

# “互联网+”时代的出租车资源配置

## 摘 要

本文针对“互联网+”时代的出租车资源配置问题进行研究。建立 TOPSIS 评价模型，模糊综合评价模型，目标规划模型，评价不同时空出租车资源的“供求匹配”程度，分析补贴对打车难度的影响，建立兼顾平台效益与社会效益的新平台补贴政策。

对于问题一，建立基于供求比，空载率，交通压力系数三个指标的 TOPSIS 评价模型，分析不同时空出租车资源的“供求匹配”程度。以北京，上海为例，通过出租车数量供求比例及 24 小时交通流量变化，得出供求比，空载率，交通压力系数三个低优指标变化过程，利用 TOPSIS 算法进行综合评价。得出北京和上海在非上下班高峰期间，“供求匹配”程度较好，上下班高峰期间，“供求匹配”程度较差，两市的供求匹配指数的均值为 0.3353 和 0.3938，方差为 0.0725 和 0.0621，北京的“供求匹配”程度较好，上海供求匹配指数比较稳定。

对于问题二，建立基于空载率，平均等待时间，订单成交率的模糊综合评价模型，对补贴前后两种情况的打车难易度进行评价，分析了滴滴打车及快的打车公司的出租车补贴方案对“缓解打车难”问题的具体影响。利用层次分析法得到指标权重，通过统计一个月内指标优、良、差等级分别占的天数，得到在两种情况下的模糊综合判断矩阵，从而得到补贴前后最大评价价值分别为 0.4875 和 0.4950、0.4847 和 0.4461。根据评价结果得，有滴滴打车及快的打车公司补贴前打车难度大于有补贴后的打车难度，所以各公司的出租车补贴方案对“缓解打车难”问题有一定帮助。

对于问题三，建立目标规划模型，将补贴分为基础补贴和动态补贴两部分进行规划，创建新的平台补贴方案。从平台效益和社会效益两个角度进行分析，以订单量增长率与补贴金额的比值反映平台业务增长的投入产出比变化，得到基础补贴的最优解为每单 9.35 元，补贴 55 天，提高了平台效益。通过基于行车距离的动态补贴，解决偏远城区拒载和短途拒载问题，提高了社会效益，从两方面论证了补贴方案的合理性。

**关键词：** 供求匹配 TOPSIS 算法 模糊综合评判 目标规划 动态补贴

## 一、问题重述

出租车是市民出行的重要交通工具之一，“打车难”是人们关注的一个社会热点问题。随着“互联网+”时代的到来，有多家公司依托移动互联网建立了打车软件服务平台，实现了乘客与出租车司机之间的信息互通，同时推出了多种出租车的补贴方案。

请你们搜集相关数据，建立数学模型研究如下问题：

(1) 试建立合理的指标，并分析不同时空出租车资源的“供求匹配”程度。

(2) 分析各公司的出租车补贴方案是否对“缓解打车难”有帮助？

(3) 如果要创建一个新的打车软件服务平台，你们将设计什么样的补贴方案，并论证其合理性。

## 二、问题分析

### 2.1 问题一的分析

问题一要求建立合理指标，并分析不同时空出租车资源的“供求匹配”程度。经过对“供求匹配”程度的理解，确定了影响“供求匹配”程度的三个指标：供求比，空载率，交通压力系数。首先研究供求比，考虑到供应的汽车数量如果远远大于需求的出租车数量，那将会造成资源浪费；如果远远小于需求的出租车数量，那么乘客等待时间就过长。所以，供求比越接近于 1 越合理。根据查找到的资料，得到北京现有注册出租车数量，再利用布鲁斯·夏勒的模型，计算得到北京市出租车的需求量。将供求比用总车辆和需求量的比值来表述，即北京现有注册出租车数量与出租车需求量的比值。

其次研究空载率，在现实生活中出租车市场的运行可以看作出租车与乘客的匹配过程，一方面空载出租车司机作为代理人拥有空车位置的信息，而乘客则是希望搭乘空车的委托人，另一方面乘客也拥有打车乘客所在地的信息，此时出租车司机是寻找顾客的委托人。出租车司机和乘客很难同时获得对方的信息，所以此时出现的人车匹配过程中的信息不对称现象是导致出租车空载率升高的主要原因。根据查找到的资料，出租车空载率应该维持在 30% 左右较合理。为了方便计算，用每时段出租车客运量占全天总客运量比值来表示。

最后研究交通压力系数，用每时段交通流量与交通流量峰值的比值来表示，这样既能实现归一化处理，又能直观地反应交通压力的情况。交通压力越大，出租车的通行能力越差，效率就越低。

评价方法大体上可分为两类，主要区别在于确定权重的方法上。在对问题的分析的基础上，发现根据指标间相关关系或个指标变异程度来确定权数，即客观赋权的方法较为合理。结合上述三个指标，将他们转化为低优指标，建立利用 TOPSIS 算法的评价体系。首先计算出三个指标最理想状态下的解，再根据实际的数值，计算得出实际情况的解，最后计算理想解与实际解之间的距离来“供求匹配”程度。

经过查找资料，得到北京，上海的相关数据。以北京，上海这两大城市为例，经过对大数据的处理，分别计算得出两个城市在不同时间段的综合指标，分析不同时空的“供求匹配”程度。

## 2.2 问题二的分析

问题二要求分析各公司的出租车补贴方案对“缓解打车难”是否有帮助。以北京的滴滴打车和快的打车这两个主流的打车软件为例进行分析，计算有补贴前和有补贴后的两种情况的相关数据。经过对打车难度的讨论，乘客等待时间不能过长，出租车的利用率需要得到提高，同时提交订单之后，订单的成交率也是需要考虑在内的。综上所述，为了直观地反应打车难度系数，最终确定的指标为平均等待时间，空载率和订单成交率。

首先研究平均等待时间，等待时间越长，用户的满意度会越低，所以平均等待时间需要越短越好。用出租车到达的时间与提交订单的时间的差值表示平均等待时间。其次是出租车的空载率，沿用问题一的计算方法，计算出有补贴后的出租车空载率。最后研究订单成交率，如果订单提交之后，没有人接单，那么会加重打车难的问题。所以用已经完成的订单数量与总共提交订单数量的比值来定义订单成交率，订单成交率越高，说明打车越容易。

要得到各因素之间的权重，就要利用层次分析法。再在层次分析法的基础上，利用模糊综合评价的方法，求出主流打车软件公司实行补贴政策前后，使用软件的乘客打车难易程度，以及对不使用软件的乘客打车难易程度的变化分析。

## 2.3 问题三的分析

问题三要求设计新的补贴方案，并论证其合理性。考虑软件既要赢取最大的利益，又要为乘客提供最佳的服务。要使平台获得最大的利益，所需要的订单数量也要尽可能多。乘客对软件平台服务质量也会有评定，平台的评价越好，用户也会增多，所以“供求匹配”程度与打车难易程度也需要考虑在内。最后再根据得到的结果，用问题一、二的评价方法提出补贴方案的合理性。

首先需要解决平台效益的问题。如果每单位补贴额的订单增长率越大，则平台的推广效益越好，所以将订单增长率作为目标函数。要求得订单增长率，需要对每单位时间增加的订单量与每单补贴的金额和补贴进行的时间进行二元拟合，得出函数表达式，根据查到的资料，以滴滴打车软件公司为例。由于资料中所给数据太少，所以假设每种补贴方案下，补贴期间订单增长率不变。从而求得订单的增长数量根据时间变化曲线，得出订单的总投资金额。同时总补贴额需要小于软件公司总投资额，所以需要将这一条件作为约束条件。进而解出最佳补贴力度和补贴时间。

其次需要研究社会效益问题。根据《2014年上半年中国打车应用市场研究报告》，53.8%乘客反应遭司机挑单拒载，一是偏远城区拒载，二是短途拒载，造成乘客打车难的问题。所以需要采用偏远城区载客补贴和短程载客补贴。偏远城区旨在提高司机接单积极性，降低偏远城区拒载率；短途载客补贴利于增加短途单数，从而降低平均等待时间，提高“供求匹配”程度。要表述偏远地区载客补贴和短程载客补贴，用实际行驶的里程数进行计算，主要难度在于确定补贴系数。所以进行大量数据的对比分析，从而提出相对较好的补贴系数。

