

“互联网+”时代的出租车资源配置

摘 要

本文运用功效系数法、灰色关联度的思想、回归分析及显著性检验等方法研究了互联网时代的出租车资源配置问题。

针对问题一：在时间上，将苍穹平台导出的北京出租车分布数据（包含经纬度、出租车供给量及需求量，见附件 1）合理分隔并筛选，得到 50 个基本均匀分布且遍布全面的样本点，再利用 MATLAB 编程（见程序 1 至 6）得到北京市不同时刻车辆供应量与需求量的三维散点分布图。选取出租车供应量与需求量为衡量出租车供求匹配程度指标，分析三维图的柱高与密集程度，得出北京市在平常期的供求匹配程度最好，而在高峰期与低峰期的供求匹配程度较差。在空间上，先根据已有文献，确立出衡量不同城市出租车供求匹配程度的指标，分别为里程利用率、空驶率、万人拥有量。再通过出租车市场报告得到 2013 年 14 个城市出租车的相关数据（见附表 1），引入功效系数法，根据其标准（见附表 2），对各指标赋上权重并进行打分，最后根据综合评价公式（见公式 1）得到各城市出租车运力评价价值，以此量化供求匹配程度。以北京为例，为 0.76。

针对问题二：通过收集查找，得到 2014 年滴滴打车与快的打车的补贴情况，首先根据附表 2 中 2013 年各市出租车相关数据，采用灰色关联度思想，并通过 MATLAB 编程（见程序 7、8），找到与里程利用率和万人拥有量关联度较大的两组指标——出租车月营业额、出租车单车净月营业额和亿元 GDP 出租车拥有量、出租车月营业额。并就此利用 MATLAB 编程（见程序 9、10），分别建立关于里程利用率、万人拥有量的回归方程（见公式 2、3）。然后通过查找 2014 年北京、青岛、深圳三市（以该三市为例说明）的这两组指标的数据，代入公式 2、3，从而得到 2014 年进行补贴时的出租里程利用率和万人拥有量的预测值，结果表明三市的里程利用率降低，最后利用问题一功效系数评价模型，得到补贴后的功效评价价值，分别为 0.78、0.9、0.7 均比补贴前有升高，说明补贴对缓解打车难有帮助。

针对问题三：根据从青岛汽车网查询所得数据，计算得到青岛市区出租车每公里燃气消费 S ，基于出租车空驶距离、载客距离及分段里程构造得出与盈利 S 的分段函数。依据空驶距离设计打车软件并推行出租车补贴方案。其次，论证补贴方案合理性，当考虑补贴后，乘客使用打车软件打车，分别计算得出载客距离小于 3km 及大于 3km 出租车司机的盈利 S ，可知当载客距离在 3 公里以内，出租车司机空驶距离大于 29.7km，司机是亏损的；当载客距离大于 3 公里时，司机空驶距离大于表 17 中距离时，是亏损的。通过补贴前后司机盈亏情况的比较，得出在不亏损的情况下，空驶距离增加，出租车接单服务的范围扩大，可以提高出租车司机的满意度。对乘客来说，出租车的行驶里程拓宽，会减少乘客等待时间，提高乘客满意度。所以，本文设计的出租车补贴方案是相对合理的。

最后，本文对整个模型进行客观的评价，指出了优点与缺点，并针对缺点提出了改进。

关键词： 里程利用率 功效系数 灰色关联度 回归方程 显著性检验

1 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。

2 问题分析

2.1 问题一的分析

问题一要求建立合理指标，并分析不同时空的供求匹配程度，需要将参考标准划分为时间和空间两部分。针对时间方面，根据实际在苍穹平台上抓取的数据（见附件 1），找到能反映供求关系的出租车供应量与出租车需求量作为衡量指标，并利用三维图刻画不同时间不同地点出租车供应量、需求量的情况，通过供应量与需求量的比值直接反应在不同时间供求匹配的程度。在空间上，由于实际数据难以挖掘，因此考虑研究不同城市的出租车供求情况。不同于时间方面的研究，不同城市的实际情况不同，出租车的运营情况也不同，因此考虑用空驶率、万人拥有量等指标对城市出租车供求关系进行研究。引入功效系数法，结合其所规定的标准，评价不同空间的出租车供求匹配情况。

2.2 问题二的分析

问题二需要找到各打的公司补贴方案，并比较在补贴前后对打车难问题是否有缓解作用。针对该问题，找到补贴前后的相关数据是关键，但是这样的数据往往不能直接得到，需要借助其他数据间接得到。因此，要先找到其他指标与该问题所需指标的关系，拟采用灰色关联度的思想，选出与里程利用率、空驶率和万人拥有量关联度较大的指标，再运用回归方程得到关系式，并借助这些可以查到补贴前后时间的数据的指标，合理预测目标指标，将得到的指标值代入问题一中的评价模型，计算在补贴后的功效评价价值，通过比较该值是否增加，来表示补贴后的供求关系是否更加匹配，从而进一步说明是否对打车难的问题有缓解作用。

2.3 问题三的分析

问题三要求设计补贴方案，并论证其合理性。针对设计补贴方案，本文拟根据出租车行驶里程、载客距离及空驶距离此三项指标，考虑到空驶距离越远，出租车司机的积极性越低，故依据空驶距离设计打车软件并推行出租车补贴方案。拟找到出租车空驶距离营业亏损的一个临界值距离，以此空驶距离进行分里程路段设计出补贴方案。针对论证其合理性，相关主体主要是出租车司机和乘客，若打车软件服务平台推行本文拟设计的补贴方案，对出租车司机来说，由于对其出租车空驶距离进行分里程路段补贴，使得出租车运营范围大大拓展，盈利额大大增加，因而会提高出租车司机的满意度；对乘客来说，出租车的行驶里程拓宽，会减少乘客等待时间，提高乘客满意度。由此，可以论证本文设计的出补贴方案是否是合理的。

3 模型假设

1. 假设一定时间内出租车的辆数不会有大的变化。
2. 假设本文所研究的城市中所有出租车都在行驶中。
3. 假设空驶率近似为 1-里程利用率。

4 符号说明

序 号	符 号	说 明
1	A_i	指标 $X_i (i=1,2,3,\dots,6)$ 的权重
2	X_{ij}	第 j 评估对象对应于指标 X_i 值的功效系数值
3	R_k	第 k 个评估对象的出租车供求匹配程度综合评价指数
4	r_i	X_0 与 X_i 之间关联度
5	x_1	亿元 GDP 出租车拥有量
6	x_2	出租车月营业额
7	x_3	出租车单车净月营业额
8	y_1	出租车万人拥有量与可行评价指标的关系式
9	y_2	出租车里程利用率与可行评价指标的关系式
10	R_1	各市出租车供求匹配程度评价指标

5 模型的建立与求解

5.1 问题一模型的建立与求解

问题一要求对不同时空的供求程度进行研究, 本文将分为时间和空间两个部分分析。对供求匹配的理解, 可认为是对具体情况的具体分析, 不同地区的情况不同, 出租车的辆数、里程利用率, 出租车需求量也不同。此处将通过以下流程对问题一进行分析。

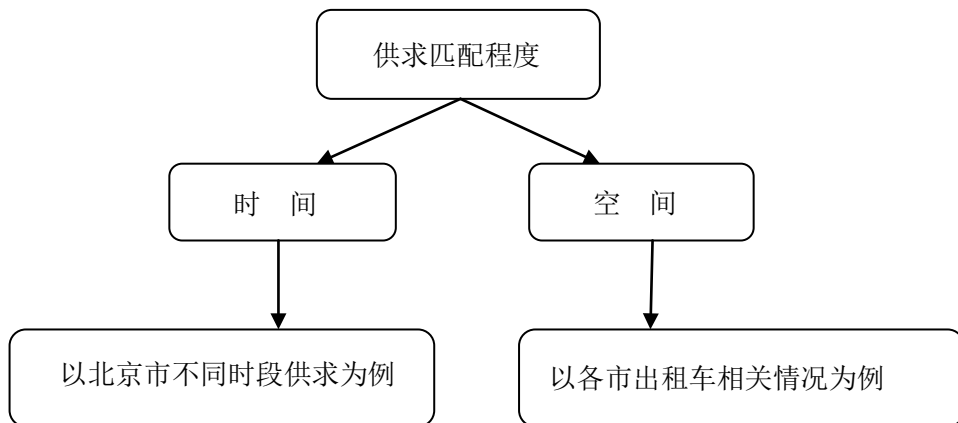


图 1 供求匹配程度分析流程图

由于北京市不同区的出租车具体数据难以获取，所以本文在此处将取不同城市作为空间方面的研究。

5.1.1 数据预处理

通过苍穹平台的数据导出，得到了北京市不同经纬度，不同时间点的出租车辆数和需求量（见附件1），由于数据是从网站的控制台得到，既没有分隔也没有说明，我们根据北京的经度范围115.25°到117.35°，纬度范围39.8°到41.5°，将不在此范围内的数据剔除。由于数据繁多，不便分析，我们要选取基本平均分布在北京市内的50个点进行研究，则需要使该点和周围的车辆数差距不大，且所选取点之间的距离相差不大才能符合要求。最后得到样本点（见附件2）。

