 0 \end{pmatrix} = (0.12, 0.12, 0.46, 0.22, 0)$$

$$FW \circ R_3 = (0.6, 0.29, 0.11) \cdot \begin{pmatrix} 0.10 & 0.20 & 0.20 & 0.50 & 0 \\ 0 & 0.20 & 0.30 & 0.50 & 0 \\ 0.05 & 0.10 & 0.15 & 0.70 & 0 \end{pmatrix} = (0.07, 0.189, 0.22, 0.522, 0)$$

计算结果表明,开放式小区隶属于较好的隶属度为 57%,半封闭式小区隶属于一般的隶属度为 46%,封闭式小区隶属于较差的隶属度为 57%,按照最大隶属原则,即开放式小区的交通能力优于半开放式小区,优于封闭式小区,两种方法所得结论一致。

#### 4. 小结

本文的优点在于建立模型前,先对指标运用主成分分析,进行了变量的筛选合并,将复杂多样的变量化为具有整体代表性的最终评价指标。之后根据评价指标建立评价结构,本文将方案层选取为三种开放式程度不同的小区类型,基于模糊一致性矩阵和模糊数两种方法,首先通过专家打分确定权重,并进行一致性检验,接着构建各评价指标的模糊判别矩阵,计算三种小区的最终得分情况,根据最大隶属度原则均得出开放式小区的交通能力优于半开放式小区,优于封闭式小区的结论。整篇论文思路比较清晰简单,无复杂计算,可通过编程计算,也可通过手算矩阵的方法来完成,最终得出的结论也是大致符合现实生活的。在通过学习其他参考文献的同时,结合本篇论文,向有关部门提出建议:

1) 在新建住宅区的停车场设计中,应优先考虑地下停车场。合理设置住宅区街道和道路上的地面停车场,并合理设置信号灯。在高峰时间可以限制单程通行[18];

2) 建成后的社区要根据不同类型和周边的社区情况,开放社区需要合理规划,不能一概而论。使用所构建的模型,运用比较法,对社区开放前后周边路况的最大流量进行定量相比,以确定是否开放社区[19];

3) 对于我国实行的这个开放政策, 在没有历史经验的基础上, 不能只借鉴外国现有模式。对于这种情况, 我们可以在国内搞试点, 经过实践检验和时间后, 再决定接下来的计划[20]。

在研究该课题期间, 发现其他学者还构建了其他的一些模型, 有些还进行数据的仿真模拟, 这就避免了数据量过少且不好获取的弊端。同时, 我发现外国学者对该课题研究的十分少, 且外国街区和小区在开放问题上处理得比较好, 所以希望以后能更进一步地将该方法进行完善, 并结合外国的一些开放模式, 同时也希望本篇论文能够给该问题的研究者和相关部门带来帮助。

## 致 谢

本文从选题、研究、撰写、修改到定稿的整个过程中, 得到了指导老师林耿的悉心指导, 并且在论文撰写中为我的课题提出了许多宝贵的意见, 一遍一遍的给我讲问题所在之处, 如何将论文写得更加完善并且清晰易懂, 老师的治学态度、诲人不倦的敬业精神、以及渊博的学识让我在这次论文的写作中受益匪浅。我谨向导师致以深深地敬意和感谢!

感谢学院的各位老师, 认真备课, 授予我们全方位的知识, 给我们的学习答疑解惑, 感谢学院给我们提供各种竞赛的机会和平台, 让我们边学边用, 增加实战经验。尤其是要感谢我们的辅导员郑寒秀老师, 虽然不是陪伴我们四年, 但是和我们亦师亦友, 为我们操各种心, 我们有事情都找辅导员帮忙, 在她能力范围之内的事情, 她都会全力帮助我们, 她鼓励我们考研, 给我们提供学习便利, 给我们推荐工作机会, 和我们共同成长。

时光飞逝, 大学四年即将画上一个句号, 而对于我的人生来说仅仅是一个逗号, 我将面对新的征程。回想大学四年, 有趣又充实, 从一个统计学小白到现在入门统计学, 掌握一些基础知识的即将毕业就业的学生, 认识到学习永无止境, 研究更是永无止境, 做事要沉得下心, 耐得住性子, 一步一步走, 不能打马虎眼。从最开始听老师上课讲解知识, 模仿着课本例题练习, 到中间慢慢拓展写小论文, 自己找数据, 自己分析得出结论, 到最终完成毕业论文, 在写论文过程中, 学习三十余篇参考文献, 学习别人的算法思路, 这是四年一个积累的过程。