最后从“供求匹配”程度，乘客打车的难易程度以及软件公司的盈利角度进行评价，如果三个方面都比之前有所改善，说明模型合理。

### 三、模型假设

- (1) 假设本文引用数据、资料均真实可靠；
- (2) 假设北京市人口年增长率在 2010 后没有发生太大波动；
- (3) 忽略燃油价格变动、政府补贴政策等因素对出租车供求市场的影响；
- (4) 假设在打车软件补贴方案下，订单量随时间变化规律不受天气等因素的影响；
- (5) 假设出租车流量变化符合交通流量变化规律；
- (6) 不考虑打车软件公司不良竞争对出租车市场的负面影响。

### 四、符号说明

$Q$	总指标
$N_c$	总车辆数
$X_r$	需求量
$N_k$	空车辆
$L_i$	任意时刻车流量
$\bar{L}$	每天平均车流量
$\beta$	供求比
$\omega$	空载率
$C$	交通压力系数
$m_s$	经常乘坐地铁的人数
$m_n$	没有私家车的家庭数量
$m_a$	机场中选择乘坐出租车的乘客人数
$m_d$	虚拟变量
$\bar{t}$	平均等待时间
$D$	订单成交率
$k_i$	每单补贴的金额
$t_i$	补贴时间
$n_i$	订单数
$\varphi_i$	单位时间内增加的订单量
$\delta_i$	每单位补贴额的订单增长率
$a_t$	第 $t$ 天订单量
$S_i$	平台总补贴额
$Z$	总投资额

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 对问题一的解答

首先建立反映“供求匹配”程度的三个指标：供求比，空载率和交通压力系数。利用 TOPSIS 算法，建立评价模型，将三个指标的综合成供求匹配指数。通过供求匹配指数的大小反映供求匹配程度。选取具有代表性的城市，以北京市、上海市为例，得到各城市每天不同时段供求匹配指数变化。

#### 5.1.1 模型的建立

##### (1) 建立指标

由题知，需要定义一个指标为供求比，表示为总车辆和需求量的比值，即

$$\beta = \frac{N_c}{X_r}$$

根据布鲁斯·夏勒的模型<sup>[2]</sup>，城市出租车需求量表示为：

$$X_r = 31.4 + 21.8m_s + 5.1m_n + 0.64m_a + 129.9m_d$$

如果每辆出租车中都没有人，那么会造成资源浪费，不符合节能环保的理念，所以将空载率的定义为空载出租车辆与总行驶量车辆的百分比，即

$$\omega = \frac{N_k}{N_c} \times 100\%$$

考虑到交通越是拥挤，出租车的效率越低，所以将交通压力系数定义为每时段交通流量与交通流量峰值的比值，即

$$C = \frac{L_i}{L}$$

##### (2) 建立 TOPSIS 评价模型

建立 TOPSIS 评价模型的具体算法步骤如下：

**Step1:** 用向量规划化的方法求得规范决策矩阵。设多属性决策问题的决策矩阵，即原始的是指标矩阵为  $A = (a_{ij})_{m \times n}$ ，规范化决策矩阵，即经过转化而成的低优指标矩阵为  $B = (b_{ij})_{m \times n}$ ，其中

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

**Step2:** 构成加权规范阵  $C = (c_{ij})_{m \times n}$ 。设由三个低优指标的权重向量，经过市场调查，得出在本题中各指标的权重，即  $\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]^T$ ，则

$$c_{ij} = \omega_j \cdot b_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

**Step3:** 确定正理想解  $C^*$  和负理想解  $C^0$ 。设正理想解  $C^*$  的第  $j$  个属性值为  $c_j^*$ ，负理想解  $C^0$  的第  $j$  个属性值为  $c_j^0$ ，由于本题中采用的是低优指标，所以正理想解为  $c_{ij}$  的最小值，负理想解为  $c_{ij}$  的最小值，则

$$c_j^* = \min c_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$$

$$c_j^0 = \max c_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$$

Step4: 计算不同时空下的实际值到正理想解与负理想解的距离。实际值 $d_i$ 到正理想解的距离为

$$s_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (c_{ij} - c_j^*)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

实际值 $d_i$ 到负理想解的距离为

$$s_i^0 = \sqrt{\sum_{j=1}^n (c_{ij} - c_j^0)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

Step5: 计算综合评价指数, 即

$$f_i^* = \frac{s_i^0}{(s_i^0 + s_i^*)}, i = 1, 2, \dots, m$$

Step6: 按 $f_i^*$ 由小到大, 体现“供求匹配”程度的优劣次序。

### 5.1.2 模型的求解

根据第六次人口普查报告, 2010 年北京常驻人口达 668.1 万户, 年增长率达 5.1%, 假设年增长率不变, 计算得出 2012 年常驻人口为 737.9 万户。北京职住分离的上班族 232.4 万人。根据《2013 年北京交通发展年报》, 北京私人汽车保有量达 419.2 万辆, 考虑到部分家庭有 2 辆甚至多量汽车, 按照平均每户拥有 1.5 辆汽车计算出, 拥有私家车辆为 279.5 万户。北京首都机场 2012 年客运量 8193 万人次, 按出入机场的人数相等计算, 得出在机场乘车的乘客规模为 4096.5 万人次。

将数据代入需求量 $X_r$ 的表达式中, 得到北京市出租车的需求量为 10.1 万辆。根据相关统计, 北京现有注册出租车数量, 即出租车的总车辆数为 6.6 万辆。

由 5.1.1 供求比的定义:

$$\beta = \frac{N_c}{X_r}$$

计算得出北京的供求比 $\beta_1 = 0.6534$ 。

表 5.1.2.1 上海发展状况表

上海发展状况	数量
汽车保有量	262.33 万辆
无私家车户数	531 万户
常住人口	2380 万人
航空人次	7871 万人次
机场乘车人数	3935.5 人次
注册出租车数量	4.5 万

计算得出上海出租车需求量: 9.3749 万辆, 出租车供求比 $\beta_2 = 0.48$ 。

第二项指标为空载率，为了方便统计计算，将空载率用出租车日均空驶里程与日均运营里程的比值表示。根据表（见附录），日均空驶里程数为 141.95 km，日均运营里程数为 302.88 km，得出北京出租车的日均平均空载率为 46.87%。根据每时段出租车客运量占全天总客运量比值，得到 24 小时之内空载率的变化（详见附录）。以 7:00 到 12:00 时间区间为例，列出北京和上海的空载率，如表 5.1.2。

表 5.1.2.2 北京与上海空载率随时间变化表

时间段	北京空载率	上海空载率
7:00-8:00	0.2606	0.2184
8:00-9:00	0.3161	0.2237
9:00-10:00	0.4038	0.2945
10:00-11:00	0.3658	0.3241
11:00-12:00	0.3104	0.2706

第三项指标交通压力系数定义为每时段交通流量与交通流量峰值的比值，反映出出租车运营的通畅程度，如图 5.1.2.1，表示出交通压力随时间变化的折线图，发现在早上 7-8 时以及下午 17-19 时，交通压力大，出租车运营不通畅。

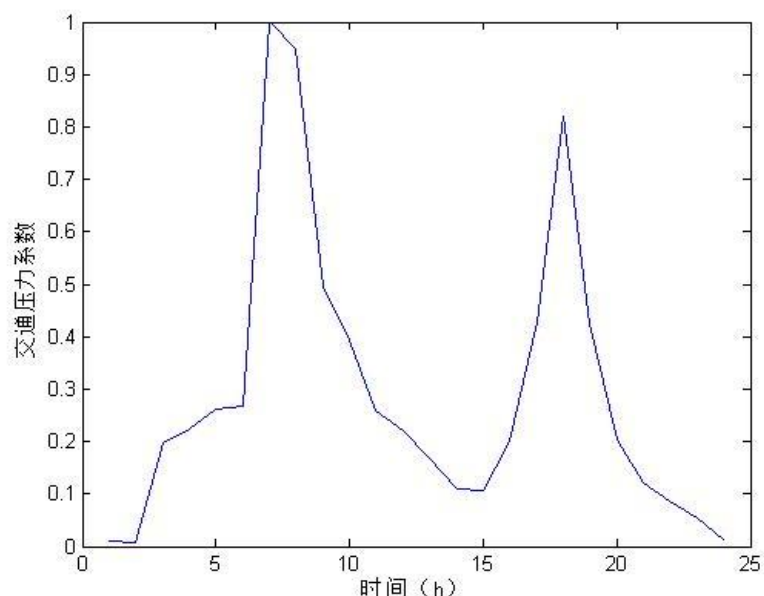


图 5.1.2.1 交通压力随时间变化图

将上述三个指标转化低优指标。供求数量相差越小，即供求比越接近于 1，匹配效率越高，供求比转化为  $|1 - \beta|$ ；较合理的出租车空载率应该维持在 30% 左右，空载率转化成  $|\omega - 30\%|$ 。交通压力系数已经是低优指标，不需要再进行转化。

