

## 2016 年同济大学数学建模竞赛

题号：D

参赛队信息

姓名	学号	学院	专业	联系方式
	1			18
	1			18
	1			1

# “禁摩限电”效果综合分析问题

## 摘 要

本文在结合深圳居民出行调查数据的基础上,建立了深圳客运交通系统出行方式分担模型。同时,结合各交通方式的各方面性能,建立了客运结构评价模型。最后,基于上述两个模型,评价深圳“禁摩限电”前后的客运结构。具体的研究内容包括以下几个方面:

首先,基于 MNL 建立深圳客运交通系统出行方式分担模型。查阅相关文献,确定出行距离、出行时间、出行费用、家庭是否拥有摩托车或电动车、家庭是否拥有私家车、家庭月收入等 6 个因素作为影响出行者出行方式选择的变量。结合深圳居民出行调查数据,应用 SPSS 软件进行模型的参数标定,并进行模型命中率的检验。根据模型的参数,针对各变量对出行方式选择的影响进行总结与分析。最后运用模型预测深圳在“禁摩限电”政策施行后的各交通方式分担率。

其次,基于层次分析法建立客运结构评价模型。从交通结构最优的角度出发,将其衍生到用户满意度、交通方式优越度和社会绿色度,从服务功能、运能、建设运营费、能耗、空间消耗、环保状况这 6 条准则出发,进一步划分为了 13 个具体指标,建立客运结构评价模型。结合深圳在“禁摩限电”政策施行前后的各交通方式分担率,得到对应的客运结构评价得分,从而评价“禁摩限电”政策的合理性。

最后,根据客运结构评价模型,结合我国特大城市不同类型交通方式结构比例划分,运用线性规划求解得到最优客运结构。一方面,通过计算深圳在“禁摩限电”政策施行前后的客运结构与最优客运结构的欧几里得距离和向量空间余弦相似度,进一步论证“禁摩限电”政策的合理性;另一方面,提出有关深圳客运结构的优化方向的建议。

关键词: 深圳 禁摩限电 客运结构 出行方式 MNL 模型 层次分析法 线性规划

## 一、问题重述

随着社会、经济的发展，城市道路交通问题越来越复杂也越来越引入关注。城市道路交通资源是有限的，各种交通工具，特别是机动车（包括摩托车、电动三轮车等），对安全 and 环境的影响必须得到控制，而人们出行的需求是不断增长的，出行方式也是多种多样的，包括使用公共交通工具。因此，不加限制地满足所有人的要求和愿望是不现实的，也是难以为继的，必须有所倡导、有所发展、有所限制。不少城市采取的限牌、限号、收取局部区域拥堵费、淘汰污染超标车辆及其他管理措施收到了较好的效果，也得到了公众的理解。

例如近来深圳“禁摩限电”政策，是基于摩托车和电动自行车交通乱象的现状而设置：深圳市道路没有设置电动车专用车道，且大部分上路行驶的电动车为超标电动车。这些车大量行驶在人行道上，更多情况下在机动车道内行驶，速度较快。部分驾驶人漠视交通规则，随意冲红灯、变换车道甚至逆行，造成交通秩序混乱，易引发交通事故，对其自身及其他交通参与者都存在较大安全隐患。2015年，深圳接到对摩托车、电动车乱象的投诉和建议 1500 多宗，希望交警部门加强管理和整治，此类投诉占有所有交通类投诉 65%。同时，深圳就对从事公共设施抢修、邮政（含报刊投递）、快递等行业，以及运送桶装饮用水、瓶装燃气等单位所使用的电动自行车实行备案制，经统一载物托架和车身颜色，纳入规范管理后，允许上路行驶，并不受限制行驶措施限制<sup>[1]</sup>。

为了让一项政策，如“禁摩限电”，得到大多数人的支持，对它进行科学的、不带意识形态的论证是必要的。请从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型并进行定量分析，提出一个可行的方案。

由上，可将待解决问题分为以下 3 部分：

1. 依据效用理论及相关交通理论建立交通方式选择预测模型。
2. 依据相关交通理论建立客运结构评价模型。
3. 以深圳为例，通过调查获得的居民出行数据运用所建立的模型预测施行“禁摩限电”后的客运结构及交通方式分担转移情况；同时，计算政策施行前后客运结构的评价值并进行对比分析。依据模型探究城市最优客运交通结构，

讨论“禁摩限电”背景下政府及有关部门如何采取有效措施推动客运结构优化，提出可行建议。

## 二、问题分析

### 2.1 问题 1 的分析

影响交通方式选择的因素十分复杂，但通常可归纳为出行者特性、出行特性及交通方式这三个方面，涉及居民出行时间距离、交通费用、是否拥有摩托车或电动车等信息。由于电动车与摩托车在交通功能等各方面特征相似，可将摩托车与电动车统一为一类进行处理<sup>[3]</sup>。由于题目未提供深圳居民出行情况等相关数据，发布问卷对深圳居民出行情况进行调查及数据采集，进行预处理后，利用 SPSS 软件进行多元 Logistics 回归分析，建立模型实现对不同交通方式效用进行计算，并依据效用最大化原理选择出行方式。

### 2.2 问题 2 的分析

由深圳“禁摩限电”细则可知，政策主要针对居民日常出行，快递业等有关行业使用电动车纳入规范管理后不受此限制，可以一定程度上忽略此政策对货运的影响。同时，摩托车、电动车是城市客运交通的重要组成部分，“禁摩限电”施行实际是对城市的客运结构的调整，因此，对此政策进行论证，首先应依据相关交通理论，建立城市客运交通结构的评价体系及模型，所考虑的因素及指标应包含交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响，即从客运结构的用户满意度、交通方式优越度、社会绿色度几个子目标入手，进行综合评价。

## 2.3 问题 3 的分析

通过以上建立的交通方式选择预测模型计算得到“禁摩限电”政策施行完成后的客运结构以及各交通方式分担率的变化情况；同时，通过客运结构评价模型对政策施行前后评价值的计算及对比分析，探究城市最优客运交通结构，讨论“禁摩限电”背景下政府及有关部门如何采取有效措施推动客运结构优化，提出可行建议。

## 三、模型假设

1. 假设本文运用到的全部数据都准确可靠。
2. 假设“禁摩限电”政策对深圳交通情况的影响仅体现在客运交通方面，不对货运交通构成影响。
3. 假设出行者出行方式的选择主要受出行距离、出行时间、出行费用以及家庭是否拥有摩托车或电动车、是否拥有私家车、家庭月收入这 6 个变量的影响，忽略其余因素影响。
4. 假设在“禁摩限电”政策施行后，除不能继续使用摩托车和电动车出行外，深圳客运交通系统的其余交通方式的特性指标未受影响。
5. 假设电动车和摩托车在出行距离、出行时间、出行费用、使用人群、安全性、对环境影响等各项指标上都较为相似，因此把两者等同为一种出行方式。

## 四、符号说明

符号	意义
$U_{in}$	出行者 $n$ 选择方案 $i$ 的效用
$V_{in}$	出行者 $n$ 选择出行方式 $i$ 的效用函数中的固定项
$\varepsilon_{in}$	出行者 $n$ 选择出行方式案 $i$ 的效用函数中的概率项
$P_{in}$	出行者 $n$ 选择方案 $i$ 的概率

$A_n$	出行者 $n$ 选择交通方式的选择集
$D_i$	出行距离变量
$T_i$	出行时间变量
$C_i$	出行费用变量
$M_i$	是否拥有摩托车或电动车变量
$N_i$	是否拥有小汽车变量
$I_i$	家庭月收入变量
$B_1$	子目标层用户满意度
$B_2$	子目标层交通方式优越度
$B_3$	子目标层社会绿色度
$A_{ij}$	不同交通方式对应交通功能的无量纲值
$X_j$	不同交通方式所占的比例
$W_i$	各指标的权重
$a_j$	不同交通方式所占比例的下限值

