

项目研究报告

项目组于 2017 年 5 月申请了湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目，项目名称：《“互联网+”时代出租车资源的优化配置和补贴方案的实效分析》，项目编号：HNDC1718，项目指导老师：徐蓉，研究成员：曾胜军、李凯、王心仪、颜孟缇，项目计划研究时间为两年。

1、项目研究背景和目的

目前，很多城市的交通状况正在逐步恶化，一方面，“打车难”成为交通出行的普遍现象；与之相对应的，有些时间段，很多出租车因为在路上载不到乘客而空载，出现“空车跑”的现象。这些空载的情况不仅会提高出租车司机的运营成本、减少收入，而且会给现有的交通状况带来额外的负担，同时还会加重环境污染和能源浪费的问题。

“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。补贴会刺激出租行业，使打车的人数增加，很多司机不会载路上招手打车的乘客，会更多的选择用软件打车的乘客。而对于这些用软件打车的乘客而言，出租车司机也会挑那些距离近、目的地更加“优惠”的乘客。从这个角度上来看又开始“打车难”了。所以面对这个社会热点问题，如何实现出租车资源的优化配置、如何对补贴方案合理地利用仍是亟待解决的重要问题。

本文研究的目的是根据上述出租车行业的基本现状，针对城市出租车资源配置问题，首先采用定量、定性分析法，合理地建立“供求匹配”指标，运用模糊数学综合评价体系分析在“互联网+”时代不同打车软件的补贴方案对指标的影响和实际效应；其次考虑到模糊数学模型很大程度上依赖于人们的经验，主观因素的影响比较大，所以在评价方法上选用了改进的主成分分析法。通过主成分多元线性回归模型计算偏离度，从而更好的对同一城市不同年份出租车资源供求匹配程度做出评价；然后利用多目标优化原理，在充分考虑各方利益前提下结合偏离度的公式，得到了打车软件的最优补贴方案，从而为城市出租车资源的优化配置和缓解“打车难”的社会热点问题做出重要的参考，也为今后出租车这一行业的良性持续发展提供重要的依据。

2、国内外研究现状和动态

加拿大经济研究部门和英国伦敦大学 Robert D. Cairns, Catherine Liston-Heyes 于 1993 年共同发表了 (Competition and regulation in the taxi industry), 该文章认为, 对出租车行业的简单模拟说明了对出租车行业完全取消进入和价格的规制并不是最合适的。波士顿大学经济学院的 RICHARD ARNOTT 于 1994 年撰写了 {Taxi Travel Should Be Subsidized}) 一文。该文章的主要结论是: 在社会最优状态下, 出租车必须得到补助。因为社会最优状态下出租车减少了乘客的等待时间, 必须有补助来弥补由于空驶造成的成本。这篇文章在出租车调度模式中证明了这个结论, 并探讨了其实施的实用性。

现行的《城市道路交通规划设计规范 (GB50220-95)》规定: 客运出租车大城市不少于每千人 2 辆, 小城市不少于每千人 0.5 辆, 中等城市可在其间取值。仅给出了出租车拥有量的下限, 属于笼统的考虑, 并没有给出租车交通规划进行分类详细的标准, 给各城市控制出租车的发展规模与速度带来了困难。此外, 随着经济建设的发展, 出租车行业各方面的矛盾开始凸显, 产生了一系列问题。国内学者结合我国具体国情, 对于出租车资源配置方面的问题进行了广泛的研究, 其代表性成果包括:

- (1) 姜爱玲等针对我国目前各地频发的出租车罢运事件进行研究, 提出了解决罢运问题的政策与行业制度建设方法。
- (2) 沈禹, 周立新等人, 从城市公交优先的角度分析了城市出租车的发展策略。
- (3) 韩萌萌等人讨论了出租车行业管制的必要性与适度性。

3、研究方法步骤

研究方法:

本项目主要是研究社会热点“打车难”的问题, 该问题是一个开放性的问题, 需要做定性和定量的分析。在研究方法上主要采用 (1) 文献资料法: 借助大学图书馆的数据库、互联网络相关专业网站, 查阅相关文献、专著和论文, 对现有的成果进行深入分析和借鉴, 是本课题的研究基础, 这样既可以避免重复研究, 又可以充分借鉴已有成果。(2) 比较研究法: 考虑到模糊数学模型很大程度上依赖于人们的经验, 主观因素的影响比较大, 所以在研究评价方法上做适度改进。

