

文章编号:1005-3085(2008)01-

“互联网+”时代的出租车资源配置

高杭, 邱丰, 杨楠
(上海交通大学, 上海 200240)

摘 要: 随着当今社会信息技术的飞速发展和智能移动终端的普及,“互联网+”时代飞速到来,基于智能手机的互联网应用应运而生。本文应用非线性拟合的手段,结合图像分析,研究了传统出租车市场不平衡的供需关系在新环境下的现状;进一步的,根据智能城市理论,对于已有数据进行聚簇分析,化简了繁冗的现实模型,模拟了出租车搜寻、载客的行为模式,并建立了定量评判各公司对于缓解打车难问题的数学模型;最后我们引入社会福利最大化模型,考察对于司乘双向的补贴方案的合理性,并得出了在具体情况下的最佳补贴方案。

关键词: 供需关系;时空分布;聚簇分析;智能城市;社会福利最大化模型

分类号: AMS(2000) 62P05

中图分类号: F840.62

文献标识码: A

编者按

本文利用实际数据对上海市的出租车资源的供求匹配程度与补贴政策进行了分析与研究,论文通过对数据的统计分析,利用聚簇处理的方法,分析了出租车空驶率与乘客等车时间的关系,并用于对上海市出租车资源供求匹配程度的评价。论文还通过模拟出租车搜寻、载客的行为模式,以总空驶里程的考察指标,建立了数学模型,用于评价现有的不同补贴方案对于缓解打车难这一问题的效果。在此基础上,通过建立社会总福利与司乘双方补贴的函数关系,利用社会总福利最大化模型,设计了合理的动态补贴方案,并进行数值计算,这种处理司乘双方对于补贴激励影响的想法是值得推荐的。本文的研究前后连贯性密切,所得结果与分析客观合理,很好地达到了利用数学建模解决实际问题的目的。

1 引言

随着网络通信技术的不断发展和智能手机等移动终端的迅速普及,打车软件正在全国范围内兴起,并且大有改变传统出租车市场的趋势。当前出租车市场面临的主要问题,用三个字概括就是“打车难”。

打车软件出现之后,对由于信息不对称产生的打车难现象有所缓解,并且使得司机也可以选择周边的乘客进行服务。宏观上来看,减小了无效空驶旅程,并增加了燃油利用效率。不仅如此,由于打车软件是新兴事物,其渴望占有原出租车市场的行业份额,故必然会提出各项补贴的政策,从而刺激消费者群体的积极性,并建立司机群体中的使用习惯。打车软件公司在决策过程中遇到了一系列的问题,而这些问题就是本文探讨的重点。

收稿日期: 2000-00-00. 作者简介: 高杭(1995年3月),男,本科在读,研究方向:机器学习.
邱丰(1995年10月),男,本科在读,研究方向:网络编程.
杨楠(1995年4月),男,本科在读,研究方向:金融工程.

现根据实际,本文关注了如下三点问题:

首先,能否建立合理的指标,衡量不同时空出租车资源的“供求匹配”程度。其次,现有的各公司的出租车补贴方案是否缓解了“打车难”的现实状况。进一步的,最后本文希望建立具体的补贴方案,用来解决这一现实状况。

由此,本文的结构如下:第2节中提出了一组考察供需关系的衡量指标,并具体应用在了现实社区中;第3节沿袭第二问中的衡量指标,并根据司乘双向行为的特性提出相应模型用以模拟出租车司机的行为模式并衡量补贴方案的好坏;第4节进一步根据第3节的实验结果给出了相应社会福利最大化的补贴方案。最后一节中,我们将做出总结与归纳。

在整个思考的过程中,我们的创新点主要在于通过聚簇与比例缩放控制变量的方法对数学模型进行了极具现实意义的自调节,也正是通过如此的方案,我们最终得到了具体关于司乘双向的补贴方案,详见最后一节。