## 五、模型建立与求解

### 5.1 模型 I—— 基于 MNL 的深圳客运交通系统出行方式分担模型

#### 5.1.1 数据准备

居民在进行出行方式选择时，最主要的因素是生活水平和出行时间（出行距离），其次还包括出行目的、交通费用、安全程度、出行者个人的特征及地理环境等，还与城市的规模、发展水平、道路条件、公交服务水平、当地政府政策等有关<sup>[2, 3]</sup>。

以深圳为例，对个体交通出行行为进行数据采集，利用网络平台进行问卷调查，具体问题设置见附录 I，主要调查的出行属性和家庭属性指标为：交通方式、出行距离、出行时间、出行费用以及家庭是否拥有摩托车或电动车、是否拥有私

家车、家庭月收入。有效样本数为 269，原始问卷结果见附录 II。

将样本的某些特征与总体的同类特征进行比较对获得的样本进行简单的质量评估：

表 1 样本质量评估结果

原问题	评估量	调查结果	总体特征		相对误差
家庭月收入	平均家庭月收入（元）	9378.97	8795.62 （2013 年）	平均家庭月收入= 家庭人均总收入（元/年）×家庭平均人口÷12	6.63%
是否拥有摩托车/电动车	摩托车/电动车拥有率	26.21%	30.26% （2015 年）	拥有率 = 电动车摩托车保有量/深圳常住人口	13.38%
是否拥有私家车	私家车拥有率	23.01%	19.55% （2013 年）	拥有率 = 私家车保有量/深圳常住人口	17.70%

数据来源：《深圳市 2010 年第六次全国人口普查主要数据公报》、《深圳统计年鉴 2014》、《深圳市 2014 年国民经济和社会发展统计公报》

表 2 交通方式分担率

交通方式	步行	自行车	摩托车/电动车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
调查结果	3.30%	4.50%	20.10%	21.60%	34.20%	13.40%	3.00%
文献查阅	20~30%	5~15%	3~20%	10~30%	15~35%	10~15%	3~8%

由上，家庭属性调查结果评估如上表 1 所示，调查情况与近年实际情况相近，样本数据有一定的代表性，能大致反应总体情况，对不同群体（主要是不同收入水平群体）覆盖较为全面且比例合适。同时，不同交通方式的分担率调查结果以及综合多篇相关文献<sup>[4-8]</sup>得到的特大城市交通方式实际分担率范围如上表 2 所示，除步行外，其他 6 中交通方式分担率范围。另外，在进行数据初步筛选时，考虑到一般情况下步行出行距离较短，一定比例的出行不足 1km，而该距离范围内其他交通方式的分担率较低，<sup>[7]</sup>而且由于本题对“禁摩限电”的讨论主要针对车行道内的交通行为，此部分数据对问题研究有一定干扰，因此忽略出行距离 1km 以内的数据。由此，样本对交通方式选择的反馈也是符合实际情况的。在以上数

据准备基础上，建立模型解决问题。

### 5.1.2 模型分析

#### 1. 非集计模型的基本理论

假设出行者  $n$  选择方案  $i$  的效用为  $U_{in}$ ，则  $U_{in}$  可以用式(1)表示<sup>[9]</sup>：

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \cdots \cdots (1)$$

式中：  $V_{in}$  为出行者  $n$  选择出行方式  $i$  的效用函数中的固定项；

$\varepsilon_{in}$  为出行者  $n$  选择出行方式案  $i$  的效用函数中的概率项。

根据效用大化理论，出行者  $n$  选择方案  $i$  的概率  $P_{in}$  可以表示为式(2)：

$$\begin{aligned} P_{in} &= \text{Prob}(U_{in} \geq U_{jn}; i \neq j, j \in A_n) \\ &= \text{Prob}(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}; i \neq j, j \in A_n) \cdots \cdots (2) \end{aligned}$$

利用二重指数分布的性质可以比较容易地导出 Logit 模型。式(2)中，概率项  $\varepsilon_{jn}$  ( $j = 1, 2, \dots, jn$ ) 服从具有同一参数的、独立的二重指数分布时  $U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn}$  服从参数为  $(V_{jn}, 1)$  的二重指数分布。而且，方案 1 被选择的概率下式(3)所示：

$$\begin{aligned} P_{1n} &= \text{Prob}(U_{1n} \geq U_{jn}; j = 2, 3, \dots, jn) \\ &= \text{Prob}(V_{1n} + \varepsilon_{1n} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}; i \neq j, j \in A_n) \\ &= \text{Prob}\left(V_{1n} + \varepsilon_{1n} \geq \max_{j=2, \dots, jn} (V_{jn} + \varepsilon_{jn}); i \neq j, j \in A_n\right) \\ &\cdots \cdots (3) \end{aligned}$$

定义  $U_n^*$  为如式(4)所示：

$$U_n^* = \max_{j=2, \dots, jn} (V_{jn} + \varepsilon_{jn}) \cdots \cdots (4)$$

则  $U_n^*$  服从参数为  $(\ln \sum_{j=2}^{jn} e^{V_{jn}}, 1)$  的二重指数分布。

令  $U_n^* = V_n^* + \varepsilon_n^*$ ， $V_n^* = \ln \sum_{j=2}^{jn} e^{V_{jn}}$ ，因  $\varepsilon_n^*$  服从参数  $(0, 1)$  的二重指数分布，则：

$$\begin{aligned} P_{in} &= \text{Prob}(V_{1n} + \varepsilon_{1n} \geq V_n^* + \varepsilon_n^*) \\ &= \text{Prob}[(V_n^* + \varepsilon_n^*) - (V_{1n} + \varepsilon_{1n})] \leq 0 \cdots \cdots (5) \end{aligned}$$

利用两个独立的二重指数分布的概率变量的差服从 Logistic 分布的性质，则：



$$\begin{aligned}
P_{1n} &= \frac{1}{1 + e^{(U_n^* - V_{1n})}} \\
&= \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_n^*}} \\
&= \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + \sum_{j=2}^J e^{V_{jn}}} \\
&= \frac{e^{V_{1n}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} \cdots \cdots (6)
\end{aligned}$$

所得式(6)是 MNL 模型的基本式，属于非集计模型的一种。MNL 模型的一般式如下式(7)所示：

$$P_{in} = \frac{e^{V_{1n}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} = \frac{e^{V_{1n}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}} \cdots \cdots (7)$$

## 2. MNL 模型的基本理论

MNL 模型即多项 Logisitic 模型，是非集计模型中常用的模型之一。由于 MNL 模型具有数学形式简洁，物理意义容易理解的特点，并且选择概率在[0, 1]之间，各选择枝的选择概率总和为 1 等合理性，近年来被广泛应用于交通等领域的模拟预测中。

MNL 模型的具体形式为：

$$P_{in} = \frac{e^{V_{1n}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}}$$

式中：\$P\_{in}\$ 为出行者 \$n\$ 选择出行方式 \$i\$ 的概率；

\$V\_{in}\$ 为出行者 \$n\$ 选择出行方式 \$i\$ 的效用；

\$A\_n\$ 为出行者 \$n\$ 选择交通方式的选择集。

### 5.1.3 变量选择

结合有关文献<sup>[2, 10]</sup>以及深圳市的具体情况，将居民出行可能采用的交通方式分为 7 类：步行(\$i=1\$)、自行车(\$i=2\$)、摩托车或电动车(\$i=3\$)、私家车(\$i=4\$)、公交车(\$i=5\$)、轨道交通(\$i=6\$)和出租车(\$i=7\$)；并将影响居民出行交通方式选择的主要因素划分为出行属性和家庭属性。本文选择的出行属性主要包括：出行者的出行