5.1.2 时间方面

1. 指标的确立

不同时间段人们打车的难易程度不同，可能存在供求平衡、供过于求、供不应求的情况，因此此处为了衡量北京市在不同时间段供求情况，选取以下两个指标出租车供应量与出租车需求量。并以二者的比值来衡量出租车的供求情况，换言之：

$$\text{供求匹配程度} = \text{出租车供应量} / \text{出租车需求量}$$

2. 供求分析

首先将时间分为了三类：平常期、低峰期、高峰期，对应的时间分别选取10:00–10:30、18:00–18:30、00:00–00:30。根据数据预处理得到了北京市内的50个基本符合条件的点（每一个点包含了经度、纬度和出租车辆数或需求量的信息），为了能够直观的反映出租车分布与数量的情况，运用MATLAB编程（见程序1至6），选取合适的坐标系，经度为X轴，纬度为Y轴，供求量或需求量为Z轴，得到三维分布图（注：每一条蓝线代表所在位置的出租车量或者需求量。）如下：

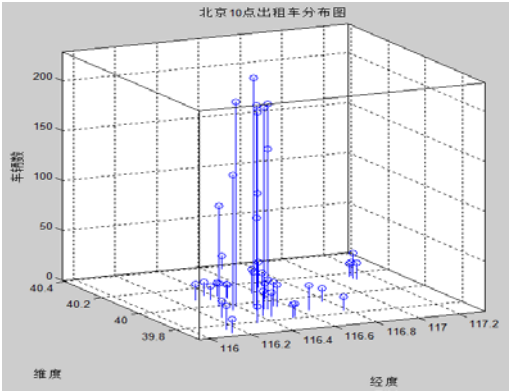


图2 北京 10:00–10:30 出租车分布

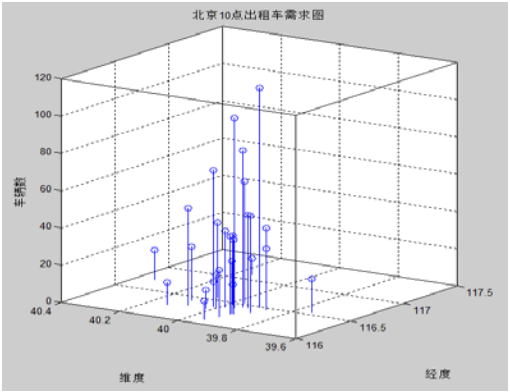


图3 北京 10:00–10:30 出租车需求

从图2、图3中可以看出在10:00–10:30（平常期）时出租车分布比较散乱，且需求大多分布在边区，可以理解此时大多数的市民是需要前往市中心附近的地区，且出租车的供应量基本能够满足打车的需求，出现打不上车的机会较少，因此此时的供求是最匹配的。

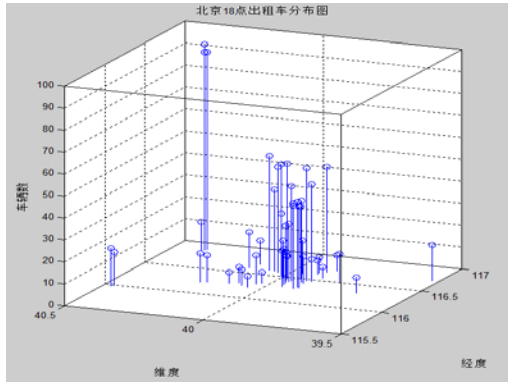


图4 北京 18:00-18:30 出租车分布

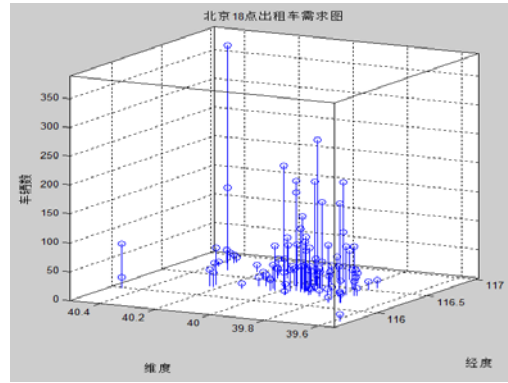


图5 北京 18:00-18:30 出租车需求

从图4、图5分析得到18:00-18:30（高峰期）出租车的需求非常集中，且集中在市中区，可以理解为此是大多数上班族下班、学生放学的时刻，这段时间相对自由，因此人们的活动也变得频繁而散乱，从出租车的分布图没有需求图密集，蓝线长度也相对较低，因此此时是供不应求的时刻，供求匹配关系是不合理的。

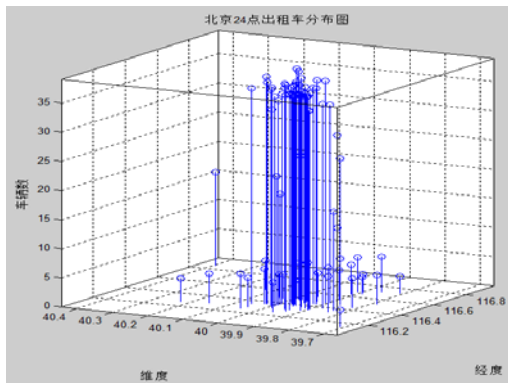


图6 北京 00:00-00:30 出租车分布

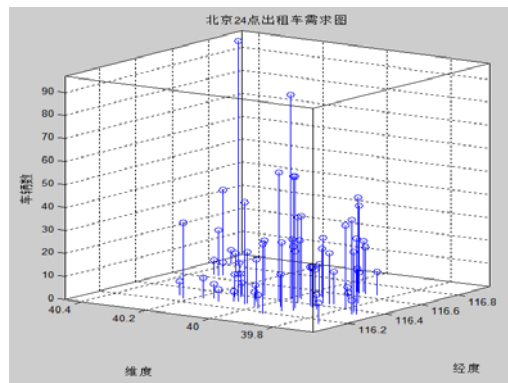


图7 北京 00:00-00:30 出租车需求

从图6、图7中可以明显看出在00:00-00:30（低峰期），此时出租车分布集中在市中区，且较为密集，大多数人都在此时的市内进行着短程的活动，且活动频数较大，因此此时的出租车也相对集中在此，减少了郊区周边的活动，可能会导致在市中区周边的人打不上车，而中心区空车较多的情况。从蓝线的密集程度可以看出出租车的数量是远大于其需求量的，因此此时的供求情况为供大于求，但供求匹配也较不合理。

5.1.3 空间方面

在空间上的研究，本文引入功效系数法对不同城市出租车的情况进行具体分析。功效系数法来评价出租车供求匹配程度，根据多目标规划原理，由选取的出租车万人拥有量及里程利用率情况两项指标，对每项指标确定优值、中值与差值，分别赋予功效系数，并根据待评估对象所对应的功效系数指标加权综合，以此评价一个城市出租车供给匹配程度是否合理。

根据2013年14座城市出租车万人拥有量及里程利用率情况所得数据（见附表1），选取此14个城市的空驶率、出租车万人拥有量及里程利用率数据进行分析，运用功效系数评价法，得出各个城市的出租车供求匹配程度评价指标 R ，从而分析不同城市出租车供求匹配程度。

1. 指标体系与指标权重的确立:

对于指标的确立, 本文主要通过查阅相关文献直接得到, 主要分以下三个:

