

文章编号:1000-582X(2005)06-0136-03

重庆市轻轨票价理论及应用*

陈义华,车天义,赵良杰,董玉成

(重庆大学数理学院,重庆 400030)

摘要:通过对轻轨交通票价理论的分析,根据目标不同建立多个票价模型,并从社会、轨道公司、乘客三者利益出发建立层次分析模型,然后对多个票价模型进行综合指标评定,最终确定轻轨最优票价方案.将模型实际应用于重庆市轻轨二号线的票价制定,提出了二号线票价建议方案.

关键词:轻轨;计程票价;定价模型;层次分析

中图分类号: O29;U293.2

文献标识码: A

票价是决定轨道交通客运量发展的重要因素,票价的制定将直接影响轨道公司的利益和普通乘客的利益.传统的定价方式大都以不同的票价目标为依据建立单一的定价模型,但是这种方法忽略了其他定价模型的合理性,因此这种定价方式没有很好地体现对各方利益的兼顾和社会效益的最大化.笔者通过对票价理论的探讨,建立票价层次分析模型来解决上述问题,并根据模型提出重庆市轻轨二号线票价建议方案.

1 票价理论

从不同的定价原则出发,有不同的定价原理.现在国内外轨道交通票价的制定主要依据以下几种票价理论.

1.1 均衡价格理论

在市场经济社会,运输价格最终是由运输市场的供求关系所决定的,均衡价格是需求和供给相等时的价格.均衡价格理论揭示,需求的变动引起均衡价格和均衡数量同方向变动;供给的变动引起均衡价格反方向变动,均衡数量同方向变动.两条不断变化的曲线的交点就是均衡价格^[1],见图1.

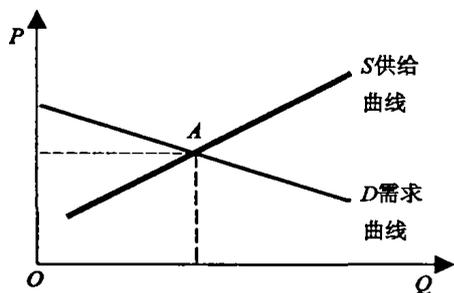


图1 均衡价格曲线

图1中的D是需求曲线,S是供给曲线,D与S相交于A点,在A点相应的X轴与Y轴上分别是均衡需求量和均衡价格.

1.2 运输价值理论

该理论是从需求者的角度出发,根据运输服务能为乘客创造的运输价值的多少来定价.运输价值反映乘客为获得运输服务而愿意支付的价格,它反映了运输服务所创造的经济价值.

一般认为,运输价值就是能使乘客愿意乘坐该交通工具的情况下,能够收取的最高票价.运输价值的大小反映了乘客对票价的承受能力.运输价值定价实质就是根据运输对象的负担能力的大小定价^[2].

1.3 厂商理论

该理论认为,每个企业都面临着市场竞争,因此每个企业在决定产量的同时还要合理确定价格,以便实现利润的最大化.利润是成本与收益达到的差额,因此,厂商理论从成本与收益的角度研究如何制定价格.根据厂商理论,在完全竞争的市场条件下,分别用AC、MC、AR、MR表示平均成本、边际成本、平均收益和边际收益.当运价水平满足 $AC = MC = AR = MR$ 时,运输企业能达到利润最大化^[3].

2 票价模型

根据不同的定价理论和目标建立定价模型来确定其最优平均票价水平,主要考虑建立边际成本定价模型、公司盈亏平衡的定价模型以及最大化社会效益的定价模型.

2.1 考虑边际成本的定价模型

假设运输成本与客流量之间存在函数关系:

* 收稿日期:2005-01-08

基金项目:重庆市轨道交通总公司资助项目(2003-204-019)

作者简介:陈义华(1957-),男,重庆垫江人,重庆大学教授,主要研究方向为运筹与控制,数学建模.

$$C = bQ^e, \quad (1)$$

式中: b, e 为待定常数, C 为运输成本, Q 为客流量.

边际成本是运营总成本对运量的导数,公式为:

$$P_m = dTC/dQ, \quad (2)$$

式中: P_m 为用边际成本确定的单位运价; TC 为运输总成本.

最优平均票价公式为:

$$P = P_m + T/Q, \quad (3)$$

式中: T 为年固定运营成本.

2.2 考虑盈亏平衡的定价模型

考虑到企业和普通市民两者的利益,通过轻轨运营的盈亏平衡作为制定票价模型的依据,从而构造相应的盈亏平衡的定价模型^[4].

运量 Q 与票价 P 之间存在关系:

$$Q = aP^\tau, \quad (4)$$

式中: a 为常数; τ 为运量的价格弹性系数, $\tau < 0$.

