

文章编号:1671-1637(2014)02-0075-07

## 交通拥堵环境下的城市出租车候时费优化模型

袁长伟<sup>1</sup>, 米雪玉<sup>2</sup>, 吴群琪<sup>1</sup>, 韦达利<sup>3</sup>

(1. 长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064; 2. 河北联合大学 建筑工程学院, 河北 唐山 063009;  
3. 德克萨斯理工大学 土木与环境工程系, 德克萨斯 卢伯克 79409)

**摘要:**基于经济学需求理论,将出租车收入分为起步费、里程费与候时费。以出租车运力为约束条件,考虑了高峰时段与非高峰时段的出租车收入影响因素,分析了候时费对出租车需求与收入的影响程度,构建了交通拥堵环境下出租车候时费优化模型。根据北京市出租车市场的实际状况,以原有方案、调整方案与提出的方案3种方案进行实例验证。分析结果表明:当出租车起步费分别为12、14、12元,单位里程费分别为2.0、2.3、2.0元·km<sup>-1</sup>,候时费分别为24.0、55.2、55.2元·h<sup>-1</sup>时,出租车收入分别为669.9、504.9、675.9元;在调整方案下,出租车需求下降46.1%,出租车收入下降25%;在提出的方案下,出租车需求下降18.5%,出租车收入与原有方案基本保持稳定。基于现有的出租车费用结构,提出的方案能较好地实现出租车需求与收入的调控目标。北京市的出租车价格改革方案宜稳定或降低起步费与里程费,提高候时费。

**关键词:**交通运输经济;交通拥堵;出租车收入;出租车需求;候时费

**中图分类号:**F512.0

**文献标志码:**A

## Optimal model of taxi waiting time fee under traffic congestion condition

YUAN Chang-wei<sup>1</sup>, MI Xue-yu<sup>2</sup>, WU Qun-qi<sup>1</sup>, WEI Da-li<sup>3</sup>

(1. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;  
2. School of Civil and Architectural Engineering, Hebei United University, Tangshan 063009, Hebei, China;  
3. Department of Civil and Environmental Engineering, Texas Tech University, Lubbock 79409, Texas, USA)

**Abstract:** Based on economics demand theory, taxi income was divided into starting fee, mileage fee and waiting time fee. Taxi capacity was taken as constraint condition, the influence factors of taxi income during peak period and non-peak period were considered, the influence levels of waiting time fee on taxi demand and income were analyzed, and the optimal model of taxi waiting time fee under traffic congestion condition was set up. Based on the actual situation of taxi market in Beijing City, the example verification was carried out by using three schemes including original scheme, adjustment scheme and proposed scheme. Analysis result shows that when the starting fees are 12, 14, 12 yuan, unit mileage fees are 2.0, 2.3, 2.0 yuan·km<sup>-1</sup> and waiting time fees are 24.0, 55.2, 55.2 yuan·h<sup>-1</sup>, taxi incomes are 669.9, 504.9, 675.9 yuan respectively. Under adjustment scheme, taxi demand decreases by 46.1%, and taxi income decreases by 25%. Under the proposed scheme, taxi demand decreases by 18.5%, and taxi income keeps stable level compared with original scheme. According to the exist structure of taxi fee, the adjustment objective of taxi demand and income can be realized by using proposed scheme. In the reform

收稿日期:2013-11-29

基金项目:国家自然科学基金项目(51278057);国家社会科学基金项目(09XJY004);陕西省自然科学基金项目(2012JQ5013);高等学校博士学科点专项科研基金项目(20130205110001);西安市社会科学基金项目(14J77)

作者简介:袁长伟(1981-),男,湖南邵阳人,长安大学副教授,工学博士,从事道路运输经济研究。

scheme of taxi price in Beijing City, it is suitable to keep or decrease starting fee and mileage fee and increase waiting time fee. 2 tabs, 10 figs, 14 refs.

**Key words:** transportation economy; traffic congestion; taxi income; taxi demand; waiting time fee

**Author resumes:** YUAN Chang-wei(1981-), male, associate professor, PhD, +86-29-82334898, yuanchangwei@126.com.

## 0 引 言

出租车是重要的公共交通服务方式之一,提供全天候、门到门、个性化的出行服务。在中国,所有出租车统一执行政府规定价格。出租车价格一般包括起步费、里程费、候时费以及其他费用(如燃油附加费等)。其中,候时费为了弥补因长时间等候或者低速行驶的成本而设置,在交通畅通情况下,候时费在所有费用中所占比例较低,并不受关注。但是近年来,随着城市人口规模迅速扩大,城市交通拥堵日益严重,出租车低速行驶时间越来越长,单位时间内的行驶里程快速下降,候时费在出租车收入中的地位变得日益重要。在交通拥堵环境下,依据原有非拥堵交通状况设计的候时费,既不能弥补因长时间拥堵带来的出租车额外成本,也无法有效调控出租车出行需求。这容易导致出租车因交通拥堵耗时太长影响收入而拒载,极端情况下,出租车宁愿在城市外围停运也不进入城区运营,进一步加剧出租车供需失衡,引起服务水平下降。而若在不调整出租车价格的情况下,增加出租车数量,则除了会增加拥堵外,仍然无法提高有效运行的车辆数量,因此,在交通拥堵环境下研究出租车候时费的调整显得十分必要。