2 供需关系衡量指标

本环节通过对原始数据的基本处理,利用聚簇思想将大量随机采样数据定位在一定规模的考察圈内,提出了需求因数 Q 和平均空载率 K 的概念,进而建立起供求满意度函数 $T = f(K)$ 这一衡量供需关系平衡的数学模型,并基于数据拟合得到了供求关系平衡曲线。

依据数据,我们拟引入供求因数 Q 作为初步衡量供求情况的指标,有:

$$Q = N - D \quad (1)$$

其中, N 为出租车数量, D 为请求单数。

由于 N 与 D 是不同采样点得到的数据,不能将它们简单地进行地理上的对应,故我们引入聚簇概念,即针对非对应离散采样,我们选定若干考察点并将考察点中心一定范围内的数据做平均处理,作为考察点的特征值。我们在全市范围内随机选定了20个商圈和城郊区域,并确定适当的半径(商圈1km 城郊10km)进行聚簇划分,由此使时序上关联不同地理坐标的采样点具有了时间可比性。

另一方面,在一个城市出租车合理分担率已确定的基础上,出租车空驶率是表征出租车供给水平的一项重要指标,可以用出租车空驶率来表示其供给水平:

$$K = J(A_0, Q) \quad (2)$$

其中, K 为出租车空驶率, Q 为居民出行需求, A_0 为针对本问题的特定社会环境系统。

模型的实际建立依据了Morisugi [1]提出的社会福利最大化模型,这里我们用出行需求 Q 表示社会环境系统中的交通需求量:

$$Q = D(A, S) \quad (3)$$

其中, Q 为居民出行需求, D 为需求函数, A 为社会环境系统, S 为服务水平。

居民出行需求由社会环境系统 A 和服务水平 S 共同决定:社会活动越频繁,居民出行需求越大;服务水平越高,人们的出行需求也就越高。在影响出租车需求的城市经济发展水平、城市规模、自然地理条件、城市交通环境等外界因素一定的情况下,出租车需求主要由出租车服务水平决定。而当出租车车型、驾驶员行为、价格体系以及道路状况一定的情况下,出租车需求主要由乘客最长等车时间来决定。当出租车乘客可接受的等车时间越短,则出租车乘客对出租车供给水平要求越高;反之,当出租车乘客可接受等车时间越长,则出租车乘客对出租车供给水平要求越低。

所以进一步地，我们修改了原有模型，在出租车车型、驾驶员行为、价格体系以及道路状况一定的情况下，出租车需求可表示为：

$$Q = D(A_0, T) \quad (4)$$

其中， T 为出租车乘客最长等车时间， A_0 为当前研究的特定社会环境系统。

进一步地，我们可以得到出租车空载率 K 和簇内乘客最长等车时间 T 的函数关系：

$$K = J(A_0, D(A_0, T)) \quad (5)$$

考虑到当前针对某特定社会环境， A_0 在短期时间内可以认为是固定值，且上式中函数 J 是存在反函数的，因此乘客最长等车时间 T 可以重写为：

$$T = J^{-1}(K) = f(K) \quad (6)$$

至此，我们将乘客最长等待时间定为供求满意度函数，即 $T = f(K)$ ，用于衡量出租车供求水平。结合实际数据，我们尝试拟合该函数，并希望能将模型误差和测量误差的影响减至最小。目前常用的拟合函数有一阶指数衰减函数模型和指数模型，也有学者选择Fourier拟合方法对数据进行分析。本文通过比较一阶指数衰减函数、指数拟合和Fourier拟合方法，发现一阶指数衰减函数拟合效果最佳，最终得到 $K - T$ 拟合图线和理想图线：