(1) 空驶率 A_1

为空驶里程在车辆总运行里程中所占的比例。计算公式为:

$$\text{空驶率} = \text{空驶行程 (公里)} / \text{总行程 (公里)} \times 100\%$$

(2) 出租车万人拥有量 A_2

为人均设备普适指标, 用来描述一定规模城市内出租车的人均占有量, 用来评价该城市出租车供求匹配的状况。计算公式为:

$$\text{出租车万人拥有量} = \text{出租车数 (辆)} / \text{人口规模 (万人)}$$

(3) 里程利用率 A_3

为营业里程与行驶里程之比, 一般以一辆车为单位。

$$\text{里程利用率} = \text{营业里程 (公里)} / \text{行驶里程 (公里)} \times 100\%$$

出租车的空驶率和里程利用率是评价出租车经营效益和反映出租车服务质量的重要度量指标, 而城市出租车的万人拥有量虽是出租车交通服务的基本条件, 但重要程度相对里程利用率较弱。因此, 参考已有文献[2], 将三项指标的权重确定为 $A_1 : A_2 : A_3 = 4 : 4 : 2$ 。

2. 城市出租车供求匹配程度评价

出租车供求匹配程度模型及指标权重:

设待评估对象集为 $Q = (P_1, P_2, \dots, P_n)$, 令 A_i 为指标 $X_i (i = 1, 2, 3, \dots, 6)$ 的权重, X_{ij} 为第 j 评估对象对应于指标 X_i 值的功效系数值 ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$), 则第 k 个评估对象的出租车供求匹配程度综合评价指数为:

$$R_k = \sum_{i=1}^n A_i X_{ik} \quad (1)$$

根据功效系数评价法, 当 R_k 的值为 $(0, 0.6]$ 时, 可以认为评估对象为差; 当 R_k 的值为 $(0.6, 0.8]$ 时, 可以认为评估对象为中; 当 R_k 的值为 $(0.8, 1]$ 时, 可以认为评估对象为好。

通过查阅出租车分析报告得到各市出租车情况表 (见附表 1), 根据已确立指标, 及间接得出的空驶率, 得到各市指标值如下表:

表 1 各市出租车相关指标值

城市	空驶率	万人拥有量	里程利用率
北京	0.32	34	0.68
哈尔滨	0.159	29	0.841
沈阳	0.426	34	0.574
西安	0.3	25	0.7
大连	0.3449	36	0.6551

武汉	0.3098	24	0.6902
成都	0.3212	23.5	0.6788
青岛	0.3549	22	0.6451
济南	0.283	15.5	0.717
厦门	0.28	22.78	0.72
广州	0.2621	32	0.7379
南京	0.346	23.77	0.654
杭州	0.3025	19.6	0.6925
深圳	0.309	10.86	0.691

根据下表，在功效系数评价法中，空驶率，出租车万人拥有量，里程利用率等指标如下图所示（以北京为例）：

表 2 北京市功效评价指标

	空驶率	万人拥有量	里程利用率
指标值	0.32	34	0.68
权重	0.4	0.4	0.2
功效值	1	0.7	0.5

（注：功效值的标准见附表 2。）

根据公式（1），各市出租车供求匹配程度评价指标 R_i 为：

$$R_i = \sum_{j=1}^3 A_j X_{ij}$$

最终得到各市出租车的功效系数表为：

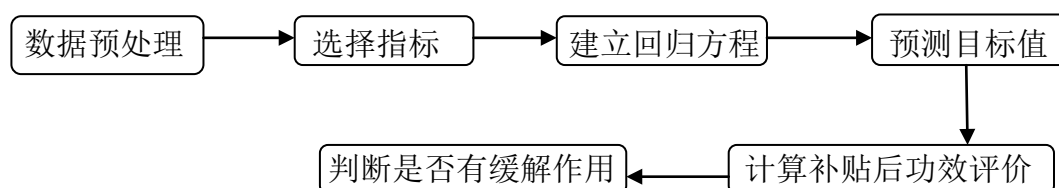
表 3 各市出租车功效系数表

北京	哈尔滨	沈阳	西安	大连	武汉	成都
0.76	0.80	0.66	0.80	0.78	0.90	0.90
青岛	济南	厦门	广州	南京	杭州	深圳
0.80	0.70	0.82	0.70	0.78	0.90	0.6

从表中可以看出不同城市的功能系数评价值是有差别的，且青岛、成都、武汉等较高，说明这几个市的出租车的在供求匹配程度上较高，而沈阳较低，通过分析是因为空驶率较高，空驶的出租车未能及时搭上乘客，资源没有能够很好利用导致供求匹配程度不高。

5.2 问题二模型的建立与求解

由于的数据不能直接得到，因此采取以下步骤进行：



5.2.1 数据无量纲化处理

（1）其次，由于各指标具有不同的量纲，为消除量纲，对各项数据进行无

量纲化，对给定数据进行均值化变换处理。由公式：

$$f(x(k)) = \frac{x(k)}{x_{\max}} = y(k)$$

处理后数据如下表：

表 4 城市出租车供给匹配程度相关指标无量纲化处理数据

出租车万人拥有量	里程利用率	出租车月营业额	主城区人口	2013 年 GDP	主城区出租车拥有量	亿元 GDP 出租车拥有量	出租车单车净月营业额	驾驶员单班月营收
0.9444	0.8086	0.4696	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.5651	0.5334
0.8056	1.0000	0.6141	0.2510	0.2637	0.2146	0.8176	0.5385	0.6000
0.9444	0.6825	0.6141	0.2586	0.3704	0.2581	0.7941	0.8855	0.3150
0.6944	0.8323	0.5186	0.2457	0.2505	0.1818	0.7294	0.6154	0.5334
1.0000	0.7790	0.6128	0.1826	0.3923	0.1940	0.5000	0.4901	0.6372
0.6667	0.8207	0.5732	0.3347	0.4615	0.2346	0.5000	0.9692	0.4267
0.6528	0.8071	0.6444	0.2708	0.4671	0.2235	0.4824	0.5244	0.6135
0.6111	0.7671	0.6262	0.2323	0.4106	0.1503	0.4706	0.7425	0.5737
0.4306	0.8526	0.4094	0.2631	0.2682	0.1207	0.4529	0.3590	0.6000
0.6328	0.8561	0.9338	0.0993	0.1548	0.0670	0.4353	0.7692	1.0000
0.8889	0.8774	0.7465	0.3171	0.7755	0.3046	0.3824	1.0000	0.6000
0.6603	0.7776	0.5758	0.2290	0.4249	0.1610	0.3824	0.4658	0.6791
0.5444	0.8234	0.8143	0.2309	0.4279	0.1339	0.3235	0.7390	0.7271
0.3017	0.8216	1.0000	0.5339	0.7436	0.1715	0.2324	0.7590	0.9868
0.5556	0.8086	0.7097	0.1154	0.3656	0.0694	0.1912	0.6154	0.8001

5.2.2 灰色关联度模型的建立

为了确立与里程利用率和万人拥有量相关程度较高的指标，运用灰色关联度思想求出其余 7 项指标分别与里程利用率、万人拥有量的灰色关联度，取关联度最大的前两项来研究与里程利用率及万人拥有量的关系。

(1) 选取参考数列

将出租车万人拥有量作为原始数据列：

$$X_0 = \{X_0(t), t=1, 2, \dots, n\},$$

将出租车供给匹配程度 7 个相关评价指标作为比较数据列：

$$X_i = \{X_i(t), t=1, 2, \dots, n\}$$

(2) 对 X_0, X_i 作一次累减：

$$y_i(t+1) = X_i(t+1) - X_i(t)$$

$$y_0(t+1) = X_0(t+1) - X_0(t) \quad (t=1, 2, \dots, n-1)$$

(3) 计算相对变化率 v ：

$$v_i(t+1) = \frac{y_i(t+1)}{\bar{X}_i}, \quad \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_i(t)$$

$$v_0(t+1) = \frac{y_0(t+1)}{\bar{X}_0}, \quad \bar{X}_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_0(t)$$

(4) 计算 X_0 与 X_i 之间关联度 r_i :

$$r = \sum_{k=1}^n w_k \cdot \xi(k)$$

分析里程利用率与 7 项指标的关联度与上述步骤一致。

5.2.3 模型的求解

采用灰色关联度模型，分析万人拥有量和里程利用率与 7 项指标的关联程度，运用 MATLAB 软件编程（见程序 7、8）得到出租车万人拥有量和里程利用率与 7 项指标关联程度的关联度值及其排序如下表：