最后利用 TOPSIS 算法，结果上述三个指标进行综合评价，以北京市不同时刻的供求匹配指数为例作图，如图 5.1.2.2。

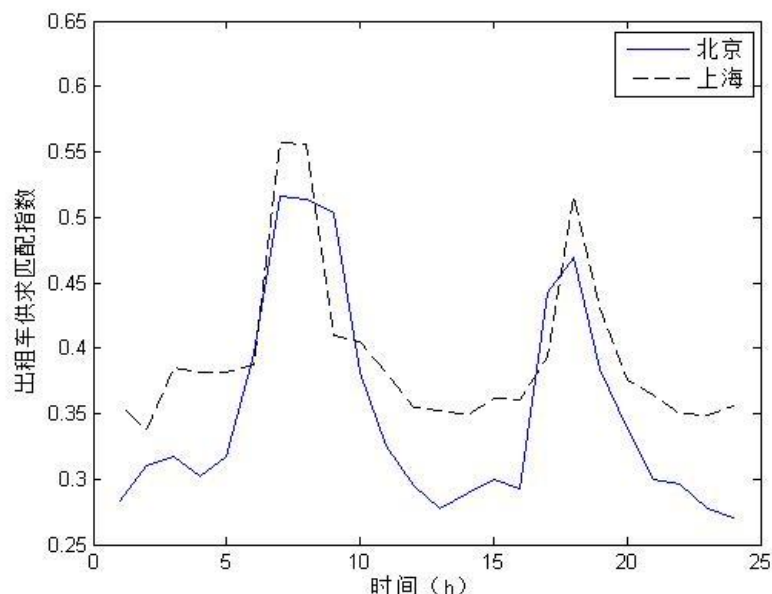


图 5.1.2.2 供求匹配指数随时间变化图

经过计算得出，北京市的供求匹配指数的均值为 0.3353，方差为 0.0725；上海市的供求匹配指数的均值为 0.3938，方差为 0.0621。

### 5.1.3 问题的回答

由 5.1.2 中计算得到的数据可知，北京市与上海市的供求匹配指数曲线走势相似。非上下班高峰时间，即 0-7 时，10-16 时，20-24 时的“供求匹配”程度较好，在上下班高峰时间，即 7-10 时，16-20 时的“供求匹配”程度较差。可能的原因为上下班高峰期间交通压力较大，很多行人选择地铁，公交等公共交通，或者开私家车，少数会选择容易发生堵车的出租车。

但是北京市的供求匹配指数的均值小于上海市，说明北京市的“供求匹配”程度较好，可能原因是北京市更加重视车辆的管理以及资源的合理利用，比如为了治理环境污染，实行单双号限行制度，很大程度上提高了车辆的利用率。

同时北京市的供求匹配指数的方差大于上海市，可能的原因为北京市乘坐出租车的时间比较集中，在某些时间段的乘坐出租车的人数较多，而在除了这些时间段的打车的人数较少。上海市较小，打车的成本耗费较小，所以打车的人数较多，时间段较为分散；而北京市较大，打车耗费太大，可能在上下班高峰期打车人数增长较快。

## 5.2 对问题二的解答

建立平均等待时间，空载率和订单成交率三个指标反映打车难易程度，建立模糊综合评判模型，以上述三个指标为因素集，对打车难易程度进行综合评价。将补贴前后的打车难易度进行对比，得到补贴对打车难问题的影响。

### 5.2.1 模型的建立

本题建立模糊综合评价模型。模糊综合评价以模糊数学为基础，将待考察的模糊概念或模糊对象作为一定的模糊集合，建立适当的隶属函数，从而对模糊对象进行定量分析。

其主要步骤为：



(1) 确定因素集。对于打车难易度，需要从多方面进行考虑。所以，因素集为

$$U = \{\text{平均等待时间}u_1, \text{空载率}u_2, \text{订单成交率}u_3\}$$

(2) 确定评语集。我们将评语集变为对每个指标的评价指数，按照指数的高低，评判打车的难易程度。所以，评语集为

$$V = \{\text{容易}v_1, \text{一般}v_2, \text{困难}v_3\}$$

对于平均等待时间，等待 7 分钟以内代表打车容易，等待 7 分钟到 15 分钟代表打车难度一般，等待 15 分钟以上代表打车困难。

对于空载率，40% 以上代表打车容易，25% 到 40% 代表打车难度一般，25% 以下代表打车困难。

对于订单成交率，在 80% 以上代表打车容易，在 60% 到 80% 的范围内代表打车难度一般，在 60% 以下代表打车困难。

(3) 确定各因素的权重。考虑乘客效益和司机效益，利用层次分析法<sup>[4]</sup>：

Step1: 建立递阶层次结构模型；

Step2: 根据比较尺度理论，构造两两比较阵 $A$ ：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Step3: 层次单排序及一致性检验。判断矩阵 $A$ 对应于最大特征值 $\lambda_{\max}$ 的特征向量 $W$ ，经归一化后即为一层次相应因素对于上一层次某因素相对重要性的排序权值。由于在综合全部比较结果时难免包含一定程度的非一致性，因此需要对其进行一致性检验。

得到各因素的权重为

$$A = [a_1, a_2, a_3]$$

其中， $a_i$ 为第 $i$ 个评价指标所占权重。

(4) 确定模糊综合评价矩阵。对指标 $u_i$ 来说，对各个评语的隶属度为 $V$ 上的模糊子集。对指标 $u_i$ 的评判记为

$$R_i = [r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}]$$

其中， $r_{ij}$ 代表在调查时间内，第 $i$ 个评价指标在第 $j$ 种难易度下所占天数的比例。

各指标的模糊综合判断矩阵为：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

(5) 模糊综合评判。利用 $R$ 就可以得到一个模糊变换

$$T_R: F(U) \rightarrow F(V)$$

由此变换，就可以得到综合评价结果

$$B = A \cdot R$$

综合后的评价可看作是 $V$ 上的模糊向量，记为

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

## 5.2.2 模型的求解

### (1) 滴滴打车

根据层次分析法对滴滴打车的软件打车平台的分析，求得各因素的权重矩阵为：

$$A = [0.45, 0.25, 0.3]$$

进而将研究对象分为补贴前，补贴后的两种情况。

我们统计得到补贴前后的一个月内每日的平均等待时间，并作出平均等待时间在该月的分布图：

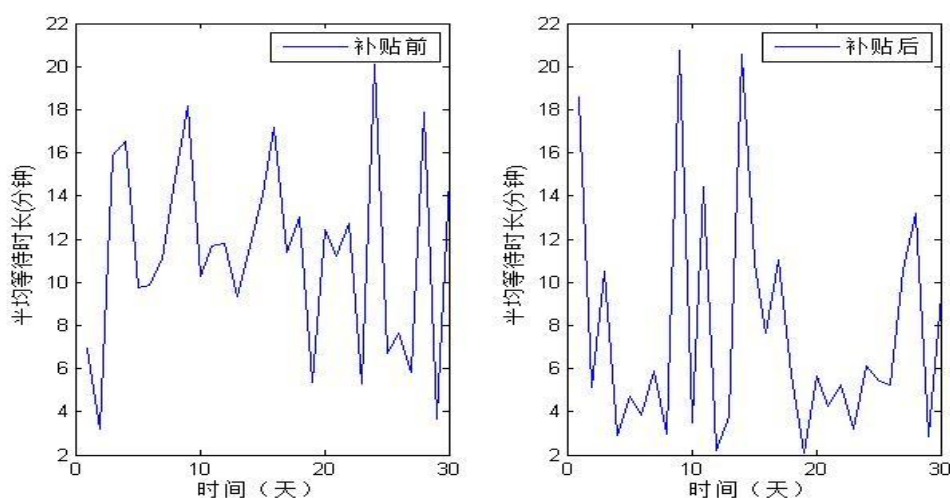


图 5.2.2 滴滴打车补贴前后平均等待时间变化图

从图中可以看出，补贴后的平均等待时间比补贴前明显变短。

表 5.2.2 补贴前后平均等待时间所占天数

时间范围	补贴前	补贴后
0-7 分钟	7	19
7-15 分钟	18	8
15 分钟以上	5	3

得到补贴前平均等待时间的评判矩阵 $r_1$ 为：

$$r_1 = [0.243, 0.5694, 0.1876]$$

补贴后平均等待时间的评判矩阵 $r'_1$ 为：

$$r'_1 = [0.6194, 0.2597, 0.1209]$$

同理求出其余两个指标的评判矩阵。

补贴前后各指标的模糊综合判断矩阵为：

$$R_d = \begin{bmatrix} 0.243 & 0.5694 & 0.1876 \\ 0.193 & 0.525 & 0.282 \\ 0.125 & 0.3334 & 0.5416 \end{bmatrix}$$

$$R'_d = \begin{bmatrix} 0.6194 & 0.2597 & 0.1209 \\ 0.315 & 0.421 & 0.264 \\ 0.4583 & 0.2917 & 0.25 \end{bmatrix}$$