(3) 实证分析法: 将已有的相关研究方法及结论作为比较研究的对象, 着重推理和实证分析, 得出相关的结论。为风险决策, 综合评估, 物流配送等领域的相关问题做参考。

步骤:

- (1) 项目组成员制定出整个研究方案，分项执行；
- (2) 项目组成员认真学习与研究项目有关的理论及成果；
- (3) 组成讨论小组，定期开展讨论项目的相关问题。

4、项目的创新点和特色

(1) 通过数理统计的方法，运用 MATLAB 和 SPSS 软件先将数据进行处理，然后运用模糊数学层次分析法和综合评价法对模型进行分析，该方法新颖，可行性强。为了避免凭经验进行目标选择所固有的主观性，我们选用了改进的主成分分析法，使决策更加科学合理。

(2) 本项目所研究的“打车难”一直是社会所面临的热点问题，在打车软件逐渐普及的情况下分析了供求匹配以及缓解“打车难”等问题，并根据结论建立优化模型，真正为今后出租车这一行业的良性持续发展提供重要的依据。

(3) 运用多目标最优化原理，提出更为合理的补贴方案；所得的结论应用广泛，还可用于风险决策，综合评估，物流配送等领域。

(4) 由不同专业的学生进行组队，在思维和专业上优势互补。

5、研究的主要内容和结论

(1) 利用科学的方法建立合理的指标，分析不同时空出租车资源的“供求匹配”程度，从而给出合理的解释和建议。

1、建立指标

1) 出租车千人拥有量 x_1 ； 2) 出租车公交分担率 $x_2 = \frac{H}{L} \times 100\%$

3) 道路网密度 x_3 ， 4) 出租车空载率 $x_4 = \frac{G}{E} \times 100\%$

5) 乘客等待时间 x_5 ； 6) 里程利用率 $x_6 = \frac{B}{V} \times 100\%$

2、构造判别矩阵：

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/2 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 1/4 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 4 & 1 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 1/4 & 1 \end{pmatrix}$$

通过 matlab 软件求解易得：A 的最大特征值 $\lambda_{max} = 5.1567$ ，该特征值所对应

的特征向量 $\eta = [0.1890, 0.1890, 0.1890, 0.3064, 0.8611, 0.3064]$

3、层次单排序及一致性检验

(i) 计算一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.0329$;

(ii) 查找相应的平均随机一致性指标 $RI = 1.24$;

(iii) 计算一致性比例 $CR = \frac{CI}{RI} = 0.026 < 0.10$ ，由此认为该判别矩阵的一致性

是可以接受的。将特征向量 η 经过归一化处理，得到最后的评价指标权重向量为

$$D = \left(\frac{x_1}{\sum_{i=1}^6 x_i}, \frac{x_2}{\sum_{i=1}^6 x_i}, \dots, \frac{x_6}{\sum_{i=1}^6 x_i} \right) = (0.0927, 0.0927, 0.0927, 0.1579, 0.4061, 0.1579)$$

4、结论

(1) $S = (\text{北京、上海、贵阳、长沙、乌鲁木齐} | \text{供求匹配程度}) = (\text{好、好、中、中、一般})$ ，由此可见这五个城市的出租车供求匹配程度从高到低排位为北京、上海、贵阳、长沙、乌鲁木齐。

(2) $S = (7-8 \text{ 时、} 11-12 \text{ 时、} 17-18 \text{ 时、} 21-22 \text{ 时、} 2-3 \text{ 时} | \text{供求匹配程度}) = (\text{好、中、好、中、一般})$

出现上述情况的原因是：7 点-8 点是上班高峰期，17 点-18 点是下班高峰期，人流量大，此时会有更多的出租车出行，故匹配程度较好，11-12 时、21-22 时次之，2 点-3 点这段时间出租车、地铁等交通工具大部分停运，故匹配关系较差。

(2) 以北京、长沙为例，分析滴滴打车和摇摇打车是否对缓解打车难问题有所帮助。

(i) 基于“供求匹配”评价模型，以北京、长沙为例，对不同的打车软件的补贴方案对能否缓解“打车难”进行实效分析。

1、根据判别矩阵确立评价指标权重向量为：

$$D = \left(\frac{x_1}{\sum_{i=1}^6 x_i}, \frac{x_2}{\sum_{i=1}^6 x_i}, \dots, \frac{x_6}{\sum_{i=1}^6 x_i} \right) = (0.0927, 0.0927, 0.0927, 0.1579, 0.4061, 0.1579)$$