表 5 出租车各指标与里程利用率水平关联度值排序

	出租车 月营业 额	主城区 人口	2013 年 GDP	主城区 出租车 拥有量	亿元 GDP 出租车拥 有量	单车净 月营业 额	驾驶员 单班 月营收
关联度	0.7083	0.4436	0.5426	0.4111	0.5682	0.6916	0.6789
排名	1	6	5	7	4	2	3

根据表 5、6 的各指标关联程度值排序，选取影响出租车里程利用率的前 2 项作为可行的评价指标，主要指标为出租车月营业额和出租车单车净月营业额。

表 6 出租车各指标与万人拥有量水平关联度值排序

	出租车 月营业 额（元）	主城区 人口 （万）	2013 年 GDP（亿）	主城区 出租车 拥有量	亿元 GDP 出租车 拥有量	单车 净月营 业额 （元）	驾驶员 单班月 营收 （元）
关联度	0.7117	0.5311	0.6236	0.5068	0.7354	0.7115	0.6619
排名	2	6	5	7	1	3	4

选取影响万人拥有量的前 2 项指标作为可行的评价指标，主要指标为亿元 GDP 出租车拥有量和出租车月营业额。

根据回归分析模型得出方程：

(1) 设二元线性回归方程为： $y_1 = \beta_0 x_1 + \beta_1 x_2 + \varepsilon$ ；

$$y_2 = \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon,$$

（ x_1 为亿元 GDP 出租车拥有量， x_2 为出租车月营业额， x_3 为出租车单车净月营业额），其中， β_0, β_1 为回归系数， ε 为随机误差项。

(2) 由以上根据关联度值排序选取的三个评价指标数据及设立的二元线性回归方程，运用 MATLAB 编程（见程序 9、10）求得回归系数及随机误差项并拟合回归得到出租车万人拥有量与可行评价指标的关系式：

$$y_1 = 14.3562 + 6.0151x_1 - 0.0191x_2 \quad (2)$$

出租车的里程利用率与可行评价指标的关系式：

$$y_2 = 0.6923 + 0.0182x_2 - 0.0351x_3 \quad (3)$$

5.2.4 补贴后功效系数及综合评价指数的计算

(1) 通过滴滴打车及快的打车官网搜集所得数据，得到两个公司的出租车补贴方案，见附表 3、4。

(2) 通过中国经济网收集得到 2014 年出租车实行补贴方案后年各个城市的出租车运营收入及亿元 GDP 出租车拥有量数据，本文选取北京、青岛、深圳三个城市的出租车运营收入及亿元 GDP 出租车拥有量。

表 7 2014 年各城市出租车指标相关数据

	亿元 GDP 出租车拥有量	月营业额（元）	单车净月营业额（元）
北京	3.6	18560	12136
青岛	1.7	24125	15120
深圳	0.84	39463	15895

(3) 利用公式 2、3, 通过 MATLAB 编程（见附录程序 11、12）计算出补贴后万人拥有量和里程利用率的预测值分别为 y_1 、 y_2 ，如下表：

表 8 2014 年三城市出租车补贴后指标预测数据

	万人拥有量	里程利用率
北京	34.1	0.6835
青岛	22.1	0.6831
深圳	10.9	0.7083

表 9 2013 年三城市出租车未实施补贴方案的指标值

	万人拥有量	里程利用率
北京	34	0.68
青岛	22	0.6451
深圳	10.86	0.691

由以上两表可得，2014 年出租车实施补贴方案后三城市的万人拥有量及里程利用率指标数据均增大，说明实施补贴方案对万人拥有量及里程利用率有影响，进而说明对打车难问题亦有影响。

再次，根据问题一中采用的功效系数法，根据所求得的里程利用率、万人拥有量及空驶率，得到功效系数及供求情况的最终评价值如下：

表 10 2014 年出租车实施补贴方案后的指标预测值

城市	空驶率	出租车万人拥有量	里程利用率
北京	0.3165	34.1	0.6835
青岛	0.3169	22.1	0.6831
深圳	0.2917	10.9	0.7083

根据下表，在功效系数评价法中，空驶率，出租车万人拥有量，里程利用率等指标如下图所示

表 11 北京市功效评价指标

	空驶率	万人拥有量	里程利用率
指标值	0.3165	34.1	0.6835
权重	0.4	0.4	0.2
功效值	1	0.7	0.5

表 12 青岛市功效评价指标

	空驶率	万人拥有量	里程利用率
指标值	0.3169	22.1	0.6831
权重	0.4	0.4	0.2
功效值	1	1	0.5

表 13 深圳市功效评价指标

	空驶率	万人拥有量	里程利用率
指标值	0.2917	10.9	0.7083
权重	0.4	0.4	0.2
功效值	0.7	0.7	0.7

根据公式 (1)，各市出租车供求匹配程度评价指标 R_i 为：

$$R_i = \sum_{j=1}^3 A_j X_{ij}$$

最终得到实施出租车补贴方案后三城市出租车匹配程度的功效系数表如下：

表 14 三市出租车功效评价表

北京	青岛	深圳
0.78	0.9	0.7

当 R_k 的值为 $(0.6, 0.8]$ 时，可以认为评估对象为中；当 R_k 的值为 $(0.8, 1]$ 时，可以认为评估对象为好。

由此三个城市实施补贴方案前后的功效评价值得提高，说明实施补贴之后对出租车的运力功效起着促进的作用，其中该补贴对青岛市打车难问题的缓解作用较为明显，北京、深圳的功效评价值虽然有所提升，不过按照标准，其供求匹配程度仍然有待改进。可能原因是北京、深圳的道路交通状况比较饱和，通过补贴的手段还不足以扭转打车难的局面。

5.2.5 显著性检验

为了进一步说明各公司的出租车补贴方案是否对“缓解打车难”有帮助，根据滴滴打车日均订单增长曲线（见附录图 1、2）及一定期间内推行的返现补贴方案，本文运用 t 检验法。

为了研究期间返现数量及日均订单量（万）之间有无显著影响，根据以上网络搜索数据可得，自 1 月 10 日至 3 月 27 日，滴滴打车推出补贴方案。期间返现数量及日均订单量（万）如下表所示：

表 15 滴滴打车返现数量及日均订单量（万）情况

时间	1 月 10 日	2 月 9 日	2 月 24 日	3 月 27 日
返现	10	10	12—20	3—5
日均订单量（万）	35	183	316	521.83

t 检验步骤如下：

(1) 第一步，建立原假设： $H_0: \mu_1 = \mu_2$

(2) 第二步计算 t 值：

$$(3) \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2 - 2\gamma\sigma_{x_1}\sigma_{x_2}}{n-1}}} = \frac{263 - 8.75}{\sqrt{\frac{263^2 + 8.75^2 - 2 \times 263 \times 8.75}{4-1}}} \approx 1.7$$

(4) 第三步，判断。以 0.05 为显著性水平，根据自由度等于 3，查 t 分布表得 $t(3)_{0.05} = 2.3534$ ，由于实际计算出来的 $|t| = 1.7 < 2.3534 = t(3)_{0.05}$ ，故接受原假设，说明滴滴打车返现数量及日均订单量（万）显著性差异性不明显。即从侧面反映出出租车补贴方案对缓解打车难有帮助。

5.3 问题三的模型的建立与求解

5.3.1 里程优化法

问题三中，需要创建一个新的打车软件服务平台要求设计补贴方案并论证其合理性。首先根据从青岛汽车网查询所得数据，得出青岛市区出租车燃料以天然气为主每百公里烧气 L 为 10 立方米，天然气的价格 C 为 4.28 元/立方米，可得每公里消费 S 为：

$$S_1 = L \times P \div 100 = 0.428 \text{ 元}$$

设出租车司机接单后空驶距离为 d_1 ，载客距离为 d_2 ，我们了解到青岛市出租车价格的起步价为 9 元（3 公里以内），3 公里以外计价 1.4 元/千米。由此可知乘客打出租车的价格为：

$$P = \begin{cases} 9 & d_2 \leq 3 \\ 9 + 1.4 \times (d_2 - 3) & d_2 > 3 \end{cases}$$