其中， $R$ 为补贴前的综合评判矩阵， $R'$ 为补贴后的综合评判矩阵。

将模糊综合判断矩阵进行模糊变换，得到评判结果为：

补贴前

$$B_d = A \cdot R_d = [0.1951, 0.4875, 0.3174]$$

补贴后

$$B'_d = A \cdot R'_d = [0.4950, 0.3096, 0.1954]$$

取数值最大的评语作为综合评判结果，则两种情况下的评判结果分别为：“一般”，“容易”。

## (2) 快的打车

由于因素不变，所以快的打车的权重分配与滴滴打车相同，各因素的权重矩阵为：

$$A = [0.45, 0.25, 0.3]$$

进而将研究对象分为补贴前，补贴后的两种情况。

根据重新统计并列举出补贴前后的一个月内的每日的平均等待时间，作出平均等待时间在该月的分布图：

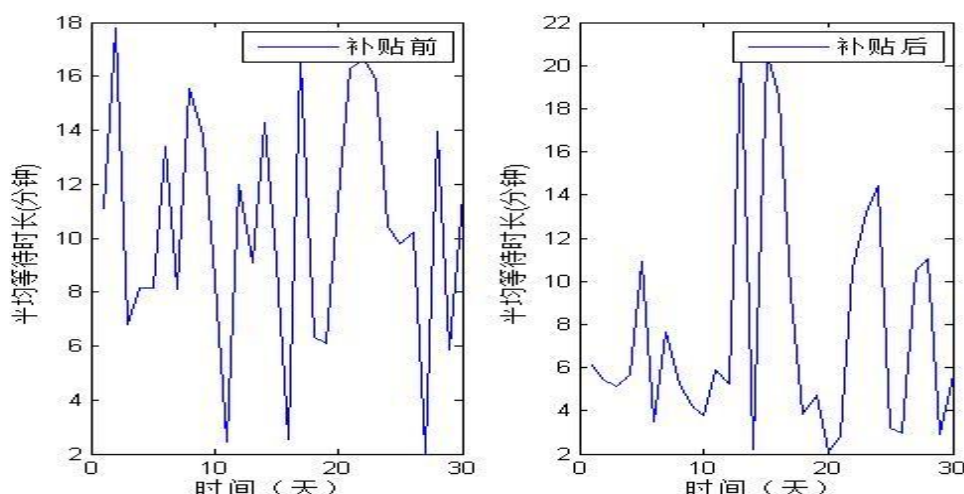


图 5.2.2 快的打车补贴前后平均等待时间变化图

从图中可以看出，补贴后的平均等待时间比补贴前明显变短。

表 5.2.2 补贴前后平均等待时间所占天数

时间范围	补贴前	补贴后
0-7 分钟	6	16
7-15 分钟	17	9
15 分钟以上	7	5

补贴前后各指标的模糊综合判断矩阵为：

$$R_k = \begin{bmatrix} 0.201 & 0.567 & 0.232 \\ 0.185 & 0.489 & 0.326 \\ 0.138 & 0.3576 & 0.5044 \end{bmatrix}$$

$$R'_k = \begin{bmatrix} 0.534 & 0.317 & 0.149 \\ 0.324 & 0.534 & 0.142 \\ 0.4159 & 0.3078 & 0.2763 \end{bmatrix}$$

将模糊综合判断矩阵进行模糊变换，得到评判结果为：

补贴前

$$B_k = A \cdot R_k = [0.1781, 0.4847, 0.3372]$$

补贴后

$$B'_k = A \cdot R'_k = [0.4461, 0.3685, 0.1854]$$

快的打车的软件打车平台，计算求得补贴前打车难度为一般，补贴后打车难度为容易。

### (3) 滴滴打车与快的打车综合比较

滴滴打车补贴前最大综合评价为一般等级，评价值为0.4875，次大评价值为0.3174，即大部分时间段内滴滴打车的打车难度处于一般到困难之间。补贴后最大综合评价为容易等级，评价值为0.4950，次大评价值为0.3096，即大部分时间段内滴滴打车的打车难度处于容易到一般之间。

快的打车补贴前最大综合评价为一般等级，评价值为0.4847，次大评价值为0.3372，即大部分时间段内快的打车的打车难度处于一般到困难之间。补贴后最大综合评价为容易等级，评价值为0.4461，次大评价值为0.3685，即大部分时间段内快的打车的打车难度处于容易到一般之间。

综合滴滴打车与快的打车的评价集，将评价最大值与次大值之和作为参考依据，得出快的打车补贴前打车难度高于滴滴打车，而补贴后，快的打车的打车难度低于滴滴打车。同时，两家公司的补贴方案都对打车难有所缓解。

### 5.2.3 问题的回答

根据5.2.2的计算结果可以看出，在滴滴打车和快的打车的软件公司实行补贴前，打车难度等级为一般；在实行补贴之后，打车难度等级为容易。造成这一现象可能的原因为在使用打车软件之后，会有接单的司机直接前往接送，避免了之前在偏僻路段打不到车的情况，从而打车的容易度得到提高。

由此可见，各公司的出租车补贴方案对软件用户的“打车难”问题有一定的帮助。但是对于没有用该打车软件的用户来说，可能会出现拒载，等待时间长等问题，打车的难度就会有所增加。

## 5.3 对问题三的解答

将补贴方案分为基础补贴和动态补贴两方面。对于基础补贴，建立目标规划模型，以订单增长率与每单补贴金额的比值为目标函数，以平台的总补贴额小于总投资额为约束条件。对于动态补贴，建立补贴金额关于行车距离的线性模型。结合实际统计数据，利用问题一、二中提出的指标对补贴方案进行合理性分析。

### 5.3.1 模型的建立

#### (1) 平台效益

由于订单量近似呈指数曲线增长，将订单量 $n_i$ 做对数化处理，转化为线性变量。

设第 $i$ 种补贴政策，每单补贴的金额为 $k_i$ 元，补贴时间为 $t_i$ 天，订单增量 $\Delta \ln(n_i)$ 。则订单增长率，即单位时间内增加的订单量为：

$$\varphi_i = \frac{\Delta \ln(n_i)}{t_i}, i = 1, 2, \dots, n$$

将 $\varphi_i$ 与 $k_i, t_i$ 的数据进行二元拟合，得到 $\varphi_i$ 关于 $k_i, t_i$ 的函数表达式 $\varphi_i(k_i, t_i)$ ；

定义订单增长率与每单补贴金额的比值为每单位补贴额的订单增长率，即：

$$\delta_i = \frac{\varphi_i(k_i, t_i)}{k_i}, i = 1, 2, \dots, n$$

每单位补贴额的订单增长率越大，则平台的推广效益越好。

设初始订单量为 $a_0$ 份, 总投资额为 $Z$ 元, 补贴期间订单增长率不变, 第 $t$ 天订单量为:

$$\ln(a_t) = \ln(a_0) + (t-1)\varphi_i$$

$$a_t = a_0 \cdot e^{(t-1)\varphi_i}$$

可以求得平台总补贴额为:

$$S_i = k_i \cdot \frac{a_0[1 - e^{t(t-1)\varphi_i}]}{1 - e^{(t-1)\varphi_i}}, i = 1, 2, \dots, n$$

因为平台的总补贴额小于总投资额, 所以可得到约束条件为:

$$S_i = k_i \cdot \frac{a_0[1 - e^{t(t-1)\varphi_i}]}{1 - e^{(t-1)\varphi_i}} \leq Z$$

从而确定最优补贴方案的规划模型:

$$\begin{aligned} & \max (\delta_i = \frac{\varphi_i(k_i, t_i)}{k_i}) \\ \text{s. t. } & \begin{cases} S_i = k_i \cdot \frac{a_0[1 - e^{t(t-1)\varphi_i}]}{1 - e^{(t-1)\varphi_i}} \leq Z \\ k_i > 0 \\ t_i > 0, \text{ 且 } t_i \text{ 为整数} \\ i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned}$$