2、将收集的数据矩阵进行标准化处理，计算公式为 $x_{ij} = \frac{(x_{ij} - 1/n \sum_{i=1}^n x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j) / n - 1}$

3、设 $Q = (p_1, p_2, \dots, p_m)$, 令 A_i 为评定出租车运力规模的指标 x_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 的权重, x_{ij} 为第 j 个评价对象对应指标 x_i 的系数 ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6; j = 1, 2, \dots, n$), 所以 $Q = (p_1, p_2, \dots, p_m)$ 评价对象的出租车运力规模综合评价指数 $R = Ao(x_{ij})_{6 \times n}$ 根据功效系数评价法,

$$|R_k| \in \begin{cases} [0, 0.25) & \text{供求匹配程度好;} \\ [0.25, 0.5) & \text{供求匹配程度中;} \\ [0.5, 0.75) & \text{供求匹配程度一般;} \\ [0.75, 1) & \text{供求匹配程度差。} \end{cases}$$

4、结论

北京的快的打车软件公司推行的各种优惠政策综合评分 $T = (0.3324 \ 0.2046 \ 0.1565)$ 均小于未使用打车软件时的综合评分 $V = (0.3804)$, 长沙的快的打车软件公司推行的各种优惠政策综合评分 $T = (0.3872 \ 0.2415 \ 0.2421)$ 均小于未使用打车软件时的综合评分 $V = (0.3996)$, 所以可得结论:“快的打车”的使用能够在一定程度缓解打车难的困境。补贴出来之后总体上确实会提升供求匹配程度, 而且对一线城市影响最大, 二线城市次之。

在北京使用摇摇打车软件公司推行的不同优惠政策综合评分为 $T = (0.7534 \ 0.7411 \ 0.4388)$ 与未使用打车软件时的综合评分 $V = (0.451)$ 相比, 摇摇打车软件的使用基本不能缓解打车难, 长沙也如此。由于用户量小, 补贴方案的落实过程较为复杂, 摇摇打车软件的使用基本不能缓解打车难的困境, 故摇摇打车软件即将面临被淘汰的困境。

(ii) 考虑到模糊数学模型很大程度上依赖于人们的经验, 主观因素的影响比较大, 所以在研究评价方法上做适度改进。

1、数据的处理

对原始数据量纲化的方法做改进, 采用均值化方法。较标准化相比, 能保留原始数据中包含的两部分信息: 各指标变异程度的差异信息和各指标间相互影响程度上的相关信息, 且相关系数矩阵不变。

设原始样本点变量数据资料阵为:

$X = (x_{ij})_{n \times p} = (X_1, X_2, \dots, X_p)$, 其中 $X_i = (X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ni})^T, i = 1, 2, \dots, p$ 均值化原始数据,

$Z = (z_{ij})_{n \times p} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_p)$, 其中 $z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\bar{x}_j}$, $\bar{x}_j$ 为第 j 个指标的均值。

2、计算协方差矩阵

将目标函数 z 与 g 转化为同一个目标函数 $\max f = \frac{b_2(m_2 - p_2) - n_2(m_1 + p_1 h_2)}{|d|}$

$$\text{约束条件为: } \begin{cases} b_1 = (1 - k_7)n_2 h_2 \\ k_5 p_2 + k_6 p_1^2 + d_1 \geq (k_1 p_1 + k_2 p^2 + n_1) \times (k_3 p_1 + k_4 p^4 + h_1) \\ m_2 \geq p_2 \geq 0 \\ p_1 \geq 0 \end{cases}$$

得到最优解即为所求。

6、研究成果

公开发表了 3 篇学术论文，分别是

- (1) 《“互联网+”时代打车软件补贴方案的实效分析》，科技经济导刊，第 13 期，2018. 05.
- (2) 《“互联网+”时代》的出租车资源配置的“供求匹配”分析》，科教导刊，第 22 期，2018. 08.
- (3) 《改进的主成分分析法在出租车资源配置中的应用分析》，科技经济导刊，第 33 期，2018. 11.

项目组

2019 年 3 月