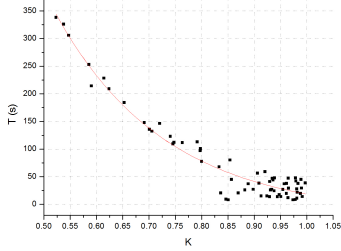


图 1: 拟合图线

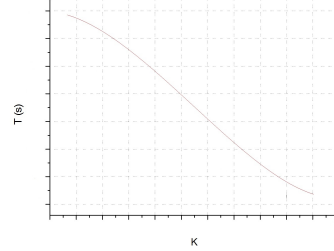


图 2: 理想图线

对于任意特定时空下的供需表征对，均可在 T 空间上找到对应点 (K, T) ，结合实际情况分析后可知，当且仅当 (K, T) 位于 (K_0, T_0) 时，供应于求，其他情况下均存在供大于求或供小于求的情况。

3 司乘双向福利模型建立

本环节将模拟出租车司机的行为模式：软件后台系统实时维护着所有出租车的状态，在接收到一个用户请求后，搜索出满足新用户条件和车上已有乘客条件的最优的车。这里的最优是指出租车去接一个新的用户所增加的里程最小。该研究成果可以为城市节约大量的燃油、减少污染物排放量，大大提高整个出租车系统的运送能力，缩短乘客的等待时间，降低乘客的打车费用并提高司机的收入。[2]

我们根据大数据与智能交通领域以往关于城市街道的研究，使用网格近似处理行车轨迹，并根据已有数据得到相应需求，引入补贴对于乘客与司机两方面的心理预期改变参数，并由此建立出不同补贴政策对于出租车行为的影响，具体表现为出租车空驶里程的改变量。

考察网格图 $G(A, E)$, 其中 A 为考察点集, E 为点间的网格线段集, 设 I 、 J 分别为乘客出发、到达点集, 则有 I 、 J 为 E 的子集。

现在我们假定出租车到达目的地以后不作停留, 立即出发寻找下一单乘客; 同时, 我们假定乘客与到达后的出租车均集中在网格点中心点, 这样的好处在于: 根据以往关于城市智能规划的研究, 可以使用网格边沿距离近似代替实际街道, 简化了数据模型, 提高了计算效率。

取 $i \in I, j \in J$, 对于地点 i 到 j 的乘客需求总量 q_{ij} , Q_i 为从 i 出发的需求总量, 有:

$$Q_i = \sum_{j \in J} q_{ij} \quad (7)$$

D_j 到达地点 j 的车辆总到达量, 有:

$$D_j = \sum_{i \in I} q_{ij} \quad (8)$$

定义地点 i 到 j 的最短网格路径 d_{ij} , 并联系实际意义, 对 d_{ij} 的取值进行修正, 得到:

$$d_{ij} = \begin{cases} |\Delta x| + |\Delta y| & O_i \neq 0, \\ \infty & O_i = 0. \end{cases} \quad (9)$$

考虑地点 i 附近的空驶车总量 E_j , 且联系实际, 到达地点 j 之后载客出租车在乘客下车后均转化为了空驶出租车, 因此有:

$$E_j = D_j = \sum q_{ij} \quad (10)$$

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{e^{\theta(-d_{ij} + \mu Q_i)}}{\sum_{k \in J} e^{\theta(-d_{ik} + \mu Q_i)}} & i \neq j, \\ 0 & i = j. \end{cases} \quad (11)$$

式中 θ 为司机个人特征修正值, 越大代表对网格及需求等特征值的不确定性越小, 也就是对于路网及需求等特征值的不确定性越小, 即掌握的情况越精确; μ 为将出行需求对效用值影响转化为出行距离对效用值影响的转换系数。[3]

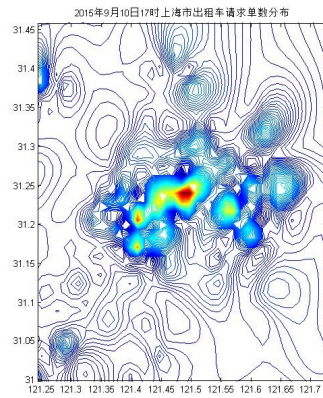


图 3: 请求单数分布

由于网格图较实际地图在功能区划分、道路表示和运输能力衡量等方面更加抽象, 也更易于基础模型的展开, 所以我们选择将前述网格图 $G(V, E)$ 映射到上海市实际城区地图中, 利用

