

# 基于运营效能的城市轨道交通票价确定方法

五一<sup>1,2</sup>

(1. 西南交通大学 交通运输学院, 四川 成都 610031; 2. 上海市长兴岛开发建设管理委员会, 上海 200060)

**摘要:** 围绕城市轨道交通合理票价确定问题, 在全面分析票价变动对城市轨道交通既有线路客流量、票价收入、运输成本、外部效益等影响的基础上, 建立了基于运营效能的城市轨道交通既有线路的合理票价计算模型, 并以上海轨道交通5号线为例进行了实证研究. 研究表明, 票价提高虽然能够增加城市轨道交通的票价收入, 但是单位乘客的运输成本和运营成本均随票价的逐步提高而逐渐增加, 同时运营效能将逐渐降低; 反之, 票价降低虽然减少了票价收入, 但是单位乘客的运输成本和运营成本均随票价的逐步降低而逐渐下降, 同时运营效能逐步提升. 为此, 建议以城市轨道交通运营效能最大化作为确定城市轨道交通合理票价的基本依据.

**关键词:** 城市轨道交通; 既有线路; 票价变动; 合理票价

**中图分类号:** U 239.5

**文献标识码:** A

## Calculation Method for Reasonable Fare Based on Operating Efficiency

WU Yi<sup>1,2</sup>

(1. School of Transportation Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. Development Office of Changxing Island, Shanghai 200060, China)

**Abstract:** An analysis is made of the fare-related factors of existing lines of URT, including passenger traffic volume, ticket revenue, transportation cost and exterior benefit to make the fare of urban rail transit (URT) more reasonable. A calculation method of reasonable fare is proposed based on the idea to maximize the operating efficiency. Taking the passenger traffic and fares data of Shanghai Metro Line 5 as the case data, the method is applied to finding the reasonable fare of Line 5. The empirical study results show that although high price can increase the ticket revenue of URT, the cost per passenger and the operation cost gradually increase along the ticket price; although lower price results in the ticket revenue reduction, the unit passenger's transportation cost and the operation cost decrease gradually and the operation

efficiency increases simultaneously. Therefore, it's proposed that maximizing operation efficiency of URT should be set as the basis of a reasonable fare.

**Key words:** urban rail transit; existing lines; fare changes; reasonable fare

随着我国经济的持续快速发展和城市化进程的加快, 在特大城市发展以轨道交通为骨干的公共交通系统, 已成为我国一些特大城市的首要选择<sup>[1]</sup>. 但是, 据统计, 国内新近投入运营的几条地铁和轻轨线路, 实际客流远小于预测客流, 线路负荷强度很低, 满载率也很低, 整体运营效率得不到提高. 以上海轨道交通5号线(2003年开通)为例, 该线2004年的预测客流量为17.1万人次·d<sup>-1</sup><sup>[2]</sup>, 而2006年实际客流量仅为5.81万人次·d<sup>-1</sup>, 线路负荷强度为0.34万人·(km·d)<sup>-1</sup>, 全天平均满载率仅为49.12%. 由此可见, 我国一些城市轨道交通线路的运营效率还非常低.

与此同时, 与国外几个典型城市的轨道交通票价相比较: 巴黎、东京、伦敦、纽约、日本、首尔等城市的轨道交通单程票价一般为人均日收入的0.64%~1.66%; 国内典型城市中, 除北京轨道交通单程票价为人均日收入的1.53%较低外, 其余城市的轨道交通单程票价均超过了人均日收入的2.35%以上, 上海市轨道交通单程票价占人均日收入的比例更是达到了国内最高的3.72%<sup>[3]</sup>. 由此可见, 从乘客经济承受能力角度考虑, 上海轨道交通票价还有一定的下调空间.

一方面是城市轨道交通客流不足、运营效率低; 另一方面是城市轨道交通的票价较高. 这些问题导致城市轨道交通效率低、效益差, 影响城市轨道交通的可持续发展. 为此, 本文从提高城市轨道交通运营

收稿日期: 2010-04-26

基金项目: 上海市科委基金资助项目(072112033)

作者简介: 五一(1959—), 男, 教授级高级工程师, 博士生, 主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: wuyi1959@139.com

效能(包括经济效益和社会效益)的角度研究线路的合理票价计算方法,围绕票价和客流的弹性关系,期望通过合理的票价调整来提高我国城市轨道交通既有线路的运营效率.