## (2) 社会效益

根据《2014 年上半年中国打车应用市场研究报告》, 53.8%乘客反应遭司机挑单拒载, 一是偏远城区拒载, 二是短途拒载, 造成乘客打车难的问题。偏远城区载客补贴旨在提高司机接单积极性, 降低偏远城区拒载率; 短途载客补贴利于增加短途单数, 从而降低平均等待时间, 提高“供求匹配”程度。

建立基于载客路程的偏远城区载客补贴模型:

$$B_c = \rho_1 \cdot \frac{d - J}{J}$$

其中,  $\rho_1$ 为偏远城区补贴系数,  $d$ 为实际行驶的路程,  $J$ 为起步路程。

对行驶距离低于起步路程的订单进行短途载客补贴,

$$B_d = \rho_2 \cdot \frac{J}{d}$$

其中,  $\rho_2$ 为短途补贴系数,  $d$ 为实际行驶的路程,  $J$ 为起步路程。

### 5.3.2 模型的求解

首先根据滴滴打车的历史补贴政策, 如表 5.3.2, 得出各个阶段的每单补贴的金额和补贴时间, 对于随机补贴金额, 取返现金额区间的中间值作为每单补贴金额 $k_i$ , 同时将 2 月 17 日归属于 2 月 18 日-3 月 6 日的补贴方案的阶段中。

滴滴打车的补贴政策以 1 月 10 日为起点, 首先对 $\varphi_i$ 与 $k_i$ ,  $t_i$ 的数据进行二元拟合, 确定日均订单量变化曲线。

$$\varphi_i = -3.85 + 0.2k_i + 0.035t$$

表 5.3.2 滴滴打车的补贴政策

时间	补贴政策	$k_i$	$t_i$
1 月 10 日-2 月 16 日	乘客车费减 10 元、司机奖 10 元	20	38
2 月 17 日	乘客返现 10-15 元	12.5	1
2 月 18 日-3 月 6 日	乘客返现 12-20 元	16	17
3 月 7 日-3 月 22 日	乘客每单减免 6-15 元	10.5	16
3 月 23 日-5 月 17 日	乘客返现 3-5 元	4	55

由此得出， $\varphi_i$ 与 $k_i$ ， $t_i$ 呈正相关，其补贴力度 $k_i$ 越大，补贴持续天数 $t$ 越长，订单增长率越高。

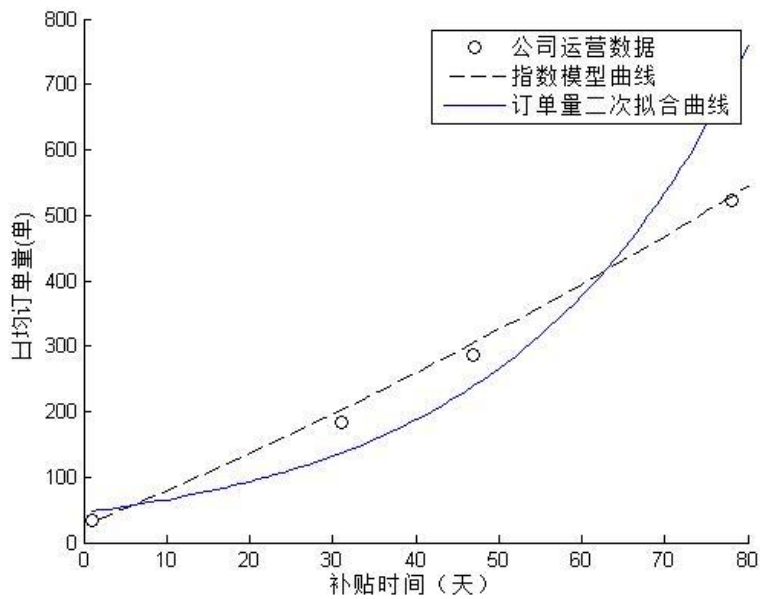


图 5.3.2 订单量与时间的关系图

以 2 月 9 日为初始状态点，得到初始订单量 $a_0$ 为 183 万。

将 $Z = 2 \times 10^7$ ， $a_0 = 1.83 \times 10^6$ ，代入约束条件

$$S_i = k_i \cdot \frac{a_0[1 - e^{t(t-1)\varphi_i}]}{1 - e^{(t-1)\varphi_i}} \leq Z$$

得到

$$S_i = k_i \cdot \frac{183[1 - e^{t(t-1)\varphi_i}]}{1 - e^{(t-1)\varphi_i}} \leq 2000$$

从而得出最佳补贴力度 $k_i$ 的解为 9.355，最佳补贴持续天数 $t$ 为 55.5 天，此时订单增长率达到最大值。如果继续加大补贴力度，或延长补贴时间，订单增长速度放缓。

以北京的出租车市场为例，北京五环外城区距中心区域 15 至 20 km 不等，而北京 2012 年 7 月至 12 月出租车运次分析表，10 km 以内的订单占 86.41%，15 km 以上占 5.07%。所以对 15 km 以上的订单采用偏远城区补贴。北京出租车起步价 13 元，基本单价为 2.3 元/公里，单程载客行驶超过 15 km 部分基本单价加收 50% 的费用。所以 $\rho_1$ 取 0.5，即对

超过 15 km 的订单，进行 2 元以上的补贴。

由于 2 km 以内的订单只占短程订单的 35%，所以对其采用短程载客补贴。根据调查数据，司机最倾向于接受 5 km 左右的订单，所以应控制 1 km 订单价格与 5 km 订单价格相近。车辆行驶 5 km 的价格为 17.6 元，此时 $\rho_2$ 取 1.5，补贴随行驶路程在 0-3 km 范围内增加而减少，当超出 3 km 后，无短程补贴。

5.3.3 问题的回答

本题将补贴方案分为基础补贴和动态补贴两方面。对于基础补贴，最佳补贴力度 $k_i$ 的解为 9.355，最佳补贴持续天数 $t$ 为 55.5 天，此时订单增长率达到最大值，实现软件公司效益最大化。

对于动态补贴，对偏远地区的订单，即超过 15 km 的订单，实行补贴系数为 0.5 的补贴方案；对短程订单，即 2 km 以内的订单，实行补贴系数为 1.5 的补贴方案。

上述补贴方案降低了出租车的拒载率和空载率，使供求比趋于平衡，从而提高了供求匹配程度。同时减少了乘客的平均等待时间，提高了订单成交率，缓解了乘客打车难的问题。

5.3.4 模型的检验与分析

首先对日均订单数量与补贴时间的关系曲线进行指数回归检验，观测得到理论值与实际数据的符合程度。

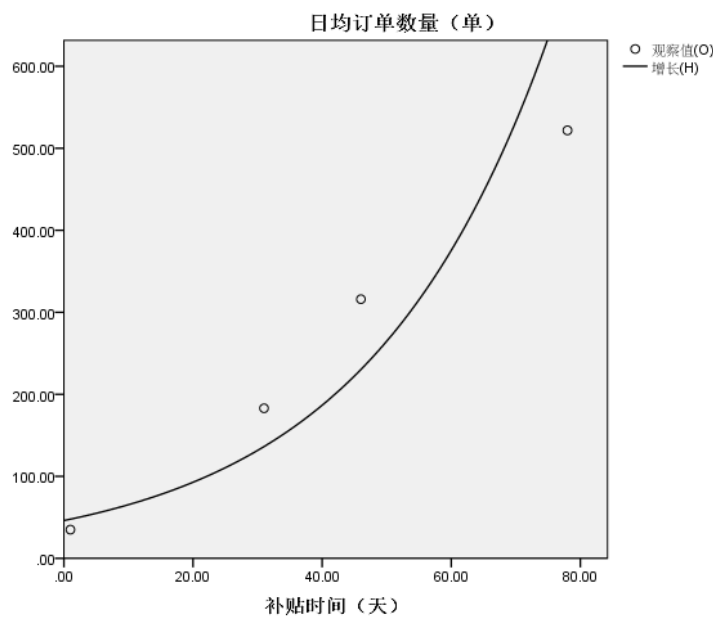


图 5.3.4 日均订单数与补贴时间的拟合曲线

由表 5.3.4 可知，该回归检验模型的方差 $R^2 = 0.910 > 0.9$ 。

表 5.3.4 模型摘要和参数估算

因变量:日均订单数量（单）							
方程式	模型摘要					参数估计值	
	R 平方	F	df1	df2	显著性	常量	b1
增长(H)	.910	20.101	1	2	.046	3.832	.035