网格化了的地图来考察出租车在城市各区域间的运动情况,希望以此得出研究范围内全部出租车辆空驶里程总和的期望值。为此,我们将选择上海市某日晚高峰时段17时1小时内的打车需求量即出租车请求单数,作为衡量需求的标准,进而选择网格所在区域,并得出该区域上的需求分布情况。经过分析,我们最终决定以(东经121.4000°, 北纬31.2000°)(约延安西路古北)和(东经121.4821°, 北纬31.2631°)(约宝山路东宝兴路段)为对角线,作边长为7公里的长方形,即边长700米的小正方形共计100个。范围覆盖了上海市长宁、徐汇、静安、黄埔的主要部分,具有较好的代表性,如上图3所示。

当出租车在搜索乘客时,其不仅受行驶路程影响,还需要考虑需求的特征分布,即以最短行驶路径期望达到最大需求地区,行驶路径与需求分布特征共同决定了搜索行为,那么位于 j 小区的空驶出租车搜索至下一个 i 小区行驶的单次期望空驶里程 d_j 为:

$$d_j = \sum_{i \in I} d_{ji} P_{ji} \quad (12)$$

当我们分别求出小区 j 小区空驶出租车的单次期望空驶里程与规模后,即可求得研究范围内搜索产生的出租车空驶里程 V ,有:

$$V = \sum_{j \in J} E_j d_j = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} d_{ij} \sum_{i \in I} u_{ji} P_{ji} \quad (13)$$

(a) 使用打车软件但是没有补贴机制的情况

在使用了打车软件的情况下,出租车司机改变了传统依靠自身储备信息以及常识来寻找潜在乘客的模式,空驶时可与乘客提前充分沟通,并且选择最短路径到达所定地点。值得注意的是,我们认为某地点的需求总量的吸引力体现在司机更可能去往该区域来锁定订单,故仍处于我们的参量考察范围内;另外,司机个人也具有使用打车软件的不同习惯,这会影响到他最终的搜索决策,故也应纳入考量中。[4]

由此,我们可以得到 P_{ij} 矩阵如下:

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0.206831	0.11014	0.110148	0.110145	0.058659	0.089281
2	0.205102	0	0.071761	0.71766	0.110145	0.058659	0.089281
3	0.135454	0.088998	0	0.047396	0.167121	0.135468	0.038417
4	0.153169	0.100637	0.05359	0	0.053593	0.100627	0.10064
5	0.120807	0.183867	0.149042	0.042271	0	0.079378	0.079368
6	0.085819	0.056386	0.161152	0.105869	0.105883	0	0.02434
7	0.121873	0.18549	0.042641	0.098793	0.09878	0.02271	0

Table 1: P_{ij} 概率矩阵

综上所述,我们引入了参数对 (θ, μ) ,其中, θ 为司机对于软件的信任、偏好程度,越大说明司机越愿意使用打车软件进行乘客的搜索; μ 为乘客需求量对司机吸引力的转化系数,目的是使得距离与需求可加,并且 μ 越大表示乘客需求变化量对于司机行为影响越明显。

从而建立了如下方程, 引入吸引力指标函数:

$$A_{ij} = e^{\theta(-d_{ij} + \mu Q_i)} \quad (14)$$

进一步, 根据式(13)可以求出 $V = 939.7610\text{km}$ 。

(b) 使用打车软件并且有补贴机制的情况

这里需要解决的最核心问题是: 用什么指标来表征补贴机制对于出租车行为的改变。最后, 我们确定使用双向的参数简化司机决策的过程。

实际过程中, 补贴是双向的, 一方面, 司机得到了每单奖励或者燃油补贴, 刺激了其可接受的最长搜索距离; 另一方面, 乘客的需求也被公司的补贴政策所激发, 表现为总需求的增大。由此, 我们在(a)讨论的基础上引入了新的参数对 (m, n) 来研究其对于出租车行为的影响。最后我们提出如下函数模型:

$$A_{ij}' = \frac{e^{\theta(-d_{ij} + \mu Q_i)} + em(-d_{ij} + nQ_i)}{2} \quad (15)$$