## 1 票价变动对相关因素的影响程度分析

对于已开通的城市轨道交通线路来说,其票价制定已经完成,此时要考虑的主要是票价变动对各项因素的影响及其影响程度,以此来判断城市轨道交通既有线路涨价和降价的合理性.城市轨道交通的票价变动后,将对城市轨道交通的客流量产生影响,而客流量的变动将引起票价收入、运输成本、外部效益等相关因素的变化.在本文中,为了便于量化分析票价变动对相关因素的影响,作者把城市轨道交通和地面公交作为一个系统考虑,在这个系统中其客流总量保持不变,但是城市轨道交通的票价变动将影响客流出行方式的选择,从而影响城市轨道交通客流量和地面公交客流量;因此,对于票价收入、运输成本和外部效益的影响也是从整个系统的角度来考虑的.

### 1.1 对客流量的影响

城市轨道交通票价变动首先是对城市轨道交通的客流量产生影响,而客流量变化的大小取决于票价弹性系数的大小.因此,根据票价弹性系数可以计算得到城市轨道交通票价浮动对客流量的影响.由于对于不同的线路其高峰时间和平峰时间、涨价和降价所对应的弹性系数并不是相等的<sup>[4-5]</sup>,因此有以下关系:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q &= \Delta Q_p + \Delta Q_{np} \\ \Delta Q_p &= e_p^{\pm} Q \beta_p \frac{\Delta p}{p_1} \\ \Delta Q_{np} &= e_{np}^{\pm} Q (1 - \beta_p) \frac{\Delta p}{p_1} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中: $\Delta Q$  为城市轨道交通客流变化量,万人次 $\cdot d^{-1}$ ;  $e_p^{\pm}$  为高峰时段涨价( $e_p^+$ )或者降价( $e_p^-$ )的弹性系数; $\beta_p$  为高峰小时客流系数; $e_{np}^{\pm}$  为非高峰时段涨价( $e_{np}^+$ )或者降价( $e_{np}^-$ )的弹性系数; $\Delta Q_p, \Delta Q_{np}$  分别为高峰和平峰时间的客流变化量,万人次 $\cdot d^{-1}$ ;  $\Delta p$  为票价变化量,元 $\cdot$ 人次 $^{-1}$ ;  $p_1$  为当前的票价水平,元 $\cdot$ 人次 $^{-1}$ .

### 1.2 对票价收入的影响

在系统客流总量不变的情况下,城市轨道交通客流量的变化必将影响地面公交的客流量.在本文

中为了简化计算与分析,假设城市轨道交通的票价变动不影响地面公交的票价水平,则城市轨道交通票价变动对票价收入的影响可以表示为

$$\Delta R = 365[(Q_1 + \Delta Q)\Delta p + \Delta Q(p_1 - p_b)] \quad (2)$$

式中: $\Delta R$  为城市轨道交通票价变动对票价收入的影响,万元 $\cdot$ 年 $^{-1}$ ;  $Q_1$  为票价变动前的城市轨道交通客流量,万人次 $\cdot$ 天 $^{-1}$ ;  $p_1$  为票价变动前城市轨道交通的平均票价,元 $\cdot$ 人次 $^{-1}$ ;  $p_b$  为地面公交的平均票价,元 $\cdot$ 人次 $^{-1}$ .

### 1.3 对运输成本的影响

运输成本包含建设成本和运营成本.从建设成本来看,由于本文是对城市轨道交通既有线路合理票价的分析,因此可以认为由于票价变化引起的客流量变化不会对城市轨道交通和地面公交的建设成本产生影响;但是,由于客流量的变化,尤其是高峰时段客流量的变化将对城市轨道交通或地面公交的车辆购置数产生影响,因此影响其车辆购置成本.从运营成本来看,对于城市轨道交通既有线路,职工工资及福利费、其他设备维修费、动力及照明用电费和管理费等运营成本与客流量的关系不大,而客流量的变化对城市轨道交通运营成本的影响主要体现在车辆维修费和牵引电力费的变化上.与此相类似,客流量的变化对地面公交运营成本的影响也主要体现在车辆维修费和车辆耗油量方面.