在关于出租车价格的研究中,Douglas在1972年构建了第1个出租车集计模型,认为单纯的市场竞争并不能形成有效的出租车价格,需要进行价格管制<sup>[1]</sup>;Vany认为在出租车市场中,乘客所获收益与出租车所提供的服务在价值上存在差异,如乘客等待所付出的时间成本并不能成为出租车的收益,因而往往无法获得均衡市场价格<sup>[2]</sup>;Alvaro等则认为出租车的理想价格应该等于边际成本,如果进行价格管制会带来市场扭曲<sup>[3]</sup>;Morisugi等分析了管制市场中的最优规模与价格的互动关系<sup>[4]</sup>;Jason等基于出租车价格与空驶出租车数量的需求函数,构建了出租车的社会福利最大化模型,认为应该降低出租车空驶率与优化价格补贴<sup>[5]</sup>;Yang等针对香港出租车竞争力不够的问题,探讨了通过优化非线性价格结构以提高出租车的竞争力<sup>[6]</sup>;Aquilina对欧洲出租车的价格、市场规模容量进行了比较分析,讨论

了价格与市场规模间的作用关系<sup>[7]</sup>;卢青等对出租车价格的管制必要性进行了探讨<sup>[8]</sup>;顾海兵等引入管制经济学分析了出租车价格管制的理论依据与可行性<sup>[9-10]</sup>;杨英俊等基于出租车的运行信息,建立了城市出租车容量确定模型<sup>[11]</sup>。

整体上,以往的研究侧重于出租车价格管制、价格与社会福利等的讨论,而在中国大中城市,交通拥堵日益严重,公共交通体系建设又相对不足,出租车价格的确定既需要考虑供需双方收益平衡,又需要考虑价格对出行需求的调节效果。本文尝试构建交通拥堵环境下的出租车候时费模型,以优化出租车价格结构,平衡供需双方收益,在降低出租车出行需求的同时降低拒载率,提升出租车服务水平。

## 1 出租车收入模型与候时费影响

### 1.1 出租车收入模型

出租车每运次的全部费用 $p$ 一般包括起步费、里程费和候时费3部分,表示为

$$p = p_s + p_l L + p_t w \quad (1)$$

式中: $p_s$ 为起步费,包括按运次计的附加费用(如燃油附加费等); $p_l$ 为单位里程费; $L$ 为行驶里程; $p_t$ 为候时费; $w$ 为等候或低速行驶时间(行驶速度低于特定值的时长)。

为了区分里程费与候时费,将出租车出行需求分为高峰时段需求和非高峰时段需求。在非高峰时段,出租车较少拥堵,不考虑候时费;而在高峰时段,出租车既有里程费,又有候时费。由于对出租车费用的承受能力不同,对于不同的费用水平,出租车出行需求会有较大变化,需求下降又会影响出租车完成的总运次,从而影响出租车收入。基于以上分析,本文构建了考虑费用需求弹性的出租车收入模型。

在非高峰时段,出租车行驶速度高于收取候时费时的最高车速,此时按里程计费。采用Wong等提出的出租车出行需求模型,表示为<sup>[12]</sup>

$$D_f = \tilde{D}_f e^{-\sigma(v_1 p_s + v_2 p_l L)} \quad (2)$$

式中: $D_f$ 为非高峰时段出租车出行需求; $\tilde{D}_f$ 为非高峰时段潜在出租车出行需求; $\sigma$ 为运次成本需求弹

性,即需求对运次成本的敏感系数; $v_1$ 和 $v_2$ 分别为起步费和单位里程费的需求弹性,即分别表示需求对起步费和单位里程费的敏感系数。

根据式(2)可知,表明价格越高时,出租车出行需求越低,更多的出行者选择其他出行方式。设非高峰时段每运次的平均所耗时间 $t_f$ 为

$$t_f = \frac{L}{u_f} \quad (3)$$

式中: $u_f$ 为非拥堵路段的平均速度。

如果非高峰时段的出行需求大于城市全部出租车运力,则只有一部分需求能够得以实现,实现的需求即为出租车能提供的最大服务量。设非高峰时间持续时长为 $P_f$ ,则运力规模为 $N$ 的出租车市场理论上能完成的最大运次 $D_{cf}$ 为

$$D_{cf} = NP_f/t_f \quad (4)$$

根据式(3)、(4),非高峰时段实现的出租车出行需求可表示为

$$D_{fr} = \begin{cases} \tilde{D}_f e^{-\sigma(v_1 p_s + v_2 p_1 L)} & \tilde{D}_f e^{-\sigma(v_1 p_s + v_2 p_1 L)} < D_{cf} \\ D_{cf} & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