可以看到, 式子为对称形式, 故可定义 m 为给予补贴后司机对于软件的信任、偏好程度; n 在基于原有 μ 的基础上, 增加了调节功能, 用来表示补贴对乘客需求量增加的衡量, 由此得到 m, n 的取值范围:

$\theta < m < M$, 其中 M 是由自然、不可控因素决定的上限;

$\mu < n < N$, 其中 N 是由公司投入成本, 市场具体情况, 消费者偏好共同决定的上限; 但是由于 M, N 的取值不是本文具体讨论重点, 且可能涉及到公司的商业机密, 故假定 $M = 0.7$, $N = 0.1$;

拟固定 $(m, n) = (0.5, 0.06)$, 进而可以得到 P'_{ij_2} 表2,

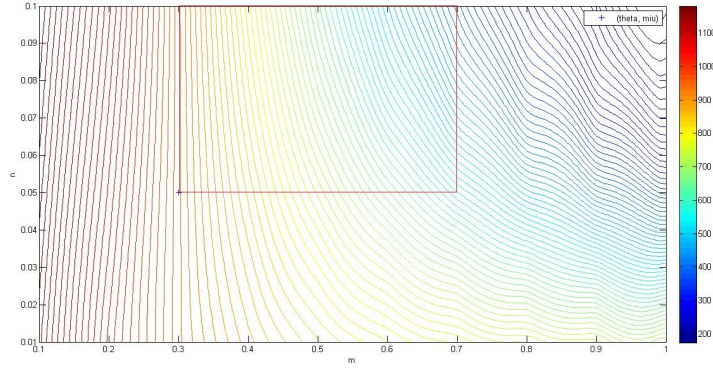
	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0.2184	0.057317	0.057326	0.057323	0.016969	0.037596
2	0.20634	0	0.020796	0.020799	0.128636	0.005986	0.080628
3	0.071797	0.031331	0	0.010298	0.11101	0.071812	0.007387
4	0.085207	0.039	0.013921	0	0.013922	0.038993	0.038002
5	0.058628	0.151476	0.094052	0.006152	0	0.023175	0.023168
6	0.021934	0.010025	0.079684	0.033264	0.033272	0	0.002628
7	0.048918	0.117984	0.007072	0.032113	0.032105	0.02772	0

Table 2: P'_{ij_2} 概率矩阵

根据式(13)得到此时 $V' = < V$, 说明双向补贴对于缓解打车难有一定的帮助。另外, 我们还想研究 V 关于 (m, n) 对的变化情况, 将相关数据导入matlab中作图, 画出 V' 等高线的分布情况, 具体如图4。

4 社会总福利与补贴的函数关系分析

乘客需求主要受到价格与等待时间的影响, 显然价格上升与等待时间增加则会抑制乘客需

图 4: V' 的等高线分布图

求，等待时间与空驶里程呈正相关关系。[5]根据文献的分析，我们将采用经济学中的柯布-道格拉斯函数 [6]形式来量化需求和价格及里程的关系，即：

$$D = k_1 p^\alpha t^\beta \quad (16)$$

$$t = k_2 V^\gamma \quad (17)$$

其中， D 为出租车出行需求，即实载里程（km）； p 表示出租车价格（元）； t 表示乘客等待时间（min）； V 同第二问，表示出租车空驶里程（km）； α 为价格需求弹性； β 为等待时间需求弹性； γ 表示空驶里程需求弹性； k_1 、 k_2 表示需求弹性系数，由城市的经济水平、空间布局、路网特征等因素综合确定。由于出租车的需求与价格及空驶里程均呈负相关性，有 α 、 β 、 $\gamma \leq 0$ 。