距离、出行时间以及出行费用；家庭属性包括：是否拥有摩托车或电动车、是否拥有小汽车以及家庭月收入。

根据各种交通方式可能的影响因素，把步行、自行车、摩托车或电动车、私家车、公交车、轨道交通和出租车作为居民出行方式的选择枝，以出租车为参考项，选取出行距离、出行时间、出行费用以及是否拥有摩托车或电动车、是否拥有小汽车、家庭月收入为特性变量，建立 MNL 模型如式(8)。

$$V_i = \ln \frac{p_i}{p} = x_i D_i + y_i T_i + z_i C_i + a_i M_i + b_i N_i + c_i I_i + \varepsilon_i \cdots \cdots (8)$$

式中：  $D_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ )为出行距离变量；  
 $T_i$ ( $i=1,2,\dots,7$ )为出行时间变量；  
 $C_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ ) 为出行费用变量；  
 $M_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ )为是否拥有摩托车或电动车变量；  
 $N_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ )为是否拥有小汽车变量；  
 $I_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ )为家庭月收入变量；  
 $\varepsilon_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ )为常数；  
 $x, y, z, a, b, c$  为待标定参数；  
 $V_i$  ( $i=1,2,\dots,7$ ) 为各出行方式对出租车的相对效用。  
MNL 模型具体变量设置如下表 3 所示。

表 3 MNL 模型变量设置表

影响因素	特征变量	变量属性	说明		
出行属性	出行距离 D	刻度	以千米为单位的实际值取对数的结果		取值
	出行时间 T	序列	评价结果分为 4 个等级	30min 以下	0
				30~60min	1
				60~90min	2
				90min 以上	3
	出行费用 C	刻度	以元为单位的实际值		取值
家庭属性	是否拥有摩托车或电动车 M	序列	评价结果分为 2 个等级	否	0
				是	1
	是否拥有私家车 N	序列	评价结果分为 2 个等级	否	0
				是	1

	家庭月收入 I	序列	评价结果分为 5 个等级	4500 元以下	0
				4500~7000 元	1
				7000~10000 元	2
				10000~15000 元	3
				15000 元以上	4

### 5.1.4 模型结果分析

#### 1. 模型参数标定

利用统计分析软件 SPSS 的 Multinomial Logistic Regression 模块以及所采集的样本数据标定深圳客运交通系统出行方式分担模型。最终得出式(8)中各待定参数数值如下：

表 4 参数标定计算结果

方式 参数名		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$
$\varepsilon_i$		93.132	50.552	38.76	33.949	37.138	10.612
$x_i$		0.73	7.625	11.672	7.37	14.484	17.094
$y_i$	$T_i=0$	-66.638	-43.697	-22.878	-30.757	-29.093	-18.474
	$T_i=1$	-44.918	-30.196	-14.021	-25.533	-20.594	-13.84
	$T_i=2$	-6.497	-1.758	3.906	-18.656	-0.105	-10.756
$z_i$		-16.764	-14.189	-6.729	-1.085	-7.213	-2.727
$a_i$	$M_i=0$	9.697	2.917	-14.239	3.536	0.736	2.919
$b_i$	$N_i=0$	-4.432	13.902	7.843	-5.441	7.93	4.506
$c_i$	$I_i=0$	0.808	8.696	2.293	-9.669	3.488	4.771
	$I_i=1$	0.142	4.684	1.666	-0.163	-0.789	-1.17
	$I_i=2$	-13.1	-3.879	-8.113	-4.871	-7.067	-6.333
	$I_i=3$	-2.363	1.088	-3.959	-2.024	-3.299	-3.291

#### 2. 各变量对交通方式选择的影响

将上文所标定的参数代入式(8)： $V_i = x_i D_i + y_i T_i + z_i C_i + a_i M_i + b_i N_i + c_i I_i + \varepsilon_i$

可得针对深圳的交通方式效用计算公式并进行分析,发现各变量对居民交通方式选择的影响以及各交通方式的特征(适应范围):

#### (1) 出行距离影响

随着出行距离的增长,步行的效用增长速度最慢,其次是私家车、自行车、摩托车或电动车,增长最快的是公交车和轨道交通。也就是说,步行所适应的出行距离最短,私家车、自行车、摩托车或电动车更适合中等距离出行,而在进行较长距离出行时,出行者更倾向于选择公共交通方式。

#### (2) 出行时间影响

出行时间在 60 分钟以内时,步行的效用最低,其次依次为自行车、私家车、公交车、摩托车或电动车和轨道交通。出行时间在 60~90 分钟时,私家车的效用最低,其次依次为轨道交通、步行、自行车、公交车和摩托车或电动车。这可能说明,在出行者愿意进行长时间的出行,也即对出行速度要求不高时,私家车、轨道交通的优势就不易体现出来,因为他们的优点是快捷。

#### (3) 出行费用影响

随着出行费用的增长,效用降低速度由快至慢依次为步行、自行车、公交车、摩托车或电动车、轨道交通和私家车。这与各交通方式的运费由低到高的排序基本一致。

#### (4) 家庭是否拥有摩托车或电动车的影响

当这个家庭不拥有摩托车或电动车时,摩托车或电动车的效用降低,其余各交通方式的效用均增加。这与我们的直观感受一致,没有摩托车或电动车的家庭自然不大可能会选择此种方式出行。

#### (5) 家庭是否拥有私家车的影响

同(4)所述。

#### (6) 家庭月收入影响

当家庭月收入低于 4500 元时,自行车效用最高,私家车效用最低。随着月收入增高,私家车的效用稳步提升。月收入在 10000 元以上时,各出行方式效用差别已不大。

### 3. 模型预测效果分析

表 5 应用实际调查数据评价模型精度

交通方式	步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
实际调查	3.30%	4.50%	20.10%	21.60%	34.20%	13.40%	3.00%
模型计算	3.72%	4.09%	21.19%	21.56%	33.46%	13.01%	2.97%
分担率误差	0.42%	-0.41%	1.09%	-0.04%	-0.74%	-0.39%	-0.03%

由表 5 所示，模型计算出各交通方式分担率与实际调查值误差较小，预测较为精确，精度较高，可以用于下一步计算。

#### 5.1.5 “禁摩限电”施行后出行方式分担率预测

假设“禁摩限电”政策施行完成后，摩托车和电动车分担率下降为 0，原来选择摩托车或电动车的出行者改选效用第二高的出行方式进行交通方式选择(样本效用计算见附录Ⅲ)。新出行方式分担率如下表 6 所示。

表 6 分担率预测结果

步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
3.72%	12.27%	0.00%	21.56%	45.72%	13.75%	2.97%

### 5.2 模型Ⅱ——基于层次分析法的客运结构评价模型

城市交通的客运结构是各种交通方式在城市总出行中分担比例的构成。在城市交通系统中，各种交通方式作为完成交通需求的直接载体与工具,对城市交通运行效率有着重要的影响。不同的交通工具，由于其在运行速度、运载能力、运输成本、可达性、噪声和空气污染等指标上差别较大；因此，对客运结构的评价可较全面反映城市的交通状况和交通效率等信息<sup>[8]</sup>。接下来本文将对建立城市客运结构综合评价模型进行探讨。

#### 5.2.1 模型分析

层次分析法(AHP)是一种定性与定量相结合的多目标、多准则的决策分析方法。对各种类型问题，尤其是复杂问题的决策分析，具有较广泛的实用性，是目

前国内外确定指标体系最常用的方法。鉴于在城市客运结构评价的指标体系中，许多指标相互关联，甚至相互包含，因而在评判时所起的作用也不一样。故本模型采用了层次分析法对各项指标进行赋权。

我们从交通结构最优的角度出发，将其衍生到用户满意度、交通方式优越度和社会绿色度，从服务功能、运能、建设运营费、能耗、空间消耗、环保状况这6条准则出发，进一步划分为了13个具体指标，对上述指标进行了赋值（具体指标划分见表）<sup>[7]</sup>。