说明理论值与实际值拟合程度较高，模型合理。

## 六、模型的评价与分析

### 6.1 模型的优点

在问题一中，我们提出了供求比、空载率和交通压力系数等指标，利用 TOPSIS 评价模型对不同时空的出租车供求匹配程度进行评价分析。以北京市为例，分析了不同时刻的出租车供求匹配程度。有助于政府针对不同时刻的供求匹配度，制定相应的政策。同时，我们将上海市的出租车供求匹配度和北京市对比，分析得到城市环境对居民打车习惯具有一定的影响。对于政府的城市规划，出租车公司经营模式的改革都有一定的帮助。

在问题二中，我们提出了平均等待时间和订单成交率等指标来分析使用打车软件用户的打车难易度，并利用模糊综合评判的方法对打车难易度进行了评价。同时，我们还考虑了不使用打车软件的乘客的打车难易度。模型对打车软件公司补贴政策的调整有一定的参考价值。

在问题三中，我们将补贴方案分为基础补贴方案和动态补贴方案，既考虑打车软件平台的推广效益，又考虑乘客和司机间的社会效益。补贴方案灵活且合理，可以推广到其他生产营销领域。

### 6.2 模型的缺点

在问题一中，由于数据的缺失与不足，我们没有对同一城市不同区域的供求匹配程度进行评价与分析。在不同城市的选择上，没有考虑一线、二线和三线城市的出租车供求匹配度，仅仅对两个典型的城市进行了评价和分析，不能代表全国的供求匹配程度。同时提出的指标较少，分析的问题比较片面，计算过程理想化，忽略很多外在因素，对分析结果的准确性有一定的影响。

在问题二中，选取的指标少，不能完全反应市民打车的难易程度。没有具体考虑补贴金额，市场竞争等因素对打车难易度的影响，仅从补贴前后的状态变化进行分析，模型有一定的局限性。

在问题三中，建立目标规划模型的约束条件考虑得不够全面，在考虑动态方案时缺少对数据的分析。由于查找到的数据较少，我们至对打车软件的社会效益方案和平台效益合理性进行简单的定性分析，没有进行定量分析。

## 参考文献

- [1]孙伟杰, 张艺娜, 王 超, 信息不对称角度下的出租车空载率成因分析[J], 高等函授学(自然科学版), 26(2): 15-17, 2013.
- [2]范合君, 杜 博, 特大城市出租车合理数量估计及实现路径——以北京市为例[J], 经济与管理研究, 36(8): 91-95, 2015.
- [3]姜启源, 谢金星, 叶 俊, 数学模型(第四版)[M], 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [4]孔繁敏, 杨庆瑜, 张 亮, 打车软件的经济效益评价——基于 AHP—模糊综合评价



- 模型[J], 科技和产业, 15(4): 52-56, 2015.
- [5] 司守奎, 孙玺菁, 数学建模算法与应用[M], 北京: 国防工业出版社, 2011.
- [6] 范梦言, 丁尚宇, 李宛蓉, 浅析打车软件[J], 中国市场, 22: 130-131, 2015.
- [7] 曹 祎, 罗 霞, 打车软件背景下空驶出租车出行分布预测模型[J], 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 39(1): 51-54, 2015.
- [8] 方付建, 新技术应用的社会效应研究——以打车软件为例[J], 科技管理研究, 11: 179-183, 2015.
- [9] Josep Maria Salanova, Miquel Estrada, Georgia Aifadopoulou, A review of the modeling of taxi services[J], Procedia - Social and Behavioral Sciences, 20: 150-161, 2010.
- [10] 柳丽娜, 陈艳艳, 张文阁, 北京市出租车乘客需求预测模型研究[J], 交通标准化, 13: 89-92, 201
- [11] Jørgen Aarhauga\*, Kåre Skolleruda, Taxi: Different Solutions in Different Segments[J], Transportation Research Procedia, 1(1): 276-283, 2015.

## 附录

### 附录一：

#### 1、北京市出租车空载率

分类	指标	数量
总体	调查车辆数（辆）	4.445
	日均运营时间（min）	883.04
	次均运营里程（km）	14.47
	日均运营里程（km）	302.88
	日均空驶率（%）	46.87
	日均里程时间利用率（%）	23.31
载客出行	载客出行辆（车次）	70.092
	日均载客出行次数（车次/车）	15.77
	出租车乘客人数（人次）	100979
	次均载客人数（人次/车次）	1.45
	次均载客里程（km）	7.59
	日均载客里程（km）	160.93
	日均载客时间（min）	387.4
空驶出行	空驶出行辆（车次）	83.112
	日均空驶出行次数（车次/车）	18.7
	次均空驶里程（km）	6.88
	日均空驶里程（km）	141.95

#### 2、北京与上海空载率随时间变化表

时间段	北京空载率	上海空载率
0:00-1:00	0.3962	0.4436
1:00-2:00	0.3581	0.3728
2:00-3:00	0.3895	0.42
3:00-4:00	0.3281	0.3812
4:00-5:00	0.3379	0.3633
5:00-6:00	0.2749	0.371
6:00-7:00	0.2240	0.2763
7:00-8:00	0.2606	0.2184
8:00-9:00	0.3161	0.2237
9:00-10:00	0.4038	0.2945
10:00-11:00	0.3658	0.3241
11:00-12:00	0.3104	0.2706
12:00-13:00	0.2994	0.3073
13:00-14:00	0.3679	0.3349
14:00-15:00	0.3976	0.3658
15:00-16:00	0.3203	0.2954

16:00-17:00	0.2436	0.2311
17:00-18:00	0.2162	0.2507
18:00-19:00	0.3811	0.2915
19:00-20:00	0.4444	0.3569
20:00-21:00	0.3902	0.3812
21:00-22:00	0.3996	0.3764
22:00-23:00	0.3637	0.3921
23:00-24:00	0.3582	0.4359

### 3、北京市与上海市各时间段的供求匹配指数

时间段	北京市	上海市
0:00-1:00	0.283613659	0.356901397
1:00-2:00	0.269678736	0.335585445
2:00-3:00	0.317304423	0.385578061
3:00-4:00	0.301921215	0.38104389
4:00-5:00	0.316937326	0.381191781
5:00-6:00	0.297602245	0.387829967
6:00-7:00	0.516068483	0.556649571
7:00-8:00	0.513408884	0.555890319
8:00-9:00	0.389295018	0.410146618
9:00-10:00	0.38178149	0.405365905
10:00-11:00	0.325176267	0.381030125
11:00-12:00	0.295102837	0.354678881
12:00-13:00	0.277526269	0.352198985
13:00-14:00	0.288858407	0.349199628
14:00-15:00	0.29914278	0.362156702
15:00-16:00	0.293113017	0.360278353
16:00-17:00	0.343766781	0.39349346
17:00-18:00	0.469735282	0.515801269
18:00-19:00	0.384448638	0.430838419
19:00-20:00	0.338288186	0.375617934
20:00-21:00	0.299402521	0.3639684
21:00-22:00	0.296211167	0.350011802
22:00-23:00	0.277858617	0.349206512
23:00-24:00	0.270388802	0.35551965

### 4、2012 年道路交通构成数据

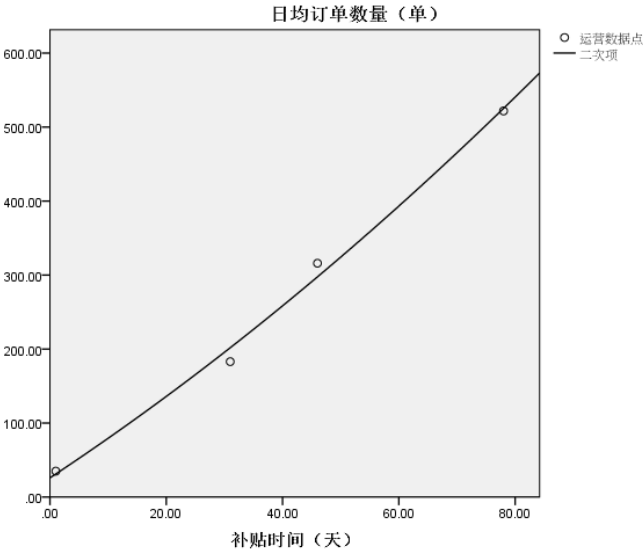
路段	小客车比例	出租车比例	路段	小客车比例	出租车比例
西五环	68.50%	3.26%	北五环	59.97%	4.52%
西四环	72.44%	10.84%	北四环	60.50%	18.45%
西三环	62.18%	16.62%	北三环	59.03%	20.10%