我们研究一个封闭的社会模型 R ，对于其中的某一出租车个体 i 与其当前服务的乘客有如下剩余价值模型：

(1)出租车个体 i 的剩余价值 S_d ：

$$S_d = pD - c(D + V) \quad (18)$$

其中， p 为单位里程平均运价（元）， c 为平均单位里程成本。

(2)针对 i 当前运送过程，乘客的剩余价值 S_p ：由以上式子可得：

$$E_j = D_j = \sum q_{ij} \quad (19)$$

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{e^{\theta(-d_{ij} + \mu Q_i)}}{\sum_{k \in J} e^{\theta(-d_{ik} + \mu Q_i)}} & i \neq j, \\ 0 & i=j. \end{cases} \quad (20)$$

$$p = \left(\frac{D}{k_1 k_2 V^{\gamma\beta}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (21)$$

根据相关研究价格弹性系数 $\alpha \leq -1$ 符合现实情况，所以乘客剩余价值 S_p 可表示为

$$S_p = \begin{cases} \int_0^{D_i} \left(\frac{x}{k_1 k_2 V_i^{\gamma\beta}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} dx - pD_i = \frac{1}{k_1 k_2 V_i^{\gamma\beta}} \frac{D_i^{\frac{1}{\alpha}+1}}{\frac{1}{\alpha}+1} - pD_i & \alpha \geq -1, \\ \infty & \alpha < -1. \end{cases} \quad (22)$$

最终我们得到, 对于每一司乘对, 均可表示为:

$$\begin{aligned} S_i &= S_r + S_p \\ &= pD_i - c(D_i + V_i) + \left(\frac{1}{k_1 k_2^\beta V_i^{\gamma\beta}}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \frac{D_i^{\frac{1}{\alpha}+1}}{\frac{1}{\alpha}+1} - pD_i \\ &= \left(\frac{1}{k_1 k_2^\beta V_i^{\gamma\beta}}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \frac{D_i^{\frac{1}{\alpha}+1}}{\frac{1}{\alpha}+1} - c(D_i + V_i), \alpha < -1 \end{aligned} \quad (23)$$

则对于此社会R, 社会总福利S为

$$S = \sum_{i \in R} S_i = \sum_{i \in R} \left(\frac{1}{k_1 k_2^\beta V_i^{\gamma\beta}}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \frac{D_i^{\frac{1}{\alpha}+1}}{\frac{1}{\alpha}+1} - c(D_i + V_i), \alpha < -1 \quad (24)$$

其中, D_i 由式(柯布-道格拉斯函数)可得:

$$D_i = k_1 k_2^\beta p^\alpha V_i^{\gamma\beta} \quad (25)$$

带入式(24)化简可以得到:

$$S = \sum_{i \in R} \left[\frac{p^{\alpha+1} \alpha}{\alpha + 1} (k_1 k_2^\beta)^{\frac{1}{\alpha}} V_i^{\frac{\gamma\beta}{\alpha}} - c(k_1 k_2^\beta p^\alpha V_i^{\gamma\beta} + V_i) \right] \quad (26)$$

结合第二问模型, V实际上是一个关于(m, n)的二元函数, 可以得到:

$$\begin{cases} S = \sum_{i \in R} \left[\frac{p^{\alpha+1} \alpha}{\alpha + 1} (k_1 k_2^\beta)^{\frac{1}{\alpha}} V_i^{\frac{\gamma\beta}{\alpha}} - c(k_1 k_2^\beta p^\alpha V_i^{\gamma\beta} + V_i) \right] \\ V = \sum_{i \in R} V_i \\ V = \sum_{k \in I} E_k d_k = g(m, n) \\ \alpha < -1 \end{cases} \quad (27)$$