式中: $D_{fr}$ 为非高峰时段考虑服务容量的出租车实现运次。

在非高峰时段,出租车营运收入 $I_{f0}$ 为

$$I_{f0} = D_{fr}(p_s + p_1 L) \quad (6)$$

在高峰时段,一部分运次需要经过拥堵路段,在拥堵路段当出租车速度低于 $u_0$ 时( $u_0$ 为政府规定的特定时速),收取候时费。与非高峰时段类似,高峰时段的出行需求可以表示为

$$\begin{cases} D_c = \tilde{D}_c e^x \\ x = -\sigma(v_1 p_s + v_2 p_1 L + \frac{v_3 L \lambda p_t}{u_c}) \end{cases} \quad (7)$$

式中: $D_c$ 为高峰时段出租车出行需求; $\tilde{D}_c$ 为高峰时段潜在出租车出行需求; $v_3$ 为候时费需求弹性; $u_c$ 为高峰时段平均车速; $\lambda$ 为拥堵收费的比例系数。

高峰时段的平均每运次的运送时间 $t_c$ 为

$$t_c = (1 - \lambda)L/u_f + \lambda L/u_c \quad (8)$$

设高峰时段持续时长为 $P_c$ ,则规模为 $N$ 的出租车市场能完成的最大运次 $D_{cm}$ 为

$$D_{cm} = NP_c/t_c \quad (9)$$

由式(7)、(9)可得高峰时段实现的出租车出行需求为

$$D_{cr} = \begin{cases} \tilde{D}_c e^x & \tilde{D}_c e^x < D_{cm} \\ D_{cm} & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

式中: $D_{cr}$ 为高峰时段考虑服务容量的出租车实现运次。

在高峰时段和非高峰时段出租车平均收入工可以表示为

$$I = [p_s(D_{fr} + D_{cr}) + p_1(D_{fr} + D_{cr})L + \frac{D_{cr} \lambda L p_t}{u_c}] / N \quad (11)$$

## 1.2 候时费对出租车收入的影响分析

在出租车收入模型中,候时费既影响出租车出行需求,又影响出租车收入。随着候时费的调高,总费用会相应增加,使得一部分出行者选择其他出行方式。同时,候时费的增加会让出租车每运次的收入增长。但是,需求降低又会降低所完成的运次,因此,候时费的调整需要权衡每运次的收入增长与运次减少对出租车收入的综合影响。

为分析候时费的影响,定义 $I_f$ 为出租车平均每辆车每天的固定收入,即

$$I_f = (p_s D_{fr} + p_1 D_{fr} L) / N$$

将式(11)中的出租车收入重新表示为候时费 $p_t$ 的函数,即

$$I = I_f + (p_s D_{cr} + p_1 D_{cr} L + \frac{D_{cr} \lambda L p_t}{u_c}) / N \quad (12)$$

当出租车出行需求与出租车运力相等时,即

$$\tilde{D}_c e^x = D_{cm}$$

候时费 $p_t$ 为

$$p_t = \frac{[-\ln(D_{cm}/\tilde{D}_c)/\sigma - (v_1 p_s + v_2 p_1 L)]u_c}{v_3 L \lambda} \quad (13)$$

令 $a = v_1 p_s + v_2 p_1 L$ ,  $\varphi = \lambda/u_c$ ,  $\beta$ 为待定系数,令候时费的1个点 $p_{t,1}$ 为

$$p_{t,1} = \frac{[-\ln(D_{cm}/\tilde{D}_c)/\sigma - a]}{v_3 \varphi L \beta} \quad (14)$$

则式(10)可以表示为

$$D_{cr} = \begin{cases} \tilde{D}_c e^x & p_t > p_{t,1} \\ D_{cm} & 0 < p_t \leq p_{t,1} \end{cases} \quad (15)$$

通过引入 $p_{t,1}$ ,式(12)可以表示为

$$I = \begin{cases} I_f + \frac{P_c}{t_c}(p_s + p_1 L + \varphi L p_t) & 0 < p_t \leq p_{t,1} \\ I_f + \tilde{D}_c e^{-\sigma(a + v_3 \varphi L p_t)}(p_s + p_1 L + \varphi L p_t) / N & p_t > p_{t,1} \end{cases} \quad (16)$$