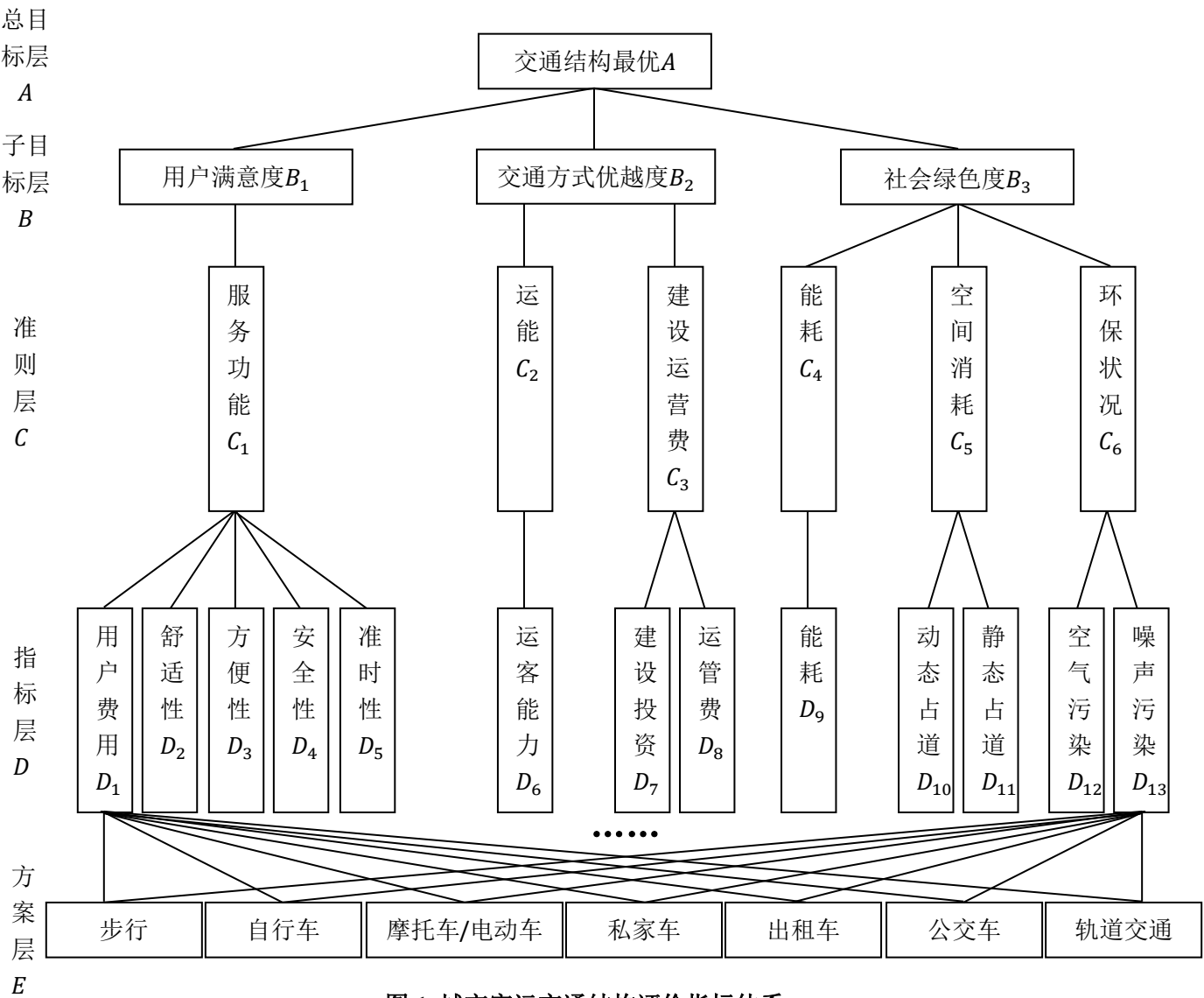


图 1 城市客运交通结构评价指标体系

## 5.2.2 数据处理

### 1. 数据预处理

每一种交通方式的产生都有其特定的社会背景与经济背景，不同的交通方式有不同的适应范围。不同交通方式的特征指标归纳如表 7。

表 7 主要交通方式的特性指标<sup>[7]</sup>

特性指标		步行	自行车	摩托车/ 电动车	私家车	出租车	公交车	轨道交通
用户满意度 $B_1$	出行费用/(元)	0	0.3	4	18.0	10.0	1.0	2.0
	舒适性	一般	一般	一般	好	好	较好	好
	可达性	好	好	好	较好	一般	较差	差
	安全性	一般	一般	差	较差	较差	较好	好
	准时性	好	好	好	好	较好	一般	好
交通方式优越度 $B_2$	运客能力/ (人·km/h)	4	20	50	80	80	900	5000
	建设投资/(以 步行为 1)	1	3	5	7	15	30	300
	运营费/(以步 行为 1)	1	2	7	9	20	30	200
社会绿色度 $B_3$	能耗/( $10^9$ J/ (km·人))	0.16	0.06	0.65	2.40	2.30	0.30	0.10
	动态占道面积/ ( $m^2$ /座位)	0.9	6.0	10.0	18.0	15.0	1.0	0.5
	静态占道面积/ ( $m^2$ /座位)	0.3	0.8	1.3	5.0	4.5	0.6	0.5
	空气污染/(g/( 人·km))	0	0	13.12	30.94	36.46	1.88	1.31
	噪声污染/ (dB(A))	0	50	84	82	82	86	90

### 2. 数据标准化处理

在进行客运结构评价之前，为尽可能反映实际情况，排除由于各项指标的单

位不同以及其数量级间的悬殊差别所带来的影响,需要对指标进行无量纲化处理。对于定性指标,首先将评价结果分成一定的等级构成评价论域,根据专家调查的结果,采用统计分析方法确定了各项指标评价标准的区间值如“好”、“较好”、“一般”、“较差”、“差”区间值分别为 1.00~0.80, 0.80~0.60, 0.60~0.40, 1.00~0.80, 1.00~0.80。对于定量指标,采用越大越优型无量纲化标准函数进行无量纲化<sup>[11]</sup>:

$$r_i = ud_i(x_i) = \begin{cases} 1, & x_i \geq M_i \\ \frac{x_i - m_i}{M_i - m_i}, & x_i \in d_i \\ 0, & x_i \leq m_i \end{cases} \dots\dots(9)$$

式中,  $m_i$ ,  $M_i$ 分别为评价指标 $U_i$ 的最小、最大值。

### 5.2.3 模型建立

查询相关资料<sup>[12]</sup>, 结合表 3 所示各准则、领域、指标权重, 运用以上原理计算得到不同指标的无量纲值标定, 整理如表 8 所示, 指标层  $D$  中包含有关交通资源、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素。同时, 查阅相关文献, 得到由专家调查法确定的各项指标权重如表 9 所示<sup>[7]</sup>。

表 8 交通方式特性指标无量纲值

特性指标		步行	自行车	摩托车/ 电动车	私家车	出租车	公交车	轨道交通
用户满意度 $B_1$	出行费用	1.00	0.98	0.78	0	0.44	0.94	0.89
	舒适性	0.50	0.50	0.45	0.90	0.85	0.75	0.85
	可达性	0.85	0.85	0.80	0.70	0.50	0.35	0.15
	安全性	0.50	0.40	0.10	0.35	0.35	0.70	0.85
	准时性	0.85	0.85	0.90	0.85	0.85	0.50	0.80
方式优越度 $B_2$	运客能力	0	0.0032	0.0092	0.0132	0.0152	0.1593	1
	建设投资	1	0.98	0.90	0.86	0.85	0.80	0
	运营费	1	1	0.96	0.80	0.85	0.83	0
社会绿	能耗	0.95	1.00	0.75	0	0.04	0.90	0.98
	动态占道面积	0.98	0.69	0.46	0	0.17	0.97	1



色 度 $B_3$	静态占道面积	1	0.89	0.79	0	0.11	0.94	0.96
	空气污染	1	1	0.64	0.15	0	0.95	0.96
	噪声污染	1	0.38	0	0.19	0.06	0.95	0.98