对于既有的城市轨道交通线路和地面公交线路来说,在客流增加的时候需要根据实际情况增加车辆配置和缩短发车间隔,但在客流减少的时候为了保证其服务水平,一般不会减少车辆购置数量和增大发车间隔.因此有如下关系:

$$\left. \begin{aligned} \Delta C &= \begin{cases} \Delta C_r = \Delta C_{v,r} + \Delta C_{o,r}, & \Delta Q \geq 0 \\ \Delta C_b = \Delta C_{v,b} + \Delta C_{o,b}, & \Delta Q < 0 \end{cases} \quad (3) \\ \Delta C_{v,r} &= \Delta n_{p,r} \theta_r m (1 + \gamma_b + \gamma_j) p_{v,r} (1 - \gamma_c) / n_v \\ \Delta C_{o,r} &= 2 \times 365 (\Delta n_{p,r} t_p + \Delta n_{np,r} t_{np}) mL \cdot \\ &\quad (O_{vm} + O_{te} p_{te}) \\ \Delta C_{v,b} &= \Delta n_{n,b} \theta_b (1 + \gamma_{b,b} + \gamma_{j,b}) \cdot \\ &\quad p_{v,b} (1 - \gamma_{c,b}) / n_{v,b} \\ \Delta C_{o,b} &= 2 \times 365 (\Delta n_{p,b} t_p + \Delta n_{np,b} t_{np}) \cdot \\ &\quad L (O_{vm,b} + O_g p_g) \end{aligned} \right\}$$

式中: $\Delta C$  为票价变化引起的运输成本变化,万元 $\cdot$ 年 $^{-1}$ ;  $\Delta C_r, \Delta C_b$  分别为城市轨道交通客流增加或减少时增加的轨道交通运输成本或地面公交运输成本,万元 $\cdot$ 年 $^{-1}$ ;  $\Delta n_{p,r}, \Delta n_{np,r}$  分别为城市轨道交通票价变动后高峰小时和平峰小时发车对数的变化量,对 $\cdot$ h $^{-1}$ ;  $\theta_r$  为城市轨道交通列车周转时间,h;

$\gamma_b, \gamma_j$  分别为城市轨道交通备用车和检修车系数;  
 $p_{v,r}$  为城市轨道交通车辆的购置费, 万元·辆<sup>-1</sup>;  $t_p$ ,  
 $t_{np}$  为高峰小时数和平峰小时数, h;  $m$  为城市轨道交通  
 列车编组数, 辆·列<sup>-1</sup>;  $L$  为城市轨道交通线路长  
 度, km;  $O_{vm}$  为城市轨道交通车辆维修费用指标, 万  
 元·(辆·km)<sup>-1</sup>;  $O_{te}$  为城市轨道交通牵引用电指  
 标, 万 kW·h·(辆·km)<sup>-1</sup>;  $p_{te}$  为城市轨道交通牵  
 引用电价格, 元·(kW·h)<sup>-1</sup>;  $\Delta n_{p,b}, \Delta n_{np,b}$  分别  
 为地面公交增加客流量后需要在高峰小时和平峰小  
 时增加的发车数, 辆·h<sup>-1</sup>;  $\theta_b$  为地面公交车辆周  
 转时间, h;  $\gamma_{b,b}, \gamma_{j,b}$  为地面公交备用车和检修  
 车系数;  $O_{vm,b}$  为地面公交的车辆维修费用指标, 万  
 元·(辆·km)<sup>-1</sup>;  $O_g$  为地面公交的耗油指标, t·(辆·  
 km)<sup>-1</sup>;  $p_g$  为耗油价格, 万元·t<sup>-1</sup>.