不考虑补贴，如果乘客使用打车软件打车，出租车司机的盈利 S 为

$$S = \begin{cases} 9 - 0.428(d_1 + d_2) & d_2 \leq 3 \\ 9 + 1.4 \times (d_2 - 3) - 0.428(d_1 + d_2) & d_2 > 3 \end{cases}$$

若出租车司机不盈不亏，即 $S = 0$ ，可得

$$d_1 = \begin{cases} 21.03 - d_2 & d_2 \leq 3 \\ 11.21 + 2.271d_2 & d_2 > 3 \end{cases}$$

当载客距离在 3 公里以内，出租车司机空驶大于 18.03km，司机是亏损的；当载客距离大于 3 公里时，可知司机空驶大于下表距离时，是亏损的。如下图：

表 16 补贴前盈亏临界点

d_2	3	5	10	15	20
d_1	18.03	22.56	33.92	45.28	56.63

（注：出租车司机接单后空驶距离为 d_1 ，载客距离为 d_2 ）

故根据以上分析便可作出设计补贴方案：

- (1) 若出租车接单空驶距离在 (5,10) 之间, 则补贴 1 元。
- (2) 若出租车接单空驶距离在 (10,20) 之间, 则补贴 2 元。
- (3) 若出租车接单空驶距离在 (20,30) 之间, 则补贴 5 元。
- (4) 若出租车接单空驶距离在 (30,50) 之间, 则补贴 8 元。
- (5) 若出租车接单空驶距离在 50 公里以上, 则按照增加公里数每公里补贴 0.1 元。

5.3.2 验证补贴方案的合理性

本文基于出租车行驶里程、载客距离及空驶距离的数据分析, 可知, 空驶距离越远, 司机的积极性越低, 侧面反映出出租车供需匹配不均衡。选取出租车接单空驶距离超过 5km 的临界值距离, 即分别为 5km, 10km, 20km, 30km, 50, km。打车软件服务平台为提高出租车司机积极性据此设计出补贴方案, 即分别补贴 1 元, 2 元, 5 元, 8 元及按照增加公里数每公里补贴 0.1 元。

考虑补贴, 当载客距离小于 3km, 如果乘客使用打车软件打车, 出租车司机的盈利 S 为:

$$S = \begin{cases} 9-0.428(d_1+d_2) & d_1 \leq 5, d_2 \leq 3 \\ 10-0.428(d_1+d_2) & 5 < d_1 \leq 10, d_2 \leq 3 \\ 11-0.428(d_1+d_2) & 10 < d_1 \leq 20, d_2 \leq 3 \\ 14-0.428(d_1+d_2) & 20 < d_1 \leq 30, d_2 \leq 3 \\ 17-0.428(d_1+d_2) & 30 < d_1 \leq 50, d_2 \leq 3 \\ 0.1d_1-0.428(d_1+d_2)+12 & d_1 > 50, d_2 \leq 3 \end{cases}$$

当载客距离大于 3km, 如果乘客使用打车软件打车, 出租车司机的盈利 S 为

$$S = \begin{cases} 4.8-0.428d_1+0.972d_2 & d_1 \leq 5, d_2 \leq 3 \\ 5.8-0.428d_1+0.972d_2 & 5 < d_1 \leq 10, d_2 \leq 3 \\ 6.8-0.428d_1+0.972d_2 & 10 < d_1 \leq 20, d_2 \leq 3 \\ 9.8-0.428d_1+0.972d_2 & 20 < d_1 \leq 30, d_2 \leq 3 \\ 12.8-0.428d_1+0.972d_2 & 30 < d_1 \leq 50, d_2 \leq 3 \\ -0.428d_1+1.172d_2-0.2 & d_1 > 50, d_2 \leq 3 \end{cases}$$

可知当载客距离在 3 公里以内, 出租车司机空驶大于 29.7km, 司机是亏损的; 当载客距离大于 3 公里时, 可知司机空驶大于下表距离时, 是亏损的。如下图:

表 17 补贴后盈亏临界点

d_2	3	5	10	15	20
d_1	29.7	41.26	52.62	58.76	69.08

由以上分析可知, 若打车软件服务平台推行本文设计的补贴方案, 对出租车司机来说, 由于对其出租车空驶距离进行分里程路段补贴, 使得出租车运营范围大大拓展, 盈利额大大增加, 因而会提高出租车司机的满意度; 对乘客来说, 出租车的行驶里程拓宽, 会减少乘客等待时间, 提高乘客满意度。所以, 本文设计的出租车补贴方案是相对合理的。

6 模型评价与改进

模型优点：

(1) 本文根据从苍穹平台及国家统计局官网搜集的数据，运用大量真实可靠数据与模型相结合，做到定量与定性分析结合。

(2) 本文运用功效系数法来评价出租车供求匹配规模的合理程度，是本文的一个创新之处。

(3) 本文问题二除运用灰色关联度、回归方程及功效系数法分析各公司的出租车补贴方案是否对“缓解打车难”有帮助，在此基础上又运用显著性检验进一步分析这一问题。

(4) 本文问题三提出了出租车合理的补贴方案，为相关部门分析或研究提供了参考依据。

模型缺点：

(1) 本文问题二中三项指标权重的确定是参考已有文献得到的，本文未做出具体分析。

(2) 本文问题二中根据 2013 年出租车未实施补贴方案的指标值运用回归分析预测得出 2014 年出租车实施补贴方案后的指标值，预测值与真实值存在出入问题，且数据不能实时反映出租车实施补贴方案后的情况。

(3) 由于时间与篇幅的限制，未对模型的实际有效性作出相应的检验。

模型的改进：

(1) 由于本文问题二中三项指标权重的确定是参考已有文献得到的，本文未做出具体分析。这会使本文问题二的分析说服力下降，这也是本文需要改进之处。

(2) 本文问题二中 2014 年出租车实施补贴方案后的指标值是有预测得出，预测值与真实值存在出入问题，且数据不能实时反映出租车实施补贴方案后的情况。若能够从权威网站上搜索得到 2014 年或者 2015 年出租车实施补贴方案后的指标值，则数据会更加真实可靠，所得出的结论将更具说服力和可靠性。

(3) 本文未对模型的实际有效性作出相应的检验，若能够实际检验本文模型的有效性，则所得出的结论将更具说服力和可靠性。

参考文献

- [1]胡小文,冯均佳,基于 GPS 数据采集的出租汽车交通运行特点研究,城市交通,2007。
- [2]刘鸿婷,出租车运力规模与优化研究,大连理工大学硕士学位论文,2011。
- [3]关金平,朱竑,基于 FCD 的出租车空驶时空特性及成因研究,中山大学学报(自然科学版),49(1):30-32,2009。
- [4]韩彪,交通经济论—城市交通理论、政策与实践,北京:经济管理出版社,2010。
- [5]许庆斌,荣朝和,马运,等,运输经济学导论,北京:中国铁道出版社,2003。
- [6]罗瑞高,史峰,考虑需求分布影响的城市出租车运营平衡模型,铁路科学与工程学报,6(1):87-90,2009。
- [7]滴滴快的智能出行平台,<http://v.kuaidadi.com/>,2015 年 9 月 11 日。

附 录 一

程 序

程序1：北京10:00-10:30出租车分布图

```
clc, clear
A=[116.4577, 39.9597, 229;116.3875, 39.9757, 205;...
116.4928, 9.9213, 205;116.4681, 39.9534, 202;...
116.4769, 39.9215, 202;116.4761, 39.9593, 194;...
116.6517, 40.1477, 25;117.1049, 40.1461, 25;...
116.2426, 39.887, 16;116.5713, 40.0236, 16;...
116.2902, 40.0844, 16;116.328, 39.7945, 16;...
117.1108, 40.1361, 16;116.6279, 40.1468, 16;...
116.2426, 39.887, 16;116.5713, 40.0236, 16;...
116.2902, 40.0844, 16;116.328, 39.7945, 16;...
117.1108, 40.1361, 16;116.6279, 40.1468, 16;...
116.5317, 39.8177, 13;116.676, 40.3722, 13;...
116.6804, 40.1591, 13;116.4398, 40.0822, 13;...
116.143, 39.7199, 13;116.4372, 40.0747, 13;...
116.518, 39.8116, 13;116.3691, 40.1245, 13;...
116.6406, 40.0862, 13;116.7749, 39.9435, 13;...
117.1053, 40.1668, 13;116.3565, 40.0757, 13;...
116.782, 39.8366, 13;117.1245, 40.1777, 13;...
116.4157, 40.1046, 13;116.6492, 39.8724, 24;...
116.1431, 39.7524, 24;116.5725, 40.0947, 24;...
116.5432, 39.9463, 24;116.4402, 39.8399, 24;...
116.4179, 39.861, 24;116.5528, 39.9364, 22;...
116.3378, 40.0101, 22;116.4376, 39.9214, 92;...
116.3208, 39.9919, 101;116.4864, 39.9695, 112;...
116.3476, 39.945, 135;116.4864, 39.9158, 161];
x=A(:, 1);%取第一行
y=A(:, 2);
z=A(:, 3);
xlabel('经度');
ylabel('纬度');
zlabel('车辆数');
title('北京10点出租车分布图');
```