表 9 各项指标权重<sup>[7]</sup>

特性指标		指标层权重	综合权重 $v_i$
用户满意度 $B_1$ 0.4594	出行费用	0.0936	0.0430
	舒适性	0.2496	0.1147
	可达性	0.1609	0.0739
	安全性	0.4291	0.1972
	准时性	0.0668	0.0307
方式优越度 $B_2$ 0.1391	运客能力	0.6	0.0835
	建设投资	0.2	0.0278
	运营费	0.2	0.0278
社会绿色度 $B_3$ 0.4014	能耗	0.3012	0.1209
	动态占道面积	0.0483	0.0194
	静态占道面积	0.0483	0.0194
	空气污染	0.3012	0.1209
	噪声污染	0.3012	0.1209

#### 5.2.4 模型运用

##### 1. 计算“禁摩限电”前后深圳客运结构评价得分

运用以上客运结构评价模型，结合调查得到的当前深圳各交通方式分担率以及模型一预测出的“禁摩限电”施行完成后交通方式分担率，得出“禁摩限电”前后客运结构评价得分如表 10 所示。

表 10 “禁摩限电”施行前后客运结构

目标层	用户满意度	方式优越度	社会绿色度	总体
现状	0.59	0.42	0.64	0.59

“禁摩限电”后	0.62	0.42	0.72	0.63
---------	------	------	------	------

由上可知，“禁摩限电”可一定程度上提高客运交通系统的用户满意度以及社会绿色度，尤其环境效益较为显著，对深圳的客运结构起到优化作用。然而，在当前交通服务水平下，此政策对方式优越度方面并无明显改善，此部分内容将在后文进行讨论。

## 2. 计算出各子目标层 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 达到最优时不同交通方式的分担率

各子目标达到最优时不同交通方式分担率具体计算方法如下：

子目标极大化

目标函数：

$$\text{Max } U = \sum_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq m}} W_i A_{ij} X_j$$

约束条件：

$$\sum_{j=1}^m X_j = 1, \quad X_j \in [a_j, b_j]$$

……(10)

式中， $A_{ij}$ 为交通功能中为对应子目标层中所包括的不同指标对应不同交通方式的无量纲值， $X_j$ 为不同交通方式所占的比例， $W_i$ 为各指标的权重， $a_j, b_j$ 为根据城市发展水平、城市结构、基础设施条件与居民出行需求特征所确定的不同交通方式所占比例的上下限值（表），运用线性规划求解 $X_j$ 的值。

表 11 我国特大城市不同类型交通方式结构比例划分（%）

步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
20~30	5~15	3~20	10~30	15~35	10~15	3~8

各子目标最优情况计算过程如下：

（1）用户满意度最优：

$$\text{Max } U_1 = (0.0936 \ 0.2496 \ 0.1609 \ 0.4291 \ 0.0668) \begin{pmatrix} 1.00 & 0.98 & 0.78 & 0 & 0.44 & 0.94 & 0.89 \\ 0.50 & 0.50 & 0.45 & 0.90 & 0.85 & 0.75 & 0.85 \\ 0.85 & 0.85 & 0.80 & 0.70 & 0.50 & 0.35 & 0.15 \\ 0.50 & 0.40 & 0.10 & 0.35 & 0.35 & 0.70 & 0.85 \\ 0.85 & 0.85 & 0.90 & 0.85 & 0.85 & 0.50 & 0.80 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{pmatrix}$$

$$= 0.63X_1 + 0.58X_2 + 0.42X_3 + 0.54X_4 + 0.54X_5 + 0.67X_6 + 0.74X_7$$

利用 EXCEL 中的规划求解工具计算, 得到各交通方式所占比例如表 12 所示

表 12 用户满意度最优时客运交通结构

交通方式	步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
所占比例	29.00%	5.00%	3.00%	10.00%	35.00%	15.00%	3.00%

(2) 方式优越度最优:

$$\text{Max } U_3 = (0.6 \ 0.2 \ 0.2) \begin{pmatrix} 0 & 0.0032 & 0.0092 & 0.0132 & 0.0152 & 0.1593 & 1 \\ 1 & 0.98 & 0.9 & 0.86 & 0.85 & 0.80 & 0 \\ 1 & 1 & 0.96 & 0.80 & 0.85 & 0.83 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{pmatrix}$$

$$= 0.40X_1 + 0.39X_2 + 0.38X_3 + 0.34X_4 + 0.35X_5 + 0.42X_6 + 0.6X_7$$

利用 EXCEL 中的规划求解工具计算, 得到各交通方式所占比例如表 13 所示:

表 13 方式优越度最优时客运交通结构

交通方式	步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
所占比例	30.00%	9.00%	3.00%	10.00%	30.00%	15.00%	3.00%

(3) 社会绿色度最优:

$$\text{Max } U_2 = (0.3012 \ 0.0483 \ 0.0483 \ 0.3012 \ 0.3012) \begin{pmatrix} 0.96 & 1 & 0.75 & 0 & 0.04 & 0.90 & 0.98 \\ 0.98 & 0.69 & 0.46 & 0 & 0.17 & 0.97 & 1 \\ 1 & 0.89 & 0.79 & 0 & 0.11 & 0.94 & 0.96 \\ 1 & 1 & 0.64 & 0.15 & 0 & 0.95 & 0.96 \\ 1 & 0.38 & 0 & 0.19 & 0.06 & 0.95 & 0.98 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{pmatrix}$$

$$= 0.99X_1 + 0.79X_2 + 0.48X_3 + 0.10X_4 + 0.04X_5 + 0.94X_6 + 0.97X_7$$

利用 EXCEL 中的规划求解工具计算, 得到各交通方式所占比例如表 14 所示:

表 14 社会绿色度最优时客运交通结构

交通方式	步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
所占比例	30.00%	5.00%	3.00%	10.00%	34.00%	15.00%	3.00%

#### (4) “禁摩限电”前后各交通方式分担率与最优交通方式分担率相似度计算

由于调查数据中选择步行的出行者极少，但实际生活中步行的分担率较为稳定，因此将步行的分担率改正为 30%，其他交通方式的分担率按比例缩小。接下来用欧几里得距离及向量空间余弦相似度两种方式对“禁摩限电”前后各交通方式分担率与最优交通方式分担率间相似度进行计算比较，了解客运结构调整前后情况。

##### i. 欧几里得距离

欧氏距离是最常见的距离度量，衡量的是多维空间中各个点之间的绝对距离。公式如下：

$$\text{dist}(X,Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad \dots\dots(11)$$

运用公式，分别计算“禁摩限电”前后各交通方式分担率与最优交通方式分担率的欧几里得距离，得：

表 15 欧几里得距离计算结果

子目标	用户满意度	交通方式优越度	社会绿色度
现状	0.17	0.16	0.17
“禁摩限电”后	0.09	0.09	0.09

显然，“禁摩限电”政策施行后的各交通方式分担率与各子目标最优时的分担率的欧几里得距离都更小，也即，政策施行后，深圳的客运交通结构更贴近最优结构。

##### ii. 向量空间余弦相似度

$$\text{sim}(X,Y) = \cos\theta = \frac{\vec{x} \cdot \vec{y}}{\|\vec{x}\| \cdot \|\vec{y}\|} \quad \dots\dots(12)$$