本人的论文作品不是很成熟, 还有很多不足之处。我感受到做论文不是一蹴而就的, 而是要不停的去修改, 不停的去学习, 不停的去完善的, 是真正的自己学习的过程和研究的过程, 之前从来没有涉及的领域, 也通过我的努力, 从小白变成了初学者。期望这次的毕业论文能激励我在以后学习或者工作中继续进步, 并给别人来带一定参考价值。最后, 不管以后做什么工作, 面临什么困难, 都希望自己能够保持一份热忱, 保持初心, 将自己所学回馈于社会, 为祖国发展贡献力量。

## 基金项目

2019 年福建省大学生创新创业训练计划(编号: S201910395045)。

## 参考文献

- [1] 詹斌, 韩红艳, 陈文鑫, 施翔匀. 基于 TransCAD-VISSIM 的小区开放对周围道路的影响分析[J]. 公路与汽运, 2017(6): 25-29+56.
- [2] 郑秀婷, 张李钦, 刘伟明, 王宏健. 开放小区对周围路网的影响[J]. 闽江学院学报, 2018, 39(2): 26-33.
- [3] 陈学识, 豆亮, 周俐俐. 小区开放对道路通行影响的探究[J]. 通化师范学院学报, 2019, 40(8): 38-42.
- [4] 张路莹, 韩宇, 刘绍庆. 基于主成分综合评价的小区开放对周边道路通行能力影响的研究[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版), 2018, 44(2): 45-48.
- [5] 王锦升, 蒋志豪. 基于机器语言模型的小区开放对道路影响问题研究[J]. 数学建模及其应用, 2018, 7(4): 16-24+78.

- 
- [6] 陈兴菊. 关于开放小区车辆通行模型的研究[J]. 科技创新与应用, 2019(13): 41-42.
- [7] 周玉林, 董轩, 苑紫婷. 基于层次分析的小区开放对道路通行影响评价[J]. 经贸实践, 2018(16): 238.
- [8] 邓倩, 咎俊宏, 陈鑫, 杨清清. 自贡市中心区域小区开放对周边道路通行影响[J]. 管理观察, 2019(30): 39-42+45.
- [9] 刘金海. 基于 BRP 模型分析小区开放对道路通行的影响分析[J]. 无线互联科技, 2019(9): 57-58.
- [10] 王刚, 宋英杰, 陈贺新, 陈绵书. 基于 PSR-AHP 的小区开放对道路通行影响评价[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2018, 36(6): 620-628.
- [11] 王广兴, 汪海鸥, 王露仪, 李娇, 刘馨蔚, 刘慧武. 开放式小区停车空间利用现状及改造方法[J]. 山西建筑, 2017, 43(8): 17-18.
- [12] 汪春. 落实“窄马路、密路网、开放街区”措施分析——以合肥市为例[J]. 城市道桥与防洪, 2016(11): 1-3+10+5.
- [13] 魏景海. 基于 R 下的主成分分析及应用[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2014, 30(4): 36-39.
- [14] 姬东朝, 宋笔锋, 喻天翔. 基于模糊层次分析法的决策方法及其应用[J]. 火力与指挥控制, 2007(11): 38-41.
- [15] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法[J]. 系统工程学报, 2001(4): 311-314.
- [16] 陈华友, 赵佳宝. 模糊判断矩阵的相容性研究[J]. 运筹与管理, 2004(1): 44-47.
- [17] 徐路燕, 陈叶洁, 王宇阳. 基于三角模糊数与模糊层次分析法的面料评价模型[J]. 现代丝绸科学与技术, 2015, 30(2): 46-48+57.
- [18] 张倩倩, 汪耀龙, 雷焱. 厦门市老旧小区开放式更新策略研究[J]. 中国房地产, 2019(18): 55-62.
- [19] 梁美燕, 杨国荣, 何鹏, 陆云峰, 崔忠伟. 小区开放对城市道路通行能力影响的评价模型[J]. 科学技术创新, 2019(28): 12-13.
- [20] 廖婉琪, 吴垚梅, 段辉林, 杨峰, 倪柳珍. 开放住宅小区的困境及对策探讨[J]. 商业故事, 2017(5): 11.