程序2：北京10:00-10:30出租车需求图

```
clc, clear
```



```

A=[116.5614,40.0736,40;116.2721,40.1387,12;...
116.4545,39.9466,84;116.541,39.9728,65;...
116.4048,39.9588,102;116.5498,39.7458,18;...
116.4947,39.9061,118;116.473,39.9887,37;...
116.0955,39.9477,10;116.3645,39.8894,52;...
116.38,40.0221,73;116.3218,40.0858,52;...
116.4663,39.8714,44;117.101,40.1518,9;...
116.3945,39.9857,41;116.4492,39.9295,50;...
116.2983,39.9287,28;116.4244,40.1128,29;...
116.4971,40.0647,10;116.3149,40.0228,10;...
116.3394,39.9985,18;116.5695,40.0231,8;...
116.711,40.3434,16;116.5756,39.9121,30;...
116.1919,39.9326,25;116.287,39.9175,40;...
116.2724,39.9253,42];
x=A(:,1);
y=A(:,2);
z=A(:,3);
xlabel('经度');
ylabel('纬度');
zlabel('车辆数');
title('北京10点出租车需求图');
stem3(x,y,z);

```

程序3：北京18:00-18:30出租车分布图

```

clc,clear
A=[116.5944,40.0777,52;116.4744,39.9787,52;...
116.4732,39.907,51;116.5022,40.0065,51;...
116.2852,39.9018,39;116.3212,39.897,39;...
116.4922,39.9345,33;116.4926,39.9606,33;...
116.4666,39.8889,44;116.4372,39.9534,43;...
116.5943,39.9593,15;115.9786,40.4722,17;...
116.475,39.9934,17;116.6061,40.1537,16;...
116.3478,39.9549,16;116.4977,39.7959,13;...
116.2318,40.2233,13;116.4154,39.9042,12;...
116.2426,40.2006,12;116.435,39.9689,11;...
116.6834,40.1348,11;116.6436,40.028,6;...
116.6162,39.9096,6;116.5539,39.8729,5;...
116.2641,40.1289,5;115.9991,40.4661,15;...
116.3851,39.9571,26;116.4208,39.958,26;...
116.6155,40.0393,26;116.638,39.9097,7;...
116.6735,40.0382,7;116.7184,39.869,7;...
116.3261,39.684,7;116.2518,40.0797,7;...
116.3,40.1012,7;116.672,39.948,5;...
116.3296,40.0279,5;116.2317,40.0497,5;...
116.8399,40.3945,13;116.3077,39.949,16;...

```

```

116. 7177, 39. 5249, 16;116. 3017, 40. 0419, 13;...
116. 4349, 39. 9152, 37;116. 3161, 39. 8891, 37;...
116. 5947, 40. 0589, 37;116. 5755, 40. 0396, 48;...
116. 8631, 40. 3911, 90;116. 6664, 39. 8905, 48;...
116. 8432, 40. 3847, 94;116. 8707, 40. 3827, 90];
x=A(:, 1);
y=A(:, 2);
z=A(:, 3);
xlabel(' 经度');
ylabel(' 纬度');
zlabel(' 车辆数');
title(' 北京18点出租车分布图');
stem3(x, y, z);

```

程序4：北京18:00-18:30出租车需求图

```

clc, clear
A=[116. 3821, 39. 9495, 125;116. 2453, 39. 839, 10;...
116. 2711, 40. 2283, 64;116. 3269, 39. 952, 190;...
116. 6629, 40. 2203, 12;116. 3598, 39. 8959, 190;...
116. 5102, 39. 8072, 12;116. 5495, 39. 8719, 8;...
116. 2842, 40. 0162, 77;116. 4068, 39. 8874, 49;...
116. 6233, 40. 1283, 12;116. 2094, 39. 9488, 18;...
116. 5284, 39. 8088, 18;116. 4149, 39. 9353, 70;...
116. 5838, 39. 7472, 13;116. 3461, 39. 7488, 85;...
116. 5143, 39. 9651, 22;116. 4671, 39. 9196, 32;...
116. 377, 39. 93, 8;116. 7106, 39. 8949, 50;...
116. 813, 40. 3592, 14;116. 6433, 40. 3187, 389;...
116. 65, 39. 8972, 85;116. 6054, 39. 9301, 17;...
116. 1902, 39. 9465, 8;116. 3736, 39. 9691, 166;...
116. 4305, 39. 9965, 29;115. 9948, 40. 4752, 18;...
116. 3847, 40. 0689, 9;116. 3381, 39. 7756, 84;...
116. 8668, 40. 4023, 125;116. 22, 40. 2205, 25;...
116. 6869, 39. 9341, 38;116. 5131, 39. 9027, 70;...
116. 5378, 39. 8993, 33;116. 6467, 40. 3688, 9;...
116. 3188, 40. 0353, 41;116. 2574, 40. 1281, 8;...
116. 3267, 39. 8237, 12;116. 8008, 40. 3793, 22;...
116. 3013, 39. 916, 46;116. 1487, 39. 7299, 17;...
116. 4416, 39. 9058, 28;116. 5566, 39. 9155, 14;...
116. 7083, 40. 1059, 12;116. 6447, 39. 9076, 134;...
116. 5996, 40. 0855, 69;116. 3053, 39. 9281, 110;...
115. 7253, 39. 5754, 12;116. 5026, 39. 7968, 33;...
116. 4887, 39. 9395, 46;116. 2732, 39. 8182, 12;...
116. 5322, 39. 9479, 22;116. 5192, 39. 7585, 14;...
116. 7028, 40. 3753, 8;116. 175, 39. 7387, 17;...
116. 3163, 39. 9146, 72;116. 431, 39. 9868, 72;...

```

```

116. 6433, 40. 1323, 28;116. 4593, 39. 9501, 34;...
116. 8818, 40. 3977, 12;116. 2754, 40. 0305, 20;...
116. 4788, 39. 8514, 38;116. 2758, 39. 8812, 9;...
116. 4886, 39. 8051, 33;116. 4686, 39. 9303, 18;...
116. 233, 40. 2358, 28;116. 3664, 39. 9058, 12;...
116. 684, 39. 9099, 169;115. 9842, 40. 4696, 76;...
116. 4986, 40. 1374, 13;116. 512, 39. 9854, 80;...
116. 2985, 39. 9655, 37;116. 2553, 39. 8813, 12;...
116. 3314, 40. 0929, 16;116. 5644, 40. 1081, 18;...
116. 8407, 40. 3595, 8;116. 1609, 39. 7291, 14;...
116. 1214, 39. 7612, 10;116. 3593, 40. 0068, 50;...
116. 4373, 39. 9166, 257;116. 4323, 40. 0389, 21;...
116. 6915, 40. 1157, 50;116. 3394, 40. 0025, 213;...
116. 3461, 39. 7386, 13;116. 3478, 39. 9289, 85;...
116. 4799, 39. 9146, 146;116. 4928, 39. 9703, 25;...
116. 3525, 40. 0733, 20;116. 6468, 39. 8445, 16];
x=A(:, 1);
y=A(:, 2);
z=A(:, 3);
xlabel('经度');
ylabel('纬度');
zlabel('车辆数');
title('北京18点出租车需求图');
stem3(x, y, z);