#### 1.4 对外部效益的影响

城市轨道交通的外部效益主要包括出行时间节  
 约、减少交通事故、改善环境质量、房产升值等. 由  
 于本文研究的是城市轨道交通既有线路票价变化对  
 其相关因素的影响, 因此, 可以认为外部效益中的  
 房产升值效益不因客流量的变化而发生变化. 因而,  
 从票价变化的角度来考虑, 影响的效益主要是出行  
 时间节约效益、减少交通事故效益和改善环境效益.

##### 1.4.1 对节约出行时间的影响

城市轨道交通项目大多为封闭的, 快速、省时、  
 准时是其突出的特点. 对于出行的客流来说, 选择  
 轨道交通较选择地面公交要节省出行时间. 因此, 票  
 价变化对出行时间效益的影响可以表示为

$$\Delta B_t = 365 \Delta Q g \Delta t (\alpha_w \gamma_w + \alpha_l \gamma_l) \quad (4)$$

式中:  $\Delta B_t$  为票价变动对出行时间节约效益的影响,  
 万元·年<sup>-1</sup>;  $\alpha_w, \alpha_l$  分别为工作客流系数和休闲客  
 流系数;  $\Delta t$  为改变出行方式后出行时间的变化, h·  
 人次<sup>-1</sup>;  $g$  为计算当年的单位时间价值, 元·h<sup>-1</sup>;  $\gamma_w, \gamma_l$   
 分别为工作客流和休闲客流节约的时间价值系数.

##### 1.4.2 对减少交通事故效益的影响

城市轨道交通系统不管是地下、高架还是地面  
 运行, 基本上是在一个封闭的专用行车道上运行的,  
 不受其他交通方式干扰, 也不受行人和天气的影响,  
 很少发生事故, 减少了交通事故造成的直接和间接  
 损失. 因此, 城市轨道交通与地面公交相比, 将产  
 生较少交通事故的效益, 而票价变动引起的客流量  
 变化将影响这项效益的大小.

$$\Delta B_a = 365 \sum_j \Delta Q \bar{L} (\beta_{j,b} - \beta_{j,r}) w_j \quad (5)$$

式中:  $\Delta B_a$  为票价变动对交通事故的影响, 万元·

年<sup>-1</sup>;  $\beta_{j,b}$  为常规公交第  $j$  种事故的发生率, 次·(万  
 人·km)<sup>-1</sup>;  $\beta_{j,r}$  为轨道交通第  $j$  种事故的发生率,  
 次·(万人·km)<sup>-1</sup>;  $w_j$  为第  $j$  种事故的社会损失  
 额, 万元·次<sup>-1</sup>.

##### 1.4.3 对改善环境质量效益的影响

城市轨道交通的一个主要外部效益就是由于轨  
 道交通的存在使地面公交的走行公里减少而引起的  
 汽车尾气污染物排放的减少, 从而导致政府相关部  
 门投入环境治理的费用的减少<sup>[6]</sup>, 产生改善环境  
 质量的效益. 票价变动引起的客流变化将使其出行  
 方式发生改变, 因而也影响了环境效益的大小.

$$\Delta B_{en} = 365 \Delta Q \bar{L} \sum_i (a_{i,b} - a_{i,r}) c_i \quad (6)$$

式中:  $\Delta B_{en}$  为票价变动对城市轨道交通改善环境  
 效益的影响, 万元·年<sup>-1</sup>;  $a_{i,b}, a_{i,r}$  分别为常规公  
 交和城市轨道交通第  $i$  种废气的单位排放量, t·(人·  
 km)<sup>-1</sup>;  $c_i$  为第  $i$  种废气的单位治理费用, 万元·t<sup>-1</sup>.