为探讨 $I$ 与 $p_t$ 的关系,对式(16)求关于 $p_t$ 的偏导,即

$$I' = \begin{cases} \varphi L P_c / t_c & 0 < p_t \leq p_{t,1} \\ \varphi L \tilde{D}_c e^{-\sigma(a + v_3 \varphi L p_t)} [1 - v_3 \sigma(p_s + p_1 L + \varphi L p_t)] / N & p_t > p_{t,1} \end{cases} \quad (17)$$

在式(17)中,当 $p_t > p_{t,1}$ 时, $I'$ 存在1个驻点

$p_{t,2}$ , 即

$$p_{t,2} = \left( \frac{1}{\sigma v_3} - p_s - p_1 L \right) / \varphi L \quad (18)$$

由此,  $p_t$  与出租车收入  $I$  的关系为: 当  $0 < p_t \leq p_{t,1}$  时, 出租车收入  $I$  随着候时费  $p_t$  的增长成线性增加; 当  $p_{t,1} < p_t \leq p_{t,2}$  时, 出租车收入随着  $p_t$  增长而增长; 当  $p_t > p_{t,2}$  时, 出租车收入随着候时费的增长而降低。

由以上分析可以看出,  $p_{t,1}$  和  $p_{t,2}$  是确定候时费过程中的十分关键的 2 个点,  $p_{t,1}$  定义了一个阈值, 如果候时费标准低于  $p_{t,1}$ , 则出行需求高于出租车运力, 实现的出租车出行需求就是出租车最大运力, 此时, 出租车收入随着候时费的增长而增长, 因此, 为了保持出租车服务水平, 候时费一般应该大于  $p_{t,1}$ ; 由于候时费的提高会降低需求, 因而候时费的增长并不总是提高出租车收入, 当  $p_t > p_{t,2}$  时, 增加的候时费收入补偿不了因为需求降低而带来的损失, 此时出租车总收入反而会下降。

## 2 调节出行需求与收入的出租车候时费优化模型

不同的参数导致不同的  $p_{t,1}$  和  $p_{t,2}$  值, 也导致了不同的出租车收入与出租车出行需求曲线。本文分析不同的候时费对出租车收入、需求的影响, 并建立候时费优化模型。

参考文献[13], 出租车平均收入下边界为

$$I_{\min} = I_f + \lim_{p_t \rightarrow +\infty} \left[ \frac{\tilde{D}_c e^{-\sigma(a+v_3 \varphi L p_t)}}{N} (p_s + p_1 L + \varphi L p_t) \right] =$$

$$I_f + \lim_{p_t \rightarrow +\infty} \left[ \frac{\tilde{D}_c \varphi L}{\sigma v_3 \varphi L e^{(a+v_3 \varphi L p_t)} N} \right] = I_f \quad (19)$$

式(19)的经济学意义在于, 如果候时费  $p_t$  一直增长至正无穷大, 则出租车出行需求必然降至 0, 因而收入就只能为  $I_f$ 。

对于出租车平均收入的上限值, 不同的参数组合可以出现 3 种情形。

(1)  $p_{t,2} \geq p_{t,1}$  且  $p_{t,2} > 0$ 。在这种情况下, 驻点  $p_{t,2} > p_{t,1}$ , 收入最优点在  $p_{t,2}$  处获得, 即

$$I_{\max} = I(p_{t,2}) = I_f + \frac{\tilde{D}_c e^{-\sigma \left[ a + \left( \frac{1}{\sigma} - v_3 p_s - v_3 p_1 L \right) \right]}}{v_3 \sigma N} \quad (20)$$

此时, 候时费-需求与候时费-收入的变化趋势分别见图 1、2。

当出租车候时费  $0 \leq p_t \leq p_{t,1}$  时, 出租车出行需求大于运力, 出租车以最大运力提供服务, 此时平均每运次费用是出租车收入唯一的决定因素, 收入会随