运用以上公式，分别计算禁摩前后各交通方式分担率与最优交通方式分担率的，得向量空间余弦相似度，得：

表 16 向量空间余弦相似度计算结果

子目标	用户满意度	交通方式优越度	社会绿色度
-----	-------	---------	-------

现状	0.94	0.94	0.94
“禁摩限电”后	0.98	0.99	0.95

显然,“禁摩限电”政策施行后的各交通方式分担率与各子目标最优时的分担率的向量空间余弦相似度都更大,也就是说,政策施行后,深圳的客运交通结构更贴近最优结构。

#### 4. 根据最优交通方式分担率对深圳客运交通结构提出发展建议

总结深圳客运交通结构现状和子目标最优时的客运交通结构,如下表所示。

表 17 现状和子目标最优时的客运交通结构

交通方式	步行	自行车	摩托车	私家车	公交车	轨道交通	出租车
现状	3.30%	4.50%	20.10%	21.60%	34.20%	13.40%	3.00%
现状折算	30.00%	3.26%	14.55%	15.64%	24.76%	9.70%	2.17%
“禁摩限电”后	3.72%	12.27%	0.00%	21.56%	45.72%	13.75%	2.97%
“禁摩限电”后 折算	30.00%	8.92%	0.00%	15.68%	33.24%	10.00%	2.16%
子目标 1 最优	29.00%	5.00%	3.00%	10.00%	35.00%	15.00%	3.00%
子目标 2 最优	30.00%	9.00%	3.00%	10.00%	30.00%	15.00%	3.00%
子目标 3 最优	30.00%	5.00%	3.00%	10.00%	34.00%	15.00%	3.00%

通过对比分析深圳目前的客运交通结构存在的问题如下,并结合深圳的实际情况,提出以下改进措施:

##### (1) 大力提倡自行车出行

当下自行车比例偏低。这种交通方式受体力、地理条件和气候情况的影响较大。深圳市位于广东省中南沿海地区,所处纬度较低,属亚热带海洋性气候;全境地势大部分为低丘陵地,间以平缓的台地,较适宜自行车行驶。自行车交通自主灵活,节能特性显著,环境效益好,但随着城市规模的扩大以及经济水平的提高,自行车交通在城市客运交通中的地位和作用必然下降,因此,在大城市和特大城市,自行车是公共交通的补充。“禁摩限电”后,为弥补政策对原来选择摩托车或电动车出行的居民造成的不便,政府应该倡导中短距离出行选择自行车方式,弥补公交覆盖率的不足。

## （2）施行“禁摩限电”政策

当下摩托车或电动车出行比例过高。摩托车及电动车虽然方便灵活,但是容易造成交通拥挤、交通秩序混乱和环境污染等后果,随着国家“公交优先政策”的出台,以及“提高城市道路资源利用率、降低交通污染”等可持续发展政策的实施,深圳确实应当。

## （3）合理引导私家车使用

当下私家车比例偏高。政府应积极推动公交优先政策,引导私家车的拥有行为、控制和管理私家车的使用行为,对私家车实行适度发展和有偿使用,防范“交通拥挤”、“汽车尾气排放超标”等现象的产生。

## （4）提高公共交通服务水平，倡导“公交优先”

当下公交车比例偏低。随着城市经济持续高速增长,深圳公交发展滞后于社会经济和居民生活的需要。公共交通能够提高交通资源利用效益、缓解城市交通拥堵压力、改善城市人居环境、节约能源,对于构建和谐社会、促进城市可持续发展都有着重要的意义。政府应该制定合理的公交发展政策,城市规划要把公交规划放在重要的地位,增加公共交通基础建设投资,优化公交车辆结构,提高公共交通系统的客运能力和服务水平,满足不同层次的出行需求。

同时,当下轨道交通比例较低。深圳轨道交通尚处属于发展阶段,目前拥有五条地铁线路,覆盖人群和覆盖面积有限,因此轨道交通所占的比例较低。发展轨道交通使之成为深圳公共交通的主体,可以大幅度缓解城市的乘车难问题,。目前而言,规划、建设与完善具有强吸引力的快速轨道交通系统,提高地铁线路覆盖率和可达性,是增加地铁在客运交通结构中的比重的有效措施。

# 六、模型评价

## 6.1 模型的优点

1. 采用 MNL 模型建立了深圳客运交通系统出行方式分担模型,预测了“禁摩限电”政策施行后的深圳居民出行方式。

2. 利用层次分析法确定城市客运结构综合评价分值，不仅实现了对交通资源总量、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素的定量处理，而且将城市客运交通结构细化为 3 个子目标层以及其下包括的 13 个具体指标，从用户满意度、交通方式优越度和社会绿色度三个角度分别评价深圳市的城市客运交通结构，全面且有说服力。
3. 本文给出的方法得到了客运交通结构的最优解，并给出了一般性的求解方法，并且计算量较小，以至于完全可人工计算出来。虽然原理简单，但是算法的最优性经过检验，可以说简单而又不失严谨，具有极强的可行性和可操作性。
4. 由深圳的城市类型以及实际交通情况等入手进行考虑，抓住“禁摩限电”政策施行前后使城市客运结构发生改变的主要矛盾，作出合理假设简化问题，具有较强的针对性。
5. 运用直接评价深圳市“禁摩限电”前后的城市客运交通结构得分，及其与最优城市客运交通结构的欧几里得距离、向量空间余弦相似度，共三种方式评估了“禁摩限电”政策施行的必要性。
6. 借助于 SPSS 软件提高了数学建模的质量和效率，增强了解决实际问题的能力。

## 6.2 模型的局限性

1. 由于采集数据能力不足及时间限制，导致数据量偏小，各方面覆盖范围不够大，建模结果可能与实际情况有偏差。
2. 在进行数据处理时，对一些非主要因素的处理以及考虑不够充分，使结果与真实情况存在一定差异。
3. 模型主要针对“禁摩限电”对客运交通结构的影响对此政策进行评价，未将可能存在的对货运交通的影响纳入考虑范围。

## 七、参考文献

- [1].魏星. 释疑 | 深圳快递小哥要下岗? 你不知道的真相在这里...[N/OL]  
<http://www.anyv.net/index.php/article-300694>. 2014-04-03.
- [2].朱丰刚. 基于出行方式划分模型的摩托车禁行问题研究[J]. 公路与汽运.  
2010(04):41-5.
- [3].张蕊. 城市客运交通系统出行方式分担模型及应用研究 [博士]: 北京交通大学; 2011.
- [4].江海燕, 朱雪梅, 孙泽彬, 吴玲玲. 广州居民交通出行的分异趋势及对交通公平的启示[J]. 规划师. 2014,v.30;No.217(01):94-100.
- [5].鲜于建川, 隗志才. 城市摩托车交通出行特征与出行方式选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息. 2008,8(5):136-40.
- [6].钱坤, 郑景轩, editors. 深圳市自行车交通现状特征与发展策略研究. 中国城市规划 2012 年年会暨第 26 次学术研讨会; 2012; 中国福建福州.
- [7].李娜. 城市客运交通结构合理性评价研究 [硕士]: 吉林大学; 2008.
- [8].张生瑞, 周伟, 姜彩良, 李绍岩. 城市客运结构评价体系及评价方法[J]. 长安大学学报: 自然科学版. 2004,24(4):59-62.
- [9].张秋萍, 陈义华. 基于非集计模型的交通方式选择研究[J]. 铁道运输与经济. 2010,v.32;No.357(01):75-8.
- [10].蔡振兵. 轨道交通出行特征及其分担率预测研究 [硕士]: 北京交通大学; 2012.
- [11].张生瑞, 周伟. 高速公路建设项目的神经网络综合评价方法研究[J]. 中国公路学报. 2001(04):92-6.
- [12].颜月霞, 王花兰. 基于不确定多属性计算评价城市交通系统的方法研究[J]. 铁道运输与经济. 2006(04):82-5.