```

程序5：北京00:00-00:30出租车分布图

```

clc, clear
A=[116. 4061, 39. 9491, 37;116. 6645, 39. 9112, 10;...
116. 2924, 40. 2559, 6;116. 689, 40. 2963, 5;...
116. 5235, 39. 9404, 21;116. 2765, 39. 8899, 28;...
116. 5034, 39. 9618, 13;116. 2752, 40. 1231, 5;...
116. 7243, 40. 3277, 8;116. 3451, 39. 8556, 6;...
116. 4555, 39. 8992, 28;116. 8491, 40. 3968, 4;...
116. 4661, 39. 8163, 37;116. 5269, 39. 9514, 14;...
116. 4588, 39. 9689, 36;116. 3747, 39. 8802, 16;...
116. 4182, 40. 1328, 5;116. 6503, 39. 8986, 38;...
116. 3259, 39. 9141, 57;116. 4345, 40. 0705, 24;...
116. 2903, 40. 0503, 44;116. 3107, 39. 9506, 14;...
116. 8243, 40. 398, 6;116. 5031, 39. 8482, 4;...
116. 2469, 39. 9098, 30;116. 1853, 39. 934, 30;...
116. 4446, 39. 9888, 26;116. 4514, 39. 8646, 14;...
116. 4392, 39. 8721, 22;116. 4132, 39. 9697, 54;...
116. 6472, 40. 3502, 6;116. 3023, 40. 0499, 22;...
116. 3783, 39. 8954, 17;116. 4311, 39. 9868, 89;...
116. 2844, 40. 1766, 9;116. 6816, 39. 9147, 8;...

```

```

116. 3603, 39. 8804, 17;116. 3734, 39. 7566, 26;...
116. 4037, 39. 7985, 36;116. 3709, 40. 0616, 6;...
116. 247, 40. 2188, 33;116. 3597, 40. 1223, 10;...
116. 3084, 40. 0935, 4;116. 6312, 40. 3264, 20;...
116. 375, 40. 1108, 10;116. 6773, 39. 9002, 22;...
116. 2717, 40. 0079, 6;116. 3369, 39. 7405, 6;...
116. 3508, 40. 0491, 18;116. 6557, 39. 8455, 10;...
116. 1428, 39. 7364, 9;116. 4708, 39. 9831, 25;...
116. 8306, 40. 3792, 97;116. 6481, 40. 3228, 37;...
116. 5779, 39. 8945, 4;116. 5029, 39. 8156, 46;...
116. 3874, 39. 9982, 56;116. 2406, 39. 9811, 6;...
116. 3108, 40. 1572, 6;116. 343, 39. 7323, 33;...
116. 6576, 39. 882, 20;116. 3106, 40. 0826, 12;...
116. 5958, 40. 067, 16;116. 7017, 40. 3537, 4];
x=A(:, 1);
y=A(:, 2);
z=A(:, 3);
xlabel(' 经度 ');
ylabel(' 纬度 ');
zlabel(' 车辆数 ');
title(' 北京24点出租车分布图 ');
stem3(x, y, z);

```

程序6：北京00:00-00:30出租车需求图

```

clc, clear
A=[116. 4061, 39. 9491, 37;116. 6645, 39. 9112, 10;...
116. 2924, 40. 2559, 6;116. 689, 40. 2963, 5;...
116. 5235, 39. 9404, 21;116. 2765, 39. 8899, 28;...
116. 5034, 39. 9618, 13;116. 2752, 40. 1231, 5;...
116. 7243, 40. 3277, 8;116. 3451, 39. 8556, 6;...
116. 4555, 39. 8992, 28;116. 8491, 40. 3968, 4;...
116. 4661, 39. 8163, 37;116. 5269, 39. 9514, 14;...
116. 4588, 39. 9689, 36;116. 3747, 39. 8802, 16;...
116. 4182, 40. 1328, 5;116. 6503, 39. 8986, 38;...
116. 3259, 39. 9141, 57;116. 4345, 40. 0705, 24;...
116. 2903, 40. 0503, 44;116. 3107, 39. 9506, 14;...
116. 8243, 40. 398, 6;116. 5031, 39. 8482, 4;...
116. 2469, 39. 9098, 30;116. 1853, 39. 934, 30;...
116. 4446, 39. 9888, 26;116. 4514, 39. 8646, 14;...
116. 4392, 39. 8721, 22;116. 4132, 39. 9697, 54;...
116. 6472, 40. 3502, 6;116. 3023, 40. 0499, 22;...
116. 3783, 39. 8954, 17;116. 4311, 39. 9868, 89;...
116. 2844, 40. 1766, 9;116. 6816, 39. 9147, 8;...
116. 3603, 39. 8804, 17;116. 3734, 39. 7566, 26;...
116. 4037, 39. 7985, 36;...116. 3709, 40. 0616, 6;...

```

```

116. 247, 40. 2188, 33;116. 3597, 40. 1223, 10;...
116. 3084, 40. 0935, 4;116. 6312, 40. 3264, 20;...
116. 375, 40. 1108, 10;...116. 6773, 39. 9002, 22;...
116. 2717, 40. 0079, 6;116. 3369, 39. 7405, 6;...
116. 3508, 40. 0491, 18;116. 6557, 39. 8455, 10;...
116. 1428, 39. 7364, 9;116. 4708, 39. 9831, 25;...
116. 8306, 40. 3792, 97;116. 6481, 40. 3228, 37;...
116. 5779, 39. 8945, 4;116. 5029, 39. 8156, 46;...
116. 3874, 39. 9982, 56;116. 2406, 39. 9811, 6;...
116. 3108, 40. 1572, 6;116. 343, 39. 7323, 33;...
116. 6576, 39. 882, 20;116. 3106, 40. 0826, 12;...
116. 5958, 40. 067, 16;116. 7017, 40. 3537, 4];
x=A(:, 1);
y=A(:, 2);
z=A(:, 3);
xlabel(' 经度');
ylabel(' 纬度');
zlabel(' 车辆数');
title(' 北京24点出租车需求图');
stem3(x, y, z);

```

程序7：各指标对出租车万人拥有量关联度

```

clc, clear
A=[34 0.6800 17205 1972 19500.6 66646 3.4 11020.15 4000;
29 0.8410 22500 495 5141.5 14300 2.78 10500 4500;
34 0.5740 22500 510 7223.7 17200 2.7 17268 2362.27;
25 0.7000 19000 484.6 4884.1 12115 2.48 12000 4000;
36 0.6551 22451.1 360 7650.80 12929 1.7 9557.7 4778.85;
24 0.6902 21000 660 9000 15637 1.7 18900 3200;
23.5 0.6788 23610 533.96 9108.89 14898 1.64 10225 4601;
22 0.6451 22943 458 8006.6 10018 1.6 14478.3 4302.75;
15.5 0.7170 15000 518.9 5230.19 8043 1.54 7000 4500;
22.78 0.7200 34211.91 195.87 3018.16 4462 1.48 14998.79 7499.39;
32 0.7379 27350 625.33 15123 20300 1.3 19500 4500;
23.77 0.6540 21094.5 451.49 8286 10732 1.3 9084 5093;
19.6 0.6925 29834 455.426 8343.52 8923 1.1 14411 5453;
10.86 0.6910 36636.3 1052.76 14500.23 11433 0.79 14800.82 7400.41;
20 0.6800 26000 227.6 7128.9 4627 0.65 12000 6000];
X=A';%数据标准化
for i=1:9
    X(i,:)=X(i,:)/max(X(i,:))
end
n=size(X, 1);
a=X(1, :);n1=size(a, 1);
b=X(3:n, :);n2=size(b, 1);

```

```

for i=1:n1
    for j=1:n2
        t(j,:)=b(j,:)-a(1,:);
    end
    c1=min(min(abs(t')));c2=max(max(abs(t')));
    rho=0.5;
    k=(c1+rho*c2)./(abs(t)+rho*c2);
    rt=sum(k')/size(k,2);
    r(i,:)=rt;
end
r
[rs,rind]=sort(r,'descend');%对关联度进行排序