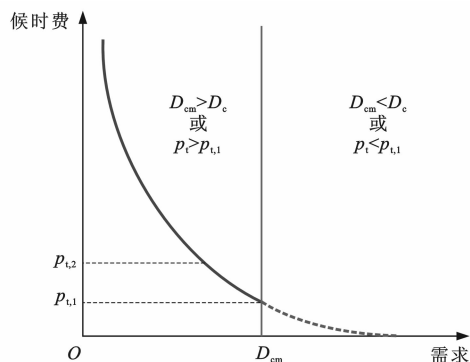


图 1 第 1 种情况下的候时费-需求曲线

Fig. 1 Curve of waiting time fee and demand under condition 1

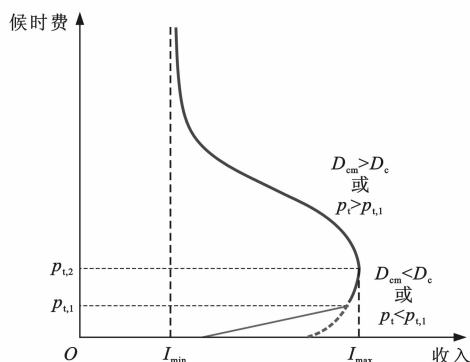


图 2 第 1 种情况下的候时费-收入曲线

Fig. 2 Curve of waiting time fee and income under condition 1

着候时费的上升成线性上升; 当候时费  $p_{t,1} < p_t \leq p_{t,2}$  时, 需求下降到出租车运力以下, 出租车运力能满足全部需求, 出租车收入受每运次费用和需求的影响, 当  $p_t = p_{t,2}$ , 收入达到最大; 当  $p_t > p_{t,2}$  时, 此时需求快速下降, 每运次因为候时费增加所增加的收入弥补不了因为运次减少所带来的损失, 总收入下降。

(2)  $p_{t,1} > p_{t,2}$  且  $p_{t,1} > 0$ 。在这种情况下, 收入函数分为 2 部分。当  $p_t \in [0, p_{t,1}]$  时, 收入函数一直上升, 在  $p_{t,1}$  处获得最大值, 此时

$$I_{\max} = I(p_{t,1}) = I_f + \frac{P_c}{t_c} \left( p_s + p_1 L + \frac{A}{v_3} \right) \quad (21)$$

$$A = -\ln \left( \frac{D_{cm}}{\tilde{D}_c} \right) / \sigma - a$$

此时, 候时费-需求与候时费-收入的变化趋势分别见图 3、4。

在图 4 中, 理论上应在  $p_{t,2}$  处获得最大值  $I(p_{t,2})$ , 但由于运力  $D_{cm}$  限制, 只能在  $p_{t,1}$  获得最大值。不同的参数组合,  $p_{t,1}$ 、 $p_{t,2}$  及 0 之间的关系会有所不同, 出租车最大的收入值会分别出现在  $I(p_{t,1})$ 、 $I(p_{t,2})$  和  $I(0)$ , 具体数据由相应的计算式确定。

(3)  $p_{t,1}, p_{t,2} < 0$ 。在这种情形下, 通过式(17)可以发现  $p_t$  落于  $[0, +\infty)$  时, 收入函数是单调递减,

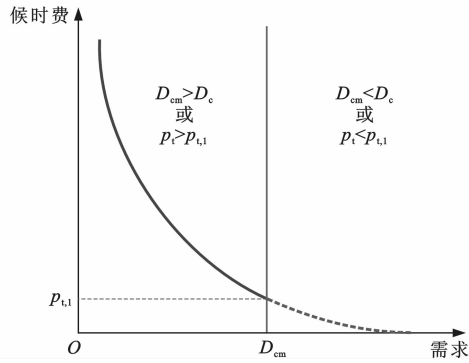


图 3 第 2 种情况下的候时费-需求曲线

Fig. 3 Curve of waiting time fee and demand under condition 2

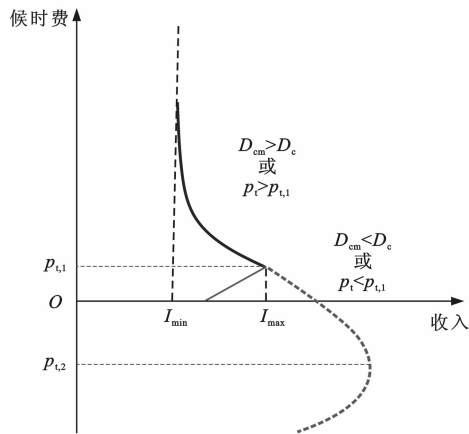


图 4 第 2 种情况下的候时费-收入曲线

Fig. 4 Curve of waiting time fee and income under condition 2

因此,收入在  $p_t = 0$  时获得最大值,即

$$I_{\max} = I(0) = I_f + \tilde{D}_c e^{-\sigma a} (p_s + p_1 L) / N \quad (22)$$

此时,候时费与收入和需求的变化趋势分别见图 5、6,当出租车候时费  $p_{t,1}, p_{t,2} < 0$  时,出租车运力  $D_{cm}$  大于出行需求,收入函数是单调递减,收入在  $p_t$  为 0 时获得最大值。