## 2 基于运营效能的合理票价计算方法

由于票价变化情况下的票价收入变化、运输成  
 本变化和外部效益变化与客流变化量  $\Delta Q$  紧密相  
 关, 而客流变化量的大小又与票价变化幅度  $\Delta p$  和  
 弹性系数  $e$  构成函数关系. 因此, 票价变化对票价  
 收入、运输成本和外部效益的影响均可以表示为  $\Delta p$   
 和  $e$  的函数. 如果把票价收入、运输成本和外部  
 效益的代数和定义为运营效能(其中运输成本记为  
 负), 则可以通过计算得到使城市轨道交通运营效  
 能变化量最大的票价变化量, 以此得到城市轨道  
 交通既有线路的合理票价. 在此基础上, 提出基  
 于运营效能最大化的城市轨道交通合理票价计  
 算模型

$$\max \Delta X = \sum_i \Delta X_i(\Delta p_i, e_i) \quad (7)$$

$$\Delta X_i(\Delta p_i, e_i) = \Delta R_i(\Delta p_i, e_i) - \Delta C_i(\Delta p_i, e_i) + \Delta B_i(\Delta p_i, e_i)$$

$$p = p_1 + \sum_i \Delta p_i$$

$$\text{s. t. } Q_{\max, i} \leq Q_{\max, ex} \text{ 或者 } Q_{\max, i} \leq Q_{\max, sy}$$

$$0 < p_1 + \sum_i \Delta p_i$$

式中:  $\Delta p_i$  为城市轨道交通第  $i$  次票价变动幅  
 度, 元·人次<sup>-1</sup>;  $p$  为城市轨道交通既有线路的合  
 理票价, 元·人次<sup>-1</sup>;  $e_i$  为城市轨道交通第  $i$  次  
 票价变动时的弹性系数;  $\Delta X$  为城市轨道交通运营  
 效能总的变化量, 万元;  $\Delta X_i(\Delta p_i, e_i)$  为城市  
 轨道交通第  $i$  次票

价变动时产生的运营效能变化量,万元; $\Delta R_i(\Delta p_i, e_i)$ 为城市轨道交通第  $i$  次票价变动时产生的票价收入变化量,万元; $\Delta C_i(\Delta p_i, e_i)$ 为城市轨道交通第  $i$  次票价变动时产生的运输成本变化量,万元; $\Delta B_i(\Delta p_i, e_i)$ 为城市轨道交通第  $i$  次票价变动时产生的外部效益变化量,万元; $Q_{\max,i}$ 为城市轨道交通第  $i$  次票价变动时的高峰时间单向断面客流量,万人次  $\cdot h^{-1}$ ;  $Q_{\max,ex}$ 为城市轨道交通既有发车间隔条件下线路上高峰时间单向最大运能,万人次  $\cdot h^{-1}$ ;  $Q_{\max,sy}$ 为城市轨道交通系统最小发车间隔条件下线路上高峰时间单向最大运能,万人次  $\cdot h^{-1}$ .

利用以上模型,可以对城市轨道交通的既有线路进行票价合理性判断和调整.首先,需要判断当前的客流量与线路的运输能力是否相符,如果客流量小于线路的运输能力,则可根据票价的弹性对票价进行调整,判断的主要依据是高峰小时单向最大断面流量 ( $Q_{\max}$ ) 和平峰小时单向最大断面流量 ( $Q_{\max,np}$ ). 然后通过计算运营效能变化量  $\Delta X_i(\Delta p_i, e_i)$  得到让累计运营效能变化量  $\Delta X$  最大的合理票价,即  $p = p_1 + \sum_i \Delta p_i$ . 在票价调整过程中,运输能力可以既有设备配置方案或者既有运营组织方案对应的既有运输能力为准,也可以系统最大能力为准.因此,基于运营效能最大化的城市轨道交通既有线路票价合理计算方法如图 1 所示.