## 附录

### 附录 I：深圳市市民出行情况调查问卷

1. 您最近一次出行选择的出行方式是：\_\_\_\_\_
- A.步行    B.自行车    C.摩托车/电动车    D.私家车    E.公交车  
F.轨道交通    G.出租车
2. 您最近一次的出行距离大约为：\_\_\_\_\_千米
3. 您最近一次的出行时间大约为：\_\_\_\_\_分钟
4. 您最近一次出行费用大约为\_\_\_\_\_元
5. 您的家庭每月收入大约为\_\_\_\_\_元



6. 您的家庭是否拥有摩托车/电动车：\_\_\_\_\_

A.是 B.否

7. 您的家庭是否拥有私家车：\_\_\_\_\_

A.是 B.否

## 附录 II：深圳市市民出行情况调查部分原始数据展示（样本量：269）

部分调查结果展示

样本编号	出行方式	出行距离（千米）	出行时间（分钟）	出行费用（元）	是否拥有摩托车或电动车	是否拥有私家车	家庭月收入（千元）
#1	1	1	15	0	0	0	5
#2	1	1.4	15	0	1	1	4
#8	1	2	30	0	0	0	6
#9	1	2.5	30	0	0	0	9
#10	2	1	5	0	0	0	3.5
#11	2	1.2	6	0	1	0	8
#14	2	1.5	10	0	1	0	5.5
#20	2	4	30	1	0	0	4
#21	2	5	35	1	1	0	3
#22	3	1.5	3	0	1	0	12
#23	3	2	5	0	1	0	9
#24	3	1	5	0	1	0	5
#25	3	2	5	0	1	1	10
#29	3	4	15	1	1	0	9
#41	3	4.5	15	0	1	0	20
#59	3	5	15	1	1	0	3.5
#60	3	8	25	0	1	1	5.5
#61	3	7	25	0	1	0	4
#72	3	18	60	9	1	0	6.5
#73	3	12	45	0	1	0	22
#74	3	15	50	3	1	0	7
#75	3	11	40	0	1	0	10
#76	4	2	5	2	0	1	10
#77	4	4	10	4	0	1	20
#78	4	3	10	3	0	1	9.5
#82	4	10	15	10	0	1	10
#83	4	7	10	7	0	1	30
#84	4	8	30	8	1	1	25
#91	4	9	25	9	0	1	6
#92	4	6	15	6	0	1	12
#93	4	16	40	16	0	1	40

#94	4	15	25	15	0	1	10
#95	4	15	50	15	0	1	18
#96	4	13	45	13	0	1	8
#97	4	14	35	14	0	1	15
#103	4	17	50	17	0	1	18
#104	4	18	40	18	0	1	12
#110	4	20	60	20	0	1	6.5
#111	4	10	20	10	0	1	30
#112	4	15	20	15	1	1	20
#120	4	16	50	16	0	1	5
#121	4	10	25	10	0	1	25
#122	4	30	75	30	0	1	14
#123	4	30	60	30	0	1	8
#124	4	35	80	35	0	1	15
#132	4	40	100	40	0	1	13
<b>#133</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
<b>#134</b>	<b>5</b>	<b>1.5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.5</b>
#135	5	2	5	2	0	0	9
#136	5	2	5	2	0	1	3
#137	5	3	10	2	0	0	9
#138	5	4	10	2	0	0	12
#139	5	5	20	2	0	0	15
#140	5	5	15	2	0	0	10
#146	5	6	25	2	0	0	20
#147	5	6	20	2	1	0	9.5
#148	5	7	30	2	0	0	6.5
#149	5	7	25	2	0	0	18
#150	5	7	20	2	0	0	13
#170	5	6	20	2	0	0	5
#171	5	15	50	2	0	0	25
#176	5	12	40	2	0	0	8.5
#177	5	12	35	2	0	0	5
#178	5	12	40	2	0	0	3
#179	5	12	36	2	1	0	14
#199	5	19	60	2	0	0	12
#200	5	19	40	2	0	0	15
#209	5	25	80	2	0	0	13
#210	5	25	60	2	1	0	18
#211	5	25	90	2	0	0	10
#215	5	30	70	2	0	1	5
#222	5	35	140	2	0	0	7
#223	5	40	100	2	0	0	9
#224	5	40	140	2	0	0	11

#225	5	40	120	2	1	0	7.5
#226	6	3	7	2	0	1	3.5
#227	6	5	10	3	0	0	8
#228	6	5	10	3	0	0	6.5
#233	6	12	25	4	0	0	8
#234	6	12	20	4	1	1	10
#235	6	12	25	4	0	0	12
#236	6	15	30	5	0	0	7
#242	6	18	40	5	0	0	20
#243	6	18	35	5	0	0	5.5
#244	6	20	50	6	0	0	30
#245	6	20	45	6	0	0	5
#246	6	20	35	6	0	0	8.8
#250	6	10	20	4	0	0	9.5
#251	6	22	50	6	0	1	10
#252	6	35	70	8	1	0	7
#260	6	40	80	8	0	0	13
#261	6	45	100	9	0	0	14
#262	7	4	15	15	0	0	10
#263	7	5	15	17	0	1	8
#264	7	8	20	25	0	0	25
#269	7	25	60	70	0	0	10

### 附录Ⅲ：各交通方式效用函数计算（以附录Ⅱ样本为例）

效用函数计算

样本编号	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7
#1	31.901	28.358	11.152	1.124	15.922	-1.607	0
#2	27.54762	18.1166	22.1023	-3.9972	16.40646	2.660656	0
#8	54.127	47.14425	28.09941	11.45649	34.46054	14.87566	0
#9	41.04789	40.28272	20.92495	8.393063	31.41455	13.52707	0
#10	32.567	32.37	11.779	-8.382	20.199	4.334	0
#11	9.095095	18.2682	17.74006	-5.77629	11.54875	-6.5724	0
#12	32.567	32.37	11.779	-8.382	20.199	4.334	0
#14	22.49999	28.53267	30.12359	0.576278	21.05876	2.405021	0
#20	55.29899	56.44149	36.81683	7.058989	48.77709	32.66532	0
#21	45.76489	55.22596	53.66036	5.167557	51.2731	33.56073	0
#22	19.99499	24.93667	24.49859	-1.28472	18.54876	0.284021	0
#23	9.467997	22.16325	23.70241	-2.01151	18.94754	2.159658	0
#24	22.204	25.441	25.391	-2.412	15.186	-4.526	0
#25	13.9	8.261247	15.85941	3.429495	11.01754	-2.34634	0
#29	9.973995	27.44849	31.79283	3.096989	28.98709	14.00832	0
#41	23.15998	32.22559	41.28059	8.83605	37.76006	22.3547	0