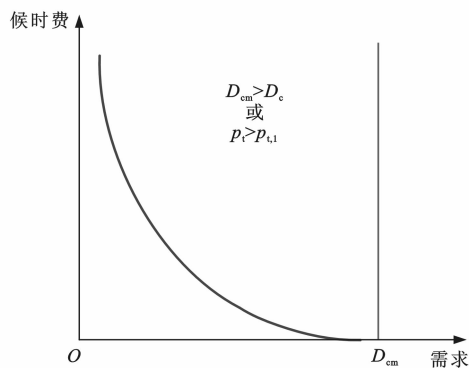


图 5 第 3 种情况下的候时费-需求曲线

Fig. 5 Curve of waiting time fee and demand under condition 3

上述分析表明,  $p_{t,1}$  是区分出租车运力能否满足需求的一个阈值,当需求大于出租车运力时,  $p_{t,1}$  是收入函数最高点,当需求小于出租车运力时,  $p_{t,2}$  是收入

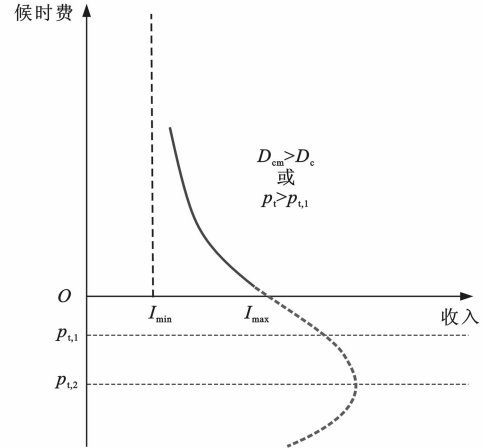


图 6 第 3 种情况下的候时费-收入曲线

Fig. 6 Curve of waiting time fee and income under condition 3

函数的最高点。因而,对于不同的出租车市场,在确定出租车候时费时,需要根据需求与收入调控目标与市场具体参数,在  $p_{t,1}$ 、 $p_{t,2}$  附近选择合适的价格。

### 3 实例应用

#### 3.1 北京市出租车价格方案与计算

北京市现有出租车  $6.67 \times 10^4$  veh,但是出租车行业运营状态、服务水平并不尽如人意,挑地拒载、高峰时期交接班、停运、不进入市区等现象常有发生。为了提供出租车服务水平,缓解供需矛盾,需采用价格杠杆对需求与收益分配进行调整。应用本文所构建的出租车候时费模型,比较计算不同的出租车收费方案在调节出租车出行需求与收入方面的效果,为北京出租车价格方案优化提供建议。

根据相关的文献研究成果<sup>[14]</sup>,结合北京市出租车相关统计数据,北京市出租车市场主要相关参数见表 1。

表 1 出租车市场相关参数

Tab. 1 Correlation parameters of taxi market

参数	取值
运次费需求弹性	1.20
起步费需求弹性	0.05
里程费需求弹性	0.10
候时费需求弹性	0.03
每运次平均运距/km	8
拥堵时段平均车速/(km · h <sup>-1</sup> )	10
非拥堵时段平均车速/(km · h <sup>-1</sup> )	45
高峰时段持续时间/h	4
拥堵收费里程比例	0.7

根据以上参数,计算北京市出租车市场原有价格方案(方案 1)、2013 年 6 月 10 调价方案(方案 2)以及本

文设置的优化方案(方案3)在运营指标、出行需求、出租车收入等方面的效果,方案3采用方案1的起步费、单位里程费与方案2的候时费。应用本文模型,采用MATLAB工具计算,3种方案相应结果比较见表2。

表2 三种方案结果比较

Tab. 2 Result comparison of three schemes

指标	方案1	方案2	方案3
起步费/元	12	14	12
单位里程费/(元·km <sup>-1</sup> )	2.0	2.3	2.0
候时费/(元·h <sup>-1</sup> )	24.0	55.2	55.2
出租车收入/元	669.9	504.9	675.9
完成运次	23.2	12.5	18.9
$p_{t,1}$ /(元·h <sup>-1</sup> )	38.4	19.2	38.4
$p_{t,2}$ /(元·h <sup>-1</sup> )	-0.397	-8.250	-0.397
理论上的最大化收入/元	722.5	585.0	722.5

### 3.2 计算结果分析

从表2可以看出,方案2的起步费、里程费和候时费全面提高,这样引起需求大幅下降,完成运次从23.2下降到12.5,下降46.1%,而出租车收入从669.9元下降到504.9元,下降24.6%;方案3的起步费、里程费保持与方案1不变,候时费提高到与方案2一致,此时出租车收入基本稳定,略有增加,但是需求下降4.3运次,下降18.5%。从出租车价格调整的2个目标来看,显然方案3既能保证出租车收入水平稳定,同时又能有效地抑制需求,促进供需平衡,提高出租车服务水平。而方案2则调高起步费、里程费与候时费,在大幅降低出租车出行需求的同时,出租车收入下降过快,这必然会影响到行业的服务水平与长期健康发展。