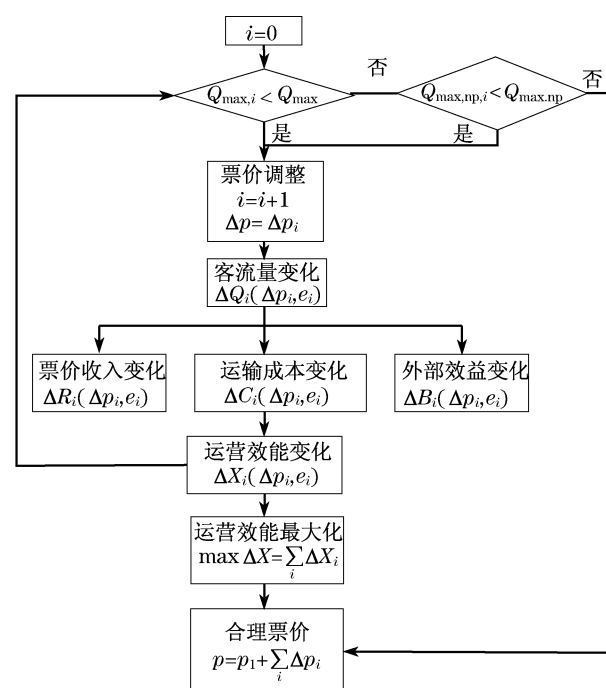


图 1 基于运营效能最大化的合理票价计算方法  
Fig.1 Calculation method for reasonable fare based on operating efficiency

3 实证案例研究

为了进一步验证本文提出的基于运营效能最大化的合理票价计算方法的可行性,以上海轨道交通 5 号线(以下简称 5 号线)为例,进行实证研究.

根据 5 号线 2008 年的客流及运营收入,该线平均票价约为 2.1 元  $\cdot$  人次 $^{-1}$ ,日均客流量在 7.5 万人次左右,平均运距约为 9.21 km. 由于难以取得不同票价水平下的弹性系数,在本案例研究中,不同票价水平对应的弹性系数取为单一数值(表 1),但对高峰和非高峰、涨价和降价采用不同的弹性系数值<sup>[7]</sup>. 同时为了尽量避免由于弹性系数不准确对案例分析结果的影响,在本案例研究中,以 0.1 元为单位,使票价从 2.1 元逐步涨到 4.2 元和从 2.1 元逐步降价到 0 元,在票价逐步变动的过程中对各种影响因素的影响程度进行分析,并计算其票价变动下的年运营效能变化量,以此分析上海轨道交通 5 号线票价水平与各相关因数之间的动态关系,并推算上海轨道交通 5 号线的合理票价水平.

表 1 上海轨道交通 5 号线的票价弹性系数取值  
Tab.1 Fare elasticity of Shanghai Metro Line 5

情况	高峰	非高峰	取值依据
涨价	-0.266	-0.532	文献[8]数据推算
降价	-0.530	-0.530	文献[9]数据推算

通过计算发现,提价虽然能增加城市轨道交通的票价收入,但是单位乘客的运输成本和运营成本逐渐增加,同时运营效能将降低;而降价虽然减少了票价收入,但是单位乘客的运输成本和运营成本逐渐减少,运营效能逐步提升(表 2). 因此,使运营效能最大的合理票价出现在票价降价过程中. 当票价降为 0 时,降价过程累积的运营效能变化量达到最大,但是此时的客流需求将超过线路的系统最大能力. 根据本文提出的既有线路合理票价计算模型,以满足既有能力为前提时,5 号线的合理票价为 0.8 元  $\cdot$  人次 $^{-1}$ ,票价从 2.1 元  $\cdot$  人次 $^{-1}$  逐步降到 0.8 元  $\cdot$  人次 $^{-1}$  累积的运营效能增加量  $\Delta X$  为 5 256.47 万元;以满足线路系统能力为前提时(最小发车间隔为 2 min),5 号线的合理票价为 0.1 元,此时累积的运营效能增加量为 26 997.83 万元.

表 2 城市轨道交通合理票价分析  
Tab.2 Rational fare of urban rail transit

票价水平/ (元·人次 <sup>-1</sup> )	轨道交通票价收入/ (万元·年 <sup>-1</sup> )	累积的运营效能 变化量/(万元·年 <sup>-1</sup> )	单位乘客的运输 成本 <sup>1)</sup> /(元·人次 <sup>-1</sup> )	单位乘客的运营 成本 <sup>2)</sup> /(元·人次 <sup>-1</sup> )	备注
0.1	1 372.66	26 997.83	1.58	0.81	满足系统能力
0.8	4 718.43	5 256.47	3.21	1.66	满足既有能力
2.1	7 649.67	0	5.2	2.69	现状
3.2	9 535.90	-891.27	6.36	3.29	能力富余
4.2	11 022.27	-888.82	7.22	3.37	能力富余

1)单位乘客的运输成本为建设成本年折旧成本与年运营成本之和除以年客流量;2)单位乘客的运营成本为年运营成本与年客流量之比.