#59	24.04489	41.72496	44.80336	-0.05644	42.7741	28.92673	0
#60	28.15399	27.39474	41.81924	18.35448	37.37463	26.51397	0
#72	-66.421	-38.2819	25.35042	21.22604	21.12114	28.05701	0
#73	45.59598	53.20541	61.58583	21.28876	60.46539	43.75499	0
#74	-17.6331	8.460883	35.89036	14.80733	34.9914	33.05541	0
#75	43.16946	53.62995	56.61123	18.62349	55.90612	38.97662	0
#76	0.805997	-12.2328	-7.68359	7.642495	1.095544	-1.83934	0
#77	-29.853	-36.4135	-9.09217	12.60499	0.008088	7.846316	0
#78	-26.399	-28.2971	-13.834	6.698773	-4.0127	-0.67732	0
#82	-132.131	-113.473	-42.7302	10.82405	-33.2974	3.85639	0
#83	-79.7365	-74.7134	-22.7473	13.47436	-13.5254	9.231388	0
#84	-84.38	-77.3003	-4.82176	15.06148	-11.0414	10.50197	0
#91	-112.939	-96.4912	-31.606	12.99355	-25.1004	6.903357	0
#92	-65.448	-60.6118	-21.7766	11.39927	-11.8442	6.032336	0
#93	-208.289	-182.61	-64.8023	15.02598	-57.9698	3.453632	0
#94	-215.655	-181.326	-71.6426	8.38733	-63.4896	-2.84759	0
#95	-191.572	-168.913	-58.8266	15.63533	-51.6916	5.07741	0
#96	-171.249	-145.505	-55.1519	11.87968	-46.4053	1.752244	0
#97	-174.858	-155.25	-52.9029	16.21185	-45.4779	6.625046	0
#103	-225.009	-196.337	-70.8237	14.38778	-64.3047	1.762949	0
#104	-244.094	-209.002	-80.8446	11.70004	-73.9889	-3.27799	0
#110	-236.619	-204.543	-69.5208	19.04455	-63.8898	-1.72595	0
#111	-129.768	-114.561	-38.7712	12.84805	-29.9984	7.14739	0
#112	-222.989	-185.331	-53.4446	6.87533	-60.9266	-2.47559	0
#120	-208.147	-177.926	-63.1363	14.86298	-58.7588	2.283632	0
#121	-129.768	-114.561	-38.7712	12.84805	-29.9984	7.14739	0
#122	-406.468	-346.937	-137.703	9.321825	-132.657	-24.1859	0
#123	-417.205	-351.904	-141.857	6.474825	-136.425	-27.2279	0
#124	-487.813	-417.794	-165.59	7.056915	-163.19	-31.8949	0
#132	-567.401	-484.875	-205.541	19.24804	-200.515	-35.7823	0
#133	-284.737	-235.898	-73.2088	8.631547	-85.1148	-7.72895	0
#134	-1.33101	3.071671	2.426589	1.942278	7.368757	-0.12998	0
#135	-14.363	-3.29775	-3.99459	-0.64551	5.257544	-0.37534	0
#136	3.976997	-4.62475	-1.43159	-0.00251	7.882544	6.222658	0
#137	-14.067	-0.20608	0.738003	2.342773	11.1303	6.555678	0
#138	-3.12001	6.954495	8.249828	7.309989	19.06509	14.51532	0
#139	-0.59411	7.567964	14.81336	10.97856	25.5961	21.62073	0
#140	-2.95711	8.655964	10.85436	8.954557	22.2971	18.32973	0
#146	-0.46102	8.958166	16.94142	12.32227	28.23684	24.73734	0
#147	-23.258	2.162166	23.06742	3.915267	20.43384	15.48534	0
#148	21.51351	28.31856	29.26366	18.51936	38.17956	30.83639	0
#149	-0.34849	10.13356	18.74066	13.45836	30.46956	27.37239	0
#150	-2.71149	11.22156	14.78166	11.43436	27.17056	24.08139	0

#170	-0.31902	13.64217	18.60742	12.15927	27.44784	23.56734	0
#171	21.92788	29.44588	36.49336	24.29933	50.0074	45.03441	0
#172	8.827877	25.56688	28.38036	19.42833	42.9404	38.70141	0
#173	21.92788	29.44588	36.49336	24.29933	50.0074	45.03441	0
#174	8.827877	25.56688	28.38036	19.42833	42.9404	38.70141	0
#175	19.56488	30.53388	32.53436	22.27533	46.7084	41.74341	0
#176	8.664982	23.86541	25.77583	17.78376	39.70839	34.88699	0
#177	21.90698	32.42841	35.55483	22.49176	45.98639	40.04999	0
#178	22.57298	36.44041	36.18183	12.98576	50.26339	45.99099	0
#179	9.704982	25.91541	44.16883	17.09476	42.74039	35.00999	0
#199	58.15844	60.77435	53.22049	30.89452	70.62125	48.86824	0
#200	22.10044	31.24835	39.25249	26.04152	53.43125	49.07524	0
#209	58.35878	62.86693	56.42372	32.91711	74.5962	53.55946	0
#210	51.02478	58.86193	74.62172	31.40511	77.1592	53.93146	0
#211	64.85578	64.62493	52.51772	51.57311	74.7012	64.31546	0
#222	54.3644	62.22353	52.29102	51.20592	75.80666	67.02512	0
#223	54.46188	63.24171	53.8496	52.19004	77.74073	69.30771	0
#224	65.19888	68.20871	58.0036	55.03704	81.50873	72.34971	0
#225	44.76488	60.32471	68.0886	48.65404	77.00473	66.38871	0
#226	4.272987	-1.53308	3.301003	2.985773	13.7553	13.15368	0
#227	-30.4581	-10.5	-0.02864	5.022557	11.3161	12.56073	0
#228	-17.2161	-1.93704	9.750359	9.730557	17.5941	17.72373	0
#233	-46.583	-18.0136	3.46083	10.38976	16.78339	24.79899	0
#234	-41.111	-29.8656	14.01083	15.14176	11.88539	20.41599	0
#235	-35.846	-13.0466	7.61483	13.23676	20.55139	27.84099	0
#236	-41.4641	-17.0001	8.193362	16.17333	21.3014	30.52041	0
#242	-28.231	-11.7309	18.43442	22.38804	31.00914	39.97001	0
#243	-28.089	-7.04692	20.10042	22.22504	30.22014	38.80001	0
#244	-44.9181	-25.1165	12.93519	22.07955	25.32219	39.04405	0
#245	-44.7761	-20.4325	14.60119	21.91655	24.53319	37.87405	0
#246	-58.0181	-28.9955	4.822187	17.20855	18.25519	32.71105	0
#250	-46.7161	-19.4038	1.332773	9.046052	14.14264	21.68239	0
#251	-42.7795	-37.2038	2.245648	26.19898	15.47366	32.87628	0
#252	-62.4136	-27.5855	30.06202	22.50392	31.68766	36.98812	0
#260	-41.8821	-18.6833	21.5356	29.87104	38.12573	45.23171	0
#261	-52.0631	-30.2162	12.27536	48.3101	32.7237	55.27409	0
#262	-221.052	-177.503	-79.2272	-6.79501	-74.7039	-20.9357	0
#263	-260.722	-223.048	-102.078	-4.72644	-97.5959	-30.1233	0
#264	-385.823	-315.195	-134.468	-10.5125	-133.495	-33.066	0
#269	-1081.59	-901.985	-401.148	-40.8629	-415.888	-131.877	0

#### 附录Ⅳ：软件处理操作过程



文件(F) 编辑(E) 视图(V) 数据(D) 转换(T) 分析(A) 直译(M) 图形(G) 实用程序(U) 窗口(W) 帮助(H)													
<div> </div>													
													可见：8 变量的 8
	出行方式	距离对数	时间分级	出行费用	有摩托?	有私家车?	收入分级	PRE_1	变量	变量	变量	变量	多
1	1	.0000000000000000	0	0	0	0	1	1					
2	1	.3364722366212129	0	0	1	1	0	1					
3	1	.3364722366212129	0	0	1	1	2	1					
4	1	.0000000000000000	0	0	0	0	0	1					
5	1	.0000000000000000	0	0	0	0	3	1					
6	1	.4054651081081644	0	0	0	0	3	1					
7	1	.3364722366212129	0	0	0	0	0	2					
8	1	.6931471805599453	1	0	0	0	1	1					
9	1	.9162907318741551	1	0	0	0	2	1					
10	2	.0000000000000000	0	0	0	0	0	1					
11	2	.1823215567939546	0	0	1	0	2	2					
12	2	.0000000000000000	0	0	0	0	0	1					
13	2	.0000000000000000	0	0	0	0	2	2					
14	2	.4054651081081644	0	0	1	0	1	3					
15	2	.9162907318741551	0	0	0	0	0	2					
16	2	1.0986122886681098	0	0	1	0	3	3					
17	2	1.0986122886681098	0	0	0	0	1	2					
18	2	1.3862943611198906	1	0	0	0	2	2					
19	2	.9162907318741551	0	0	0	0	3	2					
20	2	1.3862943611198906	1	0	0	0	0	2					
21	2	1.6094379124341003	1	0	1	0	0	2					
22	3	.4054651081081644	0	0	1	0	3	2					
23	3	.6931471805599453	0	0	1	0	2	3					
24	3	.0000000000000000	0	0	1	0	1	2					
25	3	.6931471805599453	0	0	1	1	2	3					
1													

数据视图(D)

变量视图(V)