分析出现以上结果的原因,3个方案的 $p_{t,1}$ 都大于 $p_{t,2}$ ,且 $p_{t,2} < 0$ ,属于本文讨论中的第2种情况,当 $p_t$ 落于 $[0, p_{t,1}]$ 时,收入函数一直上升,在 $p_{t,1}$ 处获得最大收入。在方案1中,候时费低于 $p_{t,1}$ ,此时需求大于供给,只能以最大运力 $D_{cm}$ 服务,而在方案3中,候时费高于 $p_{t,1}$ ,此时需求小于运力 $D_{cm}$ ,虽然收入与之前大致相同,但是需求已下降,实现了出租车运价调节的目的;在方案2中,候时费大幅高于 $p_{t,1}$ ,需求大幅下降,导致收入也大幅下降。

在方案1、2中,当候时费为3.2元·(5 min)<sup>-1</sup>时收入最高,当候时费由方案1的2.0元·(5 min)<sup>-1</sup>上升到方案3的4.6元·(5 min)<sup>-1</sup>时,收入基本稳定,略有增加,但是方案3中的平均每辆车的承担出行需求已经下降了4.3运次,见图7、8。当起步费、里程费都增加时,候时费上升到4.6元·(5 min)<sup>-1</sup>,此

时出租车收入已经下降到504.9元,大大低于调整前的669.9元,相应的完成运次也下降到了12.5,下降了46.1%,见图9、10。

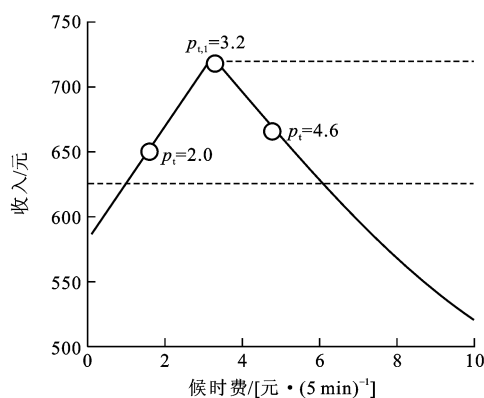


图7 不同候时费下的出租车收入

Fig. 7 Taxi incomes under different waiting time fees

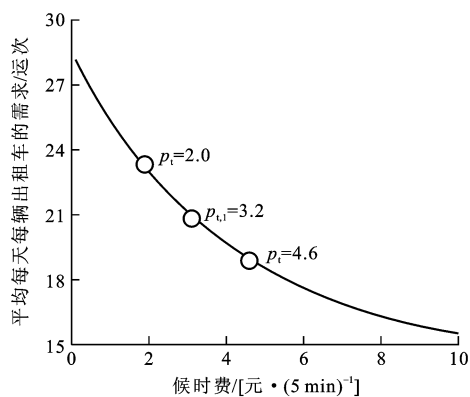


图8 不同候时费下的出租车需求

Fig. 8 Taxi demands under different waiting time fees

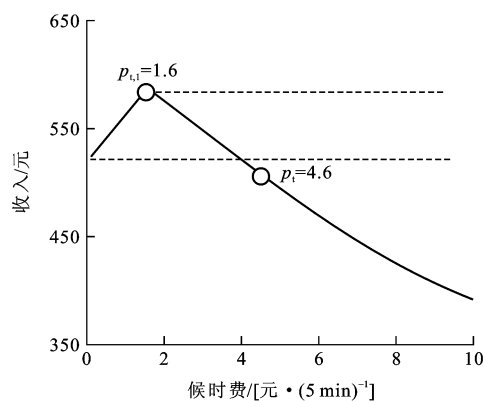


图9 方案2中不同候时费下的出租车收入

Fig. 9 Taxi incomes under different waiting time fees for scheme 2

通过理论上的分析与实例应用发现:在候时费确定过程中,在 $p_{t,1}$ 附近存在着2个不同的候时费能保证出租车获得同样的收入,但是较高的候时费能有效地降低出租车出行需求。在交通拥堵环境中,为了在基本稳定出租车收益水平的前提下同时降低出租车