```

程序8：各指标对出租车里程利用率关联度

```

clc,clear
A=[34 0.6800 17205 1972 19500.6 66646 3.4 11020.15 4000;
29 0.8410 22500 495 5141.5 14300 2.78 10500 4500;
34 0.5740 22500 510 7223.7 17200 2.7 17268 2362.27;
25 0.7000 19000 484.6 4884.1 12115 2.48 12000 4000;
36 0.6551 22451.1 360 7650.80 12929 1.7 9557.7 4778.85;
24 0.6902 21000 660 9000 15637 1.7 18900 3200;
23.5 0.6788 23610 533.96 9108.89 14898 1.64 10225 4601;
22 0.6451 22943 458 8006.6 10018 1.6 14478.3 4302.75;
15.5 0.7170 15000 518.9 5230.19 8043 1.54 7000 4500;
22.78 0.7200 34211.91 195.87 3018.16 4462 1.48 14998.79 7499.39;
32 0.7379 27350 625.33 15123 20300 1.3 19500 4500;
23.77 0.6540 21094.5 451.49 8286 10732 1.3 9084 5093;
19.6 0.6925 29834 455.426 8343.52 8923 1.1 14411 5453;
10.86 0.6910 36636.3 1052.76 14500.23 11433 0.79 14800.82 7400.41;
20 0.6800 26000 227.6 7128.9 4627 0.65 12000 6000];
X=A';
for i=1:9
    X(i,:)=X(i,)/max(X(i,:))
end
n=size(X,1);
a=X(2,:);n1=size(a,1);
b=X(3:n,:);n2=size(b,1);
for i=1:n1
    for j=1:n2
        t(j,:)=b(j,:)-a(1,:);
    end
    c1=min(min(abs(t')));c2=max(max(abs(t')));
    rho=0.5;
    k=(c1+rho*c2)./(abs(t)+rho*c2);
    rt=sum(k')/size(k,2);

```

```

    r(i,:)=rt;
end
r
[rs,rind]=sort(r,'descend');

```

程序9：出租车万人拥有量线性回归

```

clc,clear
Y=[34 29 34 25 36 24 23.5 22 15.5 22.78 32 23.77 19.6 10.86 20]';
X=[0.6800 1.7205;0.8410 2.2500;0.5740 2.2500;0.7000 1.9000;...
0.6551 2.24511;0.6902 2.1000;0.6788 2.3610;0.6451 2.2943;...
0.7170 1.5000;0.7200 3.421191;0.7379 2.7350;0.6540 2.10945...
0.6925 2.9834;0.6910 3.66363;0.6800 2.6000];
Z=[ones(15,1),X];
b=regress(Y,Z);

```

程序10：出租车里程利用率线性回归

```

clc,clear
Y=[0.6800 0.8410 0.5740 0.7000 0.6551 0.6902 0.6788 0.6451...
0.7170 0.7200 0.7379 0.6540 0.6925 0.6910 0.6800]';
X=[1.7205 2.2500 2.2500 1.9000 2.2451 2.1000 2.3610 2.2943... 1.5000
3.4212 2.7350 2.1095 2.9834 3.6636 2.6000;1.1020...
1.0500 1.7268 1.2000 0.9558 1.8900 1.0225 1.4478 0.7000...
1.4999 1.9500 0.9084 1.4411 1.4801 1.2000]';
Z=[ones(15,1),X];
b=regress(Y,Z)

```

程序11：补贴后出租车万人拥有量预测

```

clc,clear
X=[3.6 1.7 0.48;1.856 2.4125 3.9463]';
B=[6.0151 -0.0191]';
b=14.3562
y1=b+X*B

```

程序12：补贴后出租车里程利用率预测

```

clc,clear
X=[1.856 2.4125 3.9463;1.2136 1.512 1.5895]';
B=[0.0182 -0.0351]';
b=0.6923
y2=b+X*B

```

附 录 二

表 1 各城市出租车指标值

城市	出租车 月营业额 (元)	里程 利用率	主城区 人口(万)	2013 年 GDP (亿)	主城区 出租车 拥有量	亿元 GDP 出租车 拥有量	出租 车 万人 拥有 量	出租车单 车净月营 业额 (元)	驾驶员单 班月营收 (元)
北京	17205	0.6800	1972	19500.6	66646	3.4	34	11020.15	4000
哈尔滨	22500	0.8410	495	5141.5	14300	2.78	29	10500	4500
沈阳	22500	0.5740	510	7223.7	17200	2.7	34	17268	2362.27
西安	19000	0.7000	484.6	4884.1	12115	2.48	25	12000	4000
大连	22451.1	0.6551	360	7650.80	12929	1.7	36	9557.7	4778.85
武汉	21000	0.6902	660	9000	15637	1.7	24	18900	3200
成都	23610	0.6788	533.96	9108.89	14898	1.64	23.5	10225	4601
青岛	22943	0.6451	458	8006.6	10018	1.6	22	14478.3	4302.75
济南	15000	0.7170	518.9	5230.19	8043	1.54	15.5	7000	4500
厦门	34211.91	0.7200	195.87	3018.16	4462	1.48	22.78	14998.79	7499.39
广州	27350	0.7379	625.33	15123	20300	1.3	32	19500	4500
南京	21094.5	0.6540	451.49	8286	10732	1.3	23.77	9084	5093
杭州	29834	0.6925	455.426	8343.52	8923	1.1	19.6	14411	5453
深圳	36636.3	0.6910	1052.76	14500.23	11433	0.79	10.86	14800.82	7400.41

表 2 功效值评价标准表

指标	权重	指标值	功效系数
道路网密度 (km/km ²)	0.1	7-9	1.0
		6-7	0.8
		5-6	0.7
		4-5	0.6
		0-4	0.5
出租车万人拥有量 (辆/万人)	0.1	0-10	0.5
		10-20	0.7
		20-30	1.0
		30-40	0.7
		>40	0.5
出租车公交出行结构比重	0.1	0.0-0.05	0.5
		0.05-0.1	0.7
		0.1-0.2	1.0
		0.2-0.3	0.7
		0.3-0.1.0	0.5
里程利用率	0.2	>0.8	1
		0.7-0.8	0.7
		<0.7	0.5
		0.0-0.2	0.5
		0.2-0.3	0.7
出租车空载率	0.2	0.3-0.4	1.0
		0.4-0.5	0.7
		0.5-1.0	0.5
		<2.5	1
		2.5-5.0	0.8
乘客等车时间 (min)	0.3	5.0-7.5	0.7
		7.5-10	0.6
		>10	0.5

表 3 滴滴打车补贴明细

日期	补贴政策
2014 年 1 月 10 日	滴滴打车乘客车费立减 10 元、司机立奖 10 元
2014 年 2 月 17 日	滴滴打车乘客返现 10-15 元，新司机首单立奖 50 元
2014 年 2 月 18 日	滴滴打车乘客返现 12 至 20 元
2014 年 3 月 7 日	滴滴打车乘客每单减免随机“6-15 元”
2014 年 3 月 23 日	滴滴打车乘客返现 3-5 元
2014 年 5 月 17 日	打车软件乘客补贴“归零”
2014 年 7 月 9 日	软件司机端补贴降为 2 元/单
2014 年 8 月 12 日	滴滴打车取消对司机接单的常规补贴

表 4 快的打车补贴明细

日期	补贴政策
2014 年 1 月 20 日	快的打车乘客车费返现 10 元，司机奖励 10 元
2014 年 2 月 17 日	快的打车乘客返现 11 元，司机返 5-11 元
2014 年 2 月 18 日	快的打车乘客返现 13 元
2014 年 3 月 4 日	快的打车乘客返现 10 元/单，司机端补贴不变
2014 年 3 月 5 日	快的打车乘客补贴金额变为 5 元
2014 年 5 月 17 日	软件乘客补贴“归零”
2014 年 8 月 9 日	滴滴、快的两大打车软件再出新规，全面取消司

图 1 滴滴打车日均订单增长曲线



图 2 滴滴打车推行返现补贴情况

滴滴打车
1 月 10 日，滴滴打车乘客车费立减 10 元、司机立奖 10 元
2 月 17 日，滴滴打车乘客返现 10-15 元，新司机首单立奖 50 元
2 月 18 日，滴滴打车乘客返现 12 至 20 元
3 月 7 日，滴滴打车乘客每单减免随机“6-15 元”
3 月 23 日，滴滴打车乘客返现 3-5 元
5 月 17 日，打车软件乘客补贴“归零”
7 月 9 日，软件司机端补贴降为 2 元/单
8 月 12 日，滴滴打车取消对司机接单的常规补贴