为了衡量具体金额的补贴对于社会福利的影响, 我们令 r_1 为研究范围内整个市场对于司机的补贴金额期望(元/单) r_2 为研究范围内整个市场对于乘客的补贴金额期望(元/单); 而对于福利决策方案来说, 假设我们对司机补贴 x_1 (元/单), 对乘客补贴 x_2 (元/单), 则可以建立新的 (m, n) 参数对, 表达了 x_1, x_2 在市场中的刺激作用:

$$m' = (x_1 / r_1) * m \quad (28)$$

$$n' = (x_2 / r_2) * n \quad (29)$$

可以看到, 当 $x_1 = r_1$ 且 $x_2 = r_2$ 时, 我们的补贴方案是不影响原社会总福利的; 将式(28)(29)带入到式(27), 即用 (m', n') 替代原来的 (m, n) 参数对, 得到了实施特定补贴方案 (x_1, x_2) 时的社会总福利模型:

$$\begin{cases} S = \sum_{i \in R} \left[\frac{p^{\alpha+1} \alpha}{\alpha + 1} (k_1 k_2^\beta)^{\frac{1}{\alpha}} V_i^{\frac{\gamma\beta}{\alpha}} - c(k_1 k_2^\beta p^\alpha V_i^{\gamma\beta} + V_i) \right] \\ V = \sum_{i \in R} V_i \\ g\left[\left(\frac{x_1}{r_1} m, \frac{x_2}{r_2} n\right)\right] \\ \alpha < -1 \end{cases} \quad (30)$$

其中, $k_1, k_2, \alpha, \beta, \gamma$ 在不同系统下为常数, 不属于本文讨论的重点。查阅相关资料后, 根据上海市数据统计, 再经计算后可以得到以上相关常数的取值: $k_1 = 45061, k_2 = 1386, \alpha = -1.3, \beta = -0.2, \gamma = -1, c = 1.803, p = 4.41$ 。与问题(2)假定的 (m, n) 取一样的值, 即: $(m, n) = (0.5, 0.06)$; 使用Matlab仿真模拟可得 S 变化量程度 $(S - S_0)/S_0$ 与 $(x_1/r_1, x_2/r_2)$ 的图像, 从以上数据可以看出:

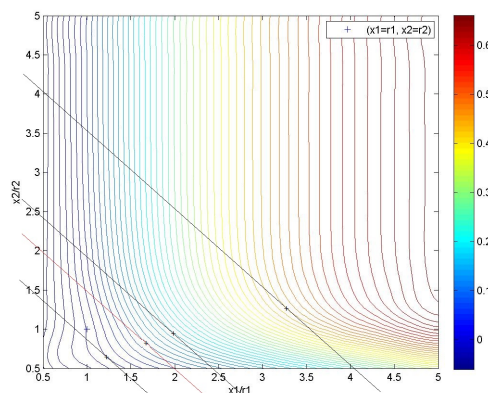


图 5: 最大化社会福利的补贴方案

(1)对出租车司机或者乘客采取价格补贴是一个有助于提高社会总福利的手段。实际上影响出租车服务成交量的要素是出租车服务在消费者和司机心中产生的价格预期, 所以说价格低不一定对提高服务量, 增大社会总福利有积极意义。

(2)对上图研究表明:在绝对值优惠低时,相对值优惠效应明显;在绝对优惠高时,相对值优惠效应不明显。所以同时增加对顾客和司机的补贴是可以达到增加总社会福利的效果。但是考虑到公司的补贴成本, 增加对司机的补贴会比较有效。对于大部分乘客来说表现为价格不敏感, 因为愿意花时间使用红包的人必定是价格敏感的, 所以对于乘客更有效率的补贴方式是采用红包的方式。

考虑到每次打车行为都涉及到一个司机与乘客的补贴问题, 所以当总投入为定值的情况下, 可以考虑成比例的 $(x_1/r_1, x_2/r_2)$ 对, 则此时, 可以作若干条直线 $x_1/r_1 + x_2/r_2 = w$, w 为单次打车公司投入金额系数, w 越大说明投入力度越大; 求其与等高线的切点。平移直线得到了直线系, 并且得到若干切点, 顺序连接切点, 即可得到当前比例下的最佳投入刺激曲线, 曲线与直线系的交点决定了最终的投入方案, 例如: 按照表(滴滴快的的竞争)可以假设当前 $r_1 = 5, r_2 = 5$, 从而绘制出了上图5。