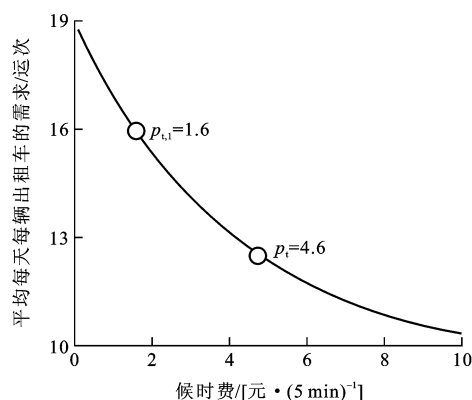


图10 方案2中不同候时费下的出租车需求

Fig. 10 Taxi demands under different waiting time fees for scheme 2

出行需求,在出租车价格调整中,应该稳定或降低起步费、里程费,并提高候时费。其中候时费的提高宜在  $p_{t,1}$  附近并偏向选取较高的候时费。

## 4 结 语

(1)出租车价格的确定既需要考虑出租车收益稳定,以降低拒载率,提高服务水平,又需要考虑对出行需求的调节效果,降低出租车出行需求,因而优化出租车候时费标准具有重要意义。

(2)以出租车收入与出行需求为目标构建出租车候时费优化模型。本文模型中,存在着2个不同的候时费标准能保证出租车获得同样的收入,但其中较高水平的候时费降低了出租车需求。出租车价格调整策略应该宜稳定或降低起步费、里程费,提高候时费。

(3)将本文模型应用于北京出租车市场,结果表明,现行出租车价格调整方案使得出租车出行需求下降46.1%,出租车收入下降24.6%,本文提出的方案则能保证出租车每运次收益上升5元,出行需求下降18.5%,较好地实现出租车价格调整收益与需求的目标。

(4)起步费、里程费和候时费等对出租车的需求弹性对于候时费标准的确定十分重要,论文没有对需求弹性的确定展开分析,而是通过相关文献的需求弹性进行对比确定。在下一步的研究中,可以对需求弹性的确定及需求弹性变化对于候时费、出租车需求等的影响而展开。

## 参 考 文 献 :

## References :

[1] DOUGLAS G W. Price regulation and optimal service standards[J]. Journal of Transport Economics and Policy, 1972,

6(2): 116-127.

- [2] VANY A S. Capacity utilization under alternative regulatory restraints: an analysis of taxi markets[J]. Journal of Political Economy, 1975, 83(1): 83-94.
- [3] ALVARO P, FRIDA J. Pricing and regulatory issues in urban transport[R]. Washington DC: Word Bank, 1989.
- [4] MORISUGI H, ARINTONO S, PARAJULI B P. 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.
- [5] JASON S K, CHUN C. Taxi vacancy rate, fare, and subsidy with maximum social willingness-to-pay under log-linear demand function [J]. Transportation Research Record, 2009(2111): 90-99.
- [6] YANG Hai, FUNG C S, WONG K I, et al. Nonlinear pricing of taxi services[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2010, 44(5): 337-348.
- [7] AQUILINA M. Quantity de-restriction in the taxi market: results from English case studies[J]. Journal of Transportation Economics and Policy, 2011, 45(2): 179-195.
- [8] 卢青,陈琦.城市出租车价格管理问题探讨[J].交通企业管理,2012,27(8):22-23.  
LU Qing, CHEN Qi. Analysis of taxi price management[J]. Transportation Enterprise Management, 2012, 27(8): 22-23. (in Chinese)
- [9] 顾海兵,郑杰.出租车价格管制的经济学剖析[J].价格理论与实践,2010,30(3):16-18.  
GU Hai-bing, ZHENG Jie. Economics analysis of taxi price system[J]. Price: Theory and Practice, 2010, 30(3): 16-18. (in Chinese)
- [10] CHIEN S, GAO Sheng-yan, MEEGODA J N, et al. Fleet size estimation for spreading operation considering road geometry, weather and traffic[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering: English Edition, 2014, 1(1): 1-12.
- [11] 杨英俊,赵祥模.基于出租车运行信息的城市出租车运量投放计划模型[J].中国公路学报,2012,25(5):120-125.  
YANG Ying-jun, ZHAO Xiang-mo. Schedule model of urban taxi quantity based on taxi running information[J]. China Journal of Highway and Transport, 2012, 25(5): 120-125. (in Chinese)
- [12] WONG K I, WONG S C, YANG Hai. Modeling urban taxi services in congested road networks with elastic demand[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2001, 35(9): 819-842.
- [13] 刘科,沈建军,杨长虹.关于城市出租车规划的模型及应用[J].数学的实践与认识,2006,36(7):141-150.  
LIU Ke, SHEN Jian-jun, YANG Chang-hong. Model and application of taxi programming in cities[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2006, 36(7): 141-150. (in Chinese)
- [14] SCHALLER B. Elasticity for taxicab fares and service availability[J]. Transportation, 1999, 26(3): 283-297.