西二环	63.68%	20.02%	北二环	69.63%	18.99%
东二环	65.92%	19.60%	长安街	65.53%	17.15%
东三环	55.38%	20.78%	南二环	52.53%	10.88%
东四环	65.74%	12.44%	南三环	57.88%	5.72%
东五环	59.52%	4.78%	南四环	71.41%	7.69%
两广大街	45.50%	14.86%	南五环	37.24%	0.58%
前门西大街	50.36%	20.75%			

5、2012 年道路核查交通流量数据

路段	路段平均流量（辆）		路段	路段平均流量（辆）	
	全天	高峰小时		全天	高峰小时
东二环	242884	16175	西二环	197163	12837
东三环	256345	16331	西三环	232626	11682
东四环	287654	19353	西四环	281243	17751
东五环	147815	7483	西五环	148341	10584
南二环	167247	10848	北二环	192265	11428
南三环	183290	9659	北三环	216395	15652
南四环	213740	13101	北四环	272593	19303
南五环	143532	7046	北五环	203361	11786
长安街	114736	8313	两广大街	93599	5957
前门西大街	72063	4472			

6、日均订单数量与补贴天数的拟合关系



模型摘要和参数估算

因变量： 日均订单数量（单）							
方程式	模型摘要					参数估计值	
	R 平方	F	df1	df2	显著性	常量	b1
二次项(Q)	.994	88.645	2	1	.075	25.968	5.191

7、2014 年上半年打车应用用户出租车叫车方式

叫车方式	比例
招手打车	85.4%
打车软件	45.9%
电话叫车	18.1%
手机地图	9.2%
其他	4.5%

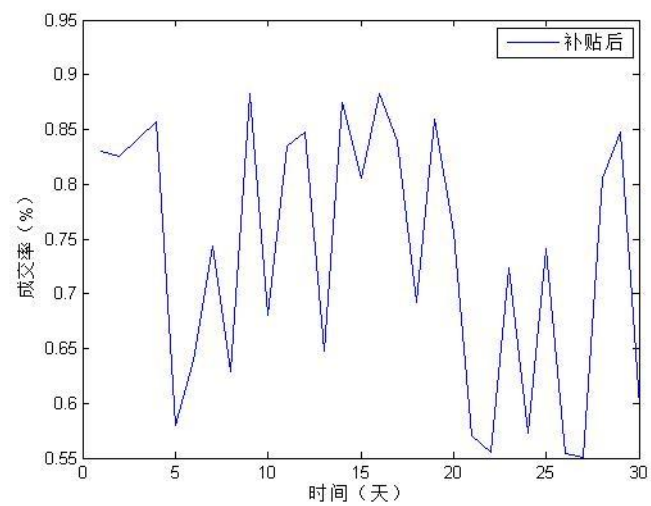
数据来源于 2014 年上半年中国打车应用市场研究报告。

8、2014 年上半年用户使用打车应用的主要场景

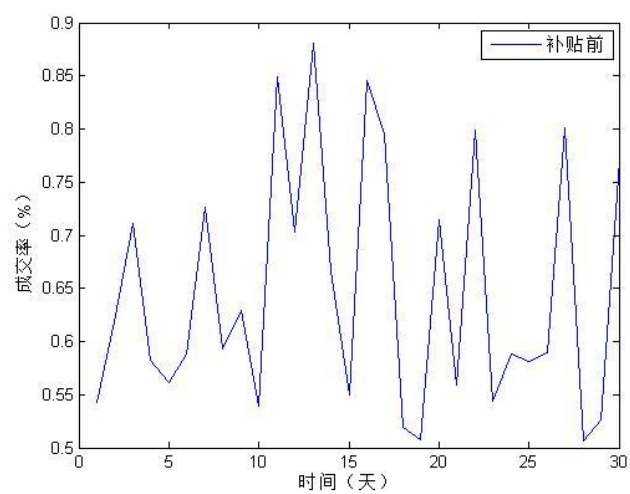
场景	比例
有急事，赶时间	61.5%
下雨，刮风等天气不好的时候	38.6%
地理位置较为偏僻的时候	32.7%
上下班高峰期间	30.7%
较早或较晚出行时刻	24.2%
去火车站、汽车站、飞机场	15.3%
所在地段难打车	7.6%
其他	5.3%

数据来源于 2014 年上半年中国打车应用市场研究报告。

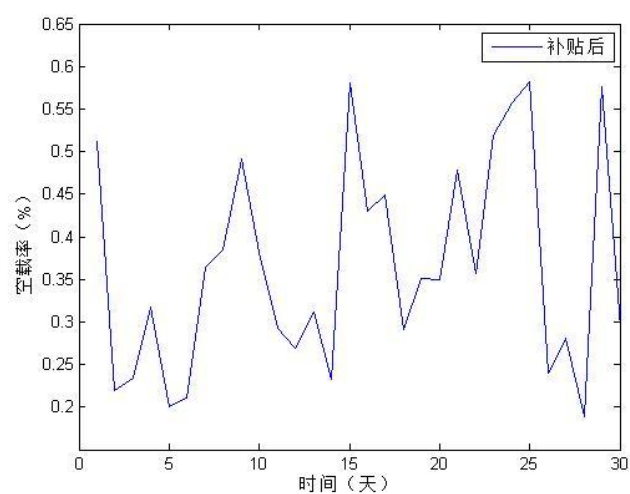
9、补贴后成交率与时间的曲线



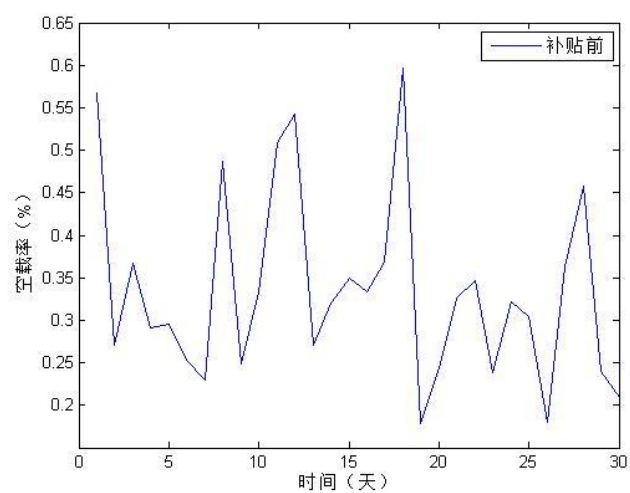
### 10、补贴前成交率与时间的曲线



### 11、补贴后空载率与时间的曲线



### 12、补贴前空载率与时间的曲线



### 13、快的打车的补贴政策

时间	补贴政策	$k_i$	$t_i$
1月20日-2月17日	乘客车费减10元、司机奖10元	20	38
2月17日	乘客返现11元	11	1
2月18日-3月4日	乘客返现13元	13	15
3月5日-3月22日	乘客每单减免4元	4	15
3月23日-5月17日	乘客返现3-5元	4	55

### 14、北京出行比例与空载率

时间段	出行时间比例	北京车辆空载率
0:00-1:00	0.16	0.396
1:00-2:00	0.12	0.358
2:00-3:00	2.83	0.390
3:00-4:00	3.17	0.328
4:00-5:00	3.74	0.338
5:00-6:00	3.81	0.275
6:00-7:00	14.24	0.224
7:00-8:00	13.5	0.261
8:00-9:00	7.07	0.316
9:00-10:00	5.61	0.404
10:00-11:00	3.67	0.366
11:00-12:00	3.13	0.310
12:00-13:00	2.38	0.299
13:00-14:00	1.55	0.368
14:00-15:00	1.51	0.398
15:00-16:00	2.85	0.320
16:00-17:00	6.11	0.244
17:00-18:00	11.7	0.216
18:00-19:00	6.04	0.381
19:00-20:00	2.88	0.444
20:00-21:00	1.72	0.390
21:00-22:00	1.23	0.400
22:00-23:00	0.78	0.364
23:00-24:00	0.2	0.358