若 $w = 2.5$, 可以得到 $x_2/r_2 = 2.5, x_1/r_1 = 1.5$, 即此时 $x_1 = 15, x_2 = 12.5$ 为最优的补贴方案。[7]

总结与创新点

由于聚簇方法具有将大量随机数据定位在一定的考察圈内的优点, 而在此基础上, 研究补贴变化的比值参数更有利于得出具体的补贴方案, 故本文基于原始供求的数据得出基于需求因数和平均空载率的供求满意度曲线, 即依据社会福利最大化模型, 建立了供求关系平衡曲线, 从而进一步分析司乘双向福利模型, 在网格化的街道数据基础上, 分别考虑补贴机制使用与否

的两种情况,得到社会总福利与补贴的关系,从而以创新的方法简化了真实世界复杂数据,并得到了具体补贴方案。

参考文献:

- [1] Morisugi H, Arintono S, Parajuli BP. Fare level and fleet optimization of taxi and bus operation in Yogyakarta, Indonesia[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 1997, 2(5): 1547-1553.
- [2] Shuo Ma; Yu Zheng; Wolfson, O., "T-share: A large-scale dynamic taxi ridesharing service," in Data Engineering (ICDE), 2013 IEEE 29th International Conference on , vol., no., pp.410-421, 8-12 April 2013.
- [3] 曹,陶宇,罗霞. 打车软件使用率对出租车社会福利的影响[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 03: 1-6+24.
Cao, Tao Yu, Luo Xia. The influence of taxi software usage on taxi social welfare [J]. Traffic and Transportation System Engineering And Information, 2015, 03: 1-6+24.
- [4] 罗端高, 史峰. 考虑需求分布影响的城市出租车运营平衡模型[J]. 铁道科学与工程学报, 2009(1): 87-91
Luo Gao, Shi Feng. The urban taxi operation balance model considering the influence of demand distribution [J]. Journal of Railway Science and engineering, 2009 (1): 87-91
- [5] 袁长伟, 吴群琪. 不同目标下城市出租车最优实载率模型[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2014, 34(2): 88-93
Wu Qunqi, Yuan Changwei. Optimal load rate model of urban taxi under different targets [J]. Journal of Chang'an University (NATURAL SCIENCE EDITION), 2014, 34 (2): 88-93
- [6] Douglas G W. Price regulation and optimal service standards: The taxicab industry[J]. Journal of Transport Economics and Policy, 1972, 6(2): 116-12
- [7] 冯晓梅. 供需平衡状态下的出租车发展规模研究[D]. 西南交通大学, 2010.
Feng Xiaomei. Study on the development scale of taxi in the balance of supply and demand [D]. Southwest Jiao Tong University, 2010.

Taxi Resource Allocation In The Era Of Internet Plus

Hang Gao, Qiu Feng, Nan Yang

(Shanghai Jiaotong University, 800 Dong Chuan Road, Shanghai 200240)

Abstract: With the burgeoning of information technology and the popularization of smart mobile terminal, the era of "Internet Plus" has been long initiated to foster Internet-based applications and thus fulfill people's daily needs. In this paper, we employ nonlinear fitting method, along with picture analysis, to study the unbalanced dynamic between supply and need in traditional taxi market. Moreover, according to smart city theory, we adopt group clustering to simplify data set to simulate taxi searching behavior and passenger calling behavior, finally establishing mathematic model to assess each company's subsidy tactics to soothe the painful reality that it is hard to catch a cab, no matter using apps or not. At last, we introduce the maximize social welfare model to justify proposed bi-directional subsidy tactics between driver and passengers and present the best scheme at specific cases which can be extended to general condition.

Keywords: supply and demand; temporal and spatial distribution; cluster analysis; smart city; social welfare optimization model