实证研究表明,对于运输能力过剩、客源不足的线路,如果单纯从财务效益最大化的目标来定价,其票价水平较高,一方面将由于票价水平超出一些乘客的支付能力,使乘客转向票价更为便宜的其他地面交通方式,从而抑制城市轨道交通的运输需求;另一方面将由于客流量的减少使城市轨道交通的运输线路和系统设备闲置,造成资源的严重浪费.如果降低票价,则不仅可以促进城市轨道交通的运输需求,还可以提高城市轨道交通既有线路设备的利用效率,从而增加城市轨道交通的运营效能.因此,应以城市轨道交通运营效能最大化代替单纯以财务效益最大化作为确定城市轨道交通合理票价的基本依据.

4 结论

本文围绕城市轨道交通合理票价确定问题,在全面分析票价变动对城市轨道交通既有线路客流量、票价收入、运输成本、外部效益等影响的基础上,建立了基于运营效能的城市轨道交通既有线路的合理票价计算模型,并以上海轨道交通 5 号线为例进行了实证研究.

实证研究表明,票价提高虽然能够增加城市轨道交通的票价收入,但是单位乘客的运输成本和运营成本均随票价的逐步提高而逐渐增加,同时运营效能将逐渐降低;反之,票价降低虽然减少了票价收入,但是单位乘客的运输成本和运营成本均随票价的逐步降低而逐渐下降,同时运营效能逐步提升.因此,为了最大限度地发挥城市轨道交通既有线路的运营效率,应以城市轨道交通运营效能最大化代替单纯以财务效益最大化作为确定城市轨道交通合理票价的基本依据.

为了进一步完善本研究成果,下阶段将对城市轨道交通票价弹性系数和外部效益等相关参数的确定方法开展深化研究.

参考文献:

[1] 王振海.欧洲城市轨道交通及对中国的借鉴意义[J].都市轨道交通,2004,63(5):57.  
WANG Zhenhai. Europe urban rail transit and its hints to China [J]. Urban Rapid Rail Transit,2004,63(5):57.

[2] 上海市交通工程学会——徐道钊工作室.上海轨道交通 5 号线运营状况中间评估及对策措施[R].上海:上海交通工程学会,2005.  
Shanghai Traffic Engineering Institute——Xu Taofang Studio. Intermediate assessment and countermeasures for operation status of Shanghai Metro Line 5[R]. Shanghai:Shanghai Traffic Engineering Institute,2005.

[3] 上海市城市交通管理局,同济大学,上海地铁运营有限公司.世界典型城市轨道交通票制票价比较研究[R].上海:同济大学交通运输学院,2007.  
Shanghai Urban Traffic Management Department, Tongji University, Shanghai Metro Ltd. Company. Ticket price and policy of urban rail transit in sutra cities in the world[R]. Shanghai: Tongji University. College of Transportation Engineering,2007.

[4] Booz Allen Hamilton. ACT Transport demand elasticities study [R]. Canberra: Department of Urban Services,2003.

[5] Dargay J M, Hanly M. Bus fare elasticities[R]. London: ESRC Transport Studies University,1999.

[6] 陈佐.城市轨道交通对生态环境的影响[J].中国铁道科学,2001,22(3):126.  
CHEN Zuo. Impacts of urban rail transit on the ecological environment[J]. China Railway Science,2001,22(3):126.

[7] Litman T. Transit price elasticities and cross-elasticities[J]. Journal of Public Transportation,2004,7(2):37.

[8] 方礼君.城市轨道交通客流相关问题研究[D].上海:同济大学交通运输学院,2008.  
FANG Lijun. Study on problems of passenger flow of urban rail transit [D]. Shanghai: Tongji University. College of Transportation Engineering,2008.

[9] 贺崇明,马小毅.广州市票务政策对轨道交通客运量的影响[J].城市轨道交通研究,2008(8):5.  
HE Chongming, MA Xiaoyi. Impact of ticket transaction policy on URT passenger volume in Guangzhou [J]. Urban Mass Transit,2008(8):5.