### 15、上海出行比例与空载率

时间段	出行时间比例	上海车辆空载率
0:00-1:00	0.17	0.4436
1:00-2:00	0.14	0.3728
2:00-3:00	2.81	0.42
3:00-4:00	3.26	0.3812
4:00-5:00	3.58	0.3633
5:00-6:00	3.81	0.371
6:00-7:00	13.74	0.2763
7:00-8:00	14.89	0.2184
8:00-9:00	6.97	0.2237
9:00-10:00	5.83	0.2945
10:00-11:00	4.21	0.3241
11:00-12:00	3.63	0.2706
12:00-13:00	2.88	0.3073
13:00-14:00	2.17	0.3349
14:00-15:00	2.41	0.3658
15:00-16:00	3.55	0.2954
16:00-17:00	6.11	0.2311
17:00-18:00	11.7	0.2507
18:00-19:00	7.04	0.2915
19:00-20:00	3.38	0.3569
20:00-21:00	2.22	0.3812
21:00-22:00	1.33	0.3764
22:00-23:00	0.88	0.3921
23:00-24:00	0.26	0.4359

## 附录二：程序代码

### 1、问题一：北京交通压力系数

```
clear;
taxi=31.4+21.8*2324+5.1*4850+0.64*40965+129.9;
flow=[0.16;0.12;2.83;3.17;3.74;7.81;14.24;13.5;12.07;5.61;3.67;
3.13;2.38;
1.55;1.51;2.85;6.11;11.7;6.04;2.88;1.72;1.23;0.78;0.2];
a=flow/flow(7);
plot(a);
ylabel('交通压力系数');
xlabel('时间(h)');
```

### 2、问题一：北京出租车供求匹配指数图

```
clear;
taxi=31.4+21.8*2324+5.1*4850+0.64*40965+129.9;
flow=[0.16;0.612;2.83;3.17;3.74;7.81;14.24;13.5;12.07;5.61;3.6
```



```

7;3.13;2.38;
    1.55;1.51;2.85;10.11;11.7;6.04;2.88;1.72;1.23;0.78;0.2];
a=flow/flow(7);
d1=1-0.6534;
d2=[0.3962;0.4581;0.3895;0.3281;0.3379;0.2749;0.224;0.2606;0.3
161;0.4038;0.365;0.3104;

0.2994;0.3679;0.3976;0.3203;0.2436;0.2162;0.3811;0.4444;0.3902
;0.3996;0.3637;0.358];
for i=1:24
d3(i)=((d1)^2+(d2(i))^2+(a(i))^2)^0.5/((d1^2+d2(i)^2+a(i)^2)^0
.5+((1-d1)^2+(1-d2(i))^2+(1-a(i))^2)^0.5);
end
plot(d3);
xlabel('时间(h)');
ylabel('出租车供求匹配指数');

```

### 3、问题一：上海交通压力图

```

clear;
taxi=31.4+21.8*1895.4+5.1*5310+0.64*39355+129.9;
flow=xlsread('data',6,'J2:J25');
flow=[0.0114
;0.0094;0.1887;0.2189;0.2404;0.255;0.9227;1;0.468;0.3912;0.282
7;0.2437;0.1934;
0.1457;0.1618;0.2384;0.4103;0.7857;0.4728;0.2269;0.149;0.0893;
0.0591;0.0174];
a=flow;
plot(flow);
ylabel('交通压力系数');
xlabel('时间(h)');

```

### 4、问题一：北京上海供求匹配指数

```

clear;
taxi=31.4+21.8*1895.4+5.1*5310+0.64*39355+129.9;
flow=[
0.0114;0.0194;0.1887;0.2189;0.2404;0.255;0.9227;1;0.468;0.3912
;0.2827;0.2437;
0.1934;0.1457;0.1618;0.2384;0.4103;0.7857;0.4728;0.2269;0.149;
0.0893;0.0591;0.0174

```

```

];
a=flow/flow(8);
d1=1-0.48;
d2=[
0.4436;0.3728;0.42;0.3812;0.3633;0.371;0.2763;0.2184;0.2237;0.
2945;0.3241;0.2706;
0.3073;0.3349;0.3658;0.2954;0.2311;0.2507;0.2915;0.3569;0.3812
;0.3764;0.3921;0.4359
];
for i=1:24
d3(i)=(d1^2+(d2(i))^2+(a(i))^2)^0.5/((d1^2+d2(i)^2+a(i)^2)^0
.5+((1-d1)^2+(1-d2(i))^2+(1-a(i))^2)^0.5);
end
plot(d3,'k--');
legend('北京','上海');
xlabel('时间(h)');
ylabel('出租车供求匹配指数');

```

#### 5、问题二：模糊综合评价求解

```

clear;
order=[0.75,0.83];
wt=[13,6];
kz=[0.48,0.39];
orderf=[0.97;1.12;0.91]*order
wtf=[0.75;1.21;1.04]*wt;
kzf=[1.17;0.84;0.99]*kz;
r1=[orderf(:,1),kzf(:,1),wtf(:,1)];
r2=[orderf(:,2),kzf(:,2),wtf(:,2)];
r1=r1'

```

#### 6、问题三：日均订单量与补贴天数

```

clear;
day=[1,31,47,78];
order=[35,183,286,521.83];
scatter(day,order,'k');
hold on;
x=1:40;
y=35+74/15.*(x-1);

```

```

plot(x,y);
hold on;
x=1:80;
y=0.016*x.^2+5.191*x+25.968;
plot(x,y,'k--');
hold on;
x=40:57;
y=227.4+8.3714*(x-40);
plot(x,y);
hold on;
x=57:78
y=369.7138+7.2435*(x-57);
plot(x,y);
x=[40,57];
y=[227.4,369.7138];
scatter(x,y,'r*');
hold on;
xlabel('补贴时间(天)');
ylabel('日均订单量(单)');
legend('公司运营数据','线性模型曲线','订单量拟合曲线');

```

### 7、问题三：日均订单量与补贴天数

```

clear;
day=[1,31,47,78];
order=[2200,4000,8260,10000];
scatter(day,order,'k');
hold on;

x=1:40;
y=2200+58.06*(x-1);
plot(x,y);
hold on;
%{
x=1:80;
y=0.016*x.^2+5.191*x+25.968;
plot(x,y,'k--');
hold on;
%}

```

```

x=40:57;
y=4464.3+8.3714*(x-40);
plot(x,y);
hold on;
x=57:78
y=369.7138+7.2435*(x-57);
plot(x,y);
x=[40,57];
y=[227.4,369.7138];
scatter(x,y,'r*');
hold on;
xlabel('补贴时间(天)');
ylabel('日均订单量(单)');
legend('公司运营数据','线性模型曲线','订单量拟合曲线');

```

#### 8、画图代码

```

clear;
d=[
0.567;0.27;0.36;0.29;0.29;0.25;0.23;0.48;0.24;0.33;0.50;0.54;0.
27;0.32;0.35;
0.33;0.36;0.59;0.17;0.24;0.32;0.34;0.23;0.32;0.30;0.18;0.36;0.
45;0.23;0.20
];
plot(d);
xlabel('时间(天)');
ylabel('空载率(%)');
legend('补贴前');

clear;

d=[
0.51;0.21;0.23;0.31;0.19;0.21;0.36;0.38;0.49;0.38;0.29;0.26;0.
31;0.23;0.57;
0.42;0.44;0.29;0.35;0.34;0.47;0.35;0.51;0.55;0.58;0.23;0.28;0.
18;0.57;0.29
];
plot(d);

```

```

xlabel('时间(天)');
ylabel('空载率(%)');
legend('补贴后');

clear;

d=[
0.54;0.61;0.71;0.58;0.56;0.58;0.72;0.59;0.62;0.53;0.84;0.70;0.
88;0.66;

0.54;0.84;0.79;0.51;0.50;0.71;0.55;0.79;0.54;0.58;0.58;0.58;0.
80;0.50;0.52;0.77
];
plot(d);
xlabel('时间(天)');
ylabel('成交率(%)');
legend('补贴前');

clear;

d=[a;b;c];
d=[
0.83;0.82;0.84;0.85;0.57;0.63;0.74;0.62;0.88;0.68;0.83;0.84;0.
64;0.87;

0.80;0.88;0.83;0.69;0.85;0.75;0.57;0.55;0.72;0.57;0.74;0.55;0.
55;0.80;0.84;0.59;

]
plot(d);
xlabel('时间(天)');
ylabel('成交率(%)');
legend('补贴后');

```

#### 10、问题二指标计算

```

clear;
w=[0.45,0.25,0.3];
r1=[0.243,0.5694,0.1876;0.193,0.525,0.282;0.125,0.3334,0.5416];
w*r1;

```

```
r2=[0. 6194, 0. 2597, 0. 1209;0. 315, 0. 421, 0. 264;0. 4583, 0. 2917, 0. 25];  
w*r2;
```