运营收入:

$$B = P \times Q = aP^{\tau+1}. \quad (5)$$

将式(4)代入式(1)得:

$$C = ba^\epsilon P^{\tau\epsilon}. \quad (6)$$

当运营收入与成本达到盈亏平衡点 L 时的票价为最优平均票价,即:

$$L = aP^{\tau+1} - ba^\epsilon P^{\tau\epsilon} = 0.$$

2.3 考虑整个社会效益最大化的定价模型

城市轨道交通必须兼顾公众、投资者等多方利益和政府财政的承受能力. 最优票价应该是既能使轻轨充分发挥其运营能力又能使公司收益最大化^[5].

在城市轨道交通中,可以假设运量的价格弹性系数 τ 为票价 P 的函数,且恒小于零.

将式(5)改写为:

$$B = aP^{\tau(P)+1}, \quad (7)$$

将式(7)两边取对数并对 P 求导数:

$$\frac{dB}{dP} = a(\tau(P) + 1)P^{\tau(P)} + aP^{\tau(P)+1} \ln P \frac{d(\tau(P))}{dP},$$

$$\text{令 } \frac{dB}{dP} = 0, \text{ 化简后有: } \tau(P) + 1 + P \ln P \frac{d(\tau(P))}{dP} = 0,$$

解上述微分方程,可得:

$$\tau(P) + 1 = \frac{c}{\ln P}. \quad (8)$$

将式(4)取对数得到 τ 与 P 的函数关系为:

$$\tau = (\ln Q - \ln a) / \ln P. \quad (9)$$

将式(9)代入式(8)中,化简得到:

$$\ln P = c + \ln a - \ln Q. \quad (10)$$

得到在正常运能 Q_0 条件下的最优平均票价为:

$$P_0 = \frac{ae^c}{Q_0}, \quad (11)$$

式中: Q_0 为轻轨正常运能; a 为常数; c 为积分常数.

通过上述模型分别计算出3个不同的最优平均票价,以所得平均票价为基础进一步确定重庆市轻轨的票价方案. 纵观世界各国的轨道交通系统,60%以上都采用的是计程票价制. 结合到重庆市的具体情况,对重庆轻轨拟采用分段计程票价方式. 在确定基本票价制式和最优平均票价后,还需再确定基本票价水平. 基本票价是指轨道交通中与乘距无关或关系不大的那部分服务性费用所对应的票价. 在充分考虑重庆市民的承受能力,并参照北京地铁相关经验的基础上,采用基本票价为最优平均票价30%的方案. 最后,根据居民乘车的平均乘距和扣除基本票价后的最优平均票价计算出轻轨的平均运价率. 以票价进制取整为原则,可得每单位票价(1元)下乘客可乘坐的区间长度应该为平均运价率的倒数,可近似认为该长度为轻轨的分段计程长度. 根据以上过程从而确定3个分段计程票价方案.

2.4 层次分析模型

从社会效益、轨道公司利益、乘客利益3个方面综合选取指标来对以上3个票价方案进行综合评价.

设对 n 个决策目标进行 m 项指标综合评价,其指标集矩阵为 $X_{ij}(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$, 则标准化取值为: $X_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\delta_i}$,

$$\text{其中: } \bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}; \delta_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}.$$

目标值: $Y_j = \sum_{i=1}^m w_i X_{ij}$, 其中 w_i 为第 i 个指标的权重, Y_j 是根据 AHP 模型计算出来的第 j 个决策目标的目标值. 目标值越大,该票价方案越优^[6-7]. 具体指标构建如下:

1) 社会效益(B1): 轨道交通建设是一种公益性基础设施建设,它最终的目标是满足人们出行方便、舒适的需要. 社会效益主要表现为: a. 乘客节约出行时间效益(C1); b. 减少疲劳提高劳动生产率效益(C2); c. 减少交通事故发生(C3); d. 改善交通状况(C4).

2) 轨道公司利益(B2): 票价必须能保证正常的生产成本得以补偿,同时应有合理的经营利润. 其利益主要表现为: a. 每人乘坐一公里的总成本(C5); b. 公司运营成本(C6); c. 公司票价收入(C7); d. 公司的收入与投入成本比值(C8).

3) 乘客利益(B3): 作为一种公益性基础设施建设,票价必须合理体现乘客的既得利益,乘客利益主要表现为: a. 平均运价率(C9); b. 票价方案接受率(C10); c. 全程总票价(C11).

通过该模型即可综合各个定价模型的优势,建立社会效益、公司利益和乘客利益三者兼顾的合理票价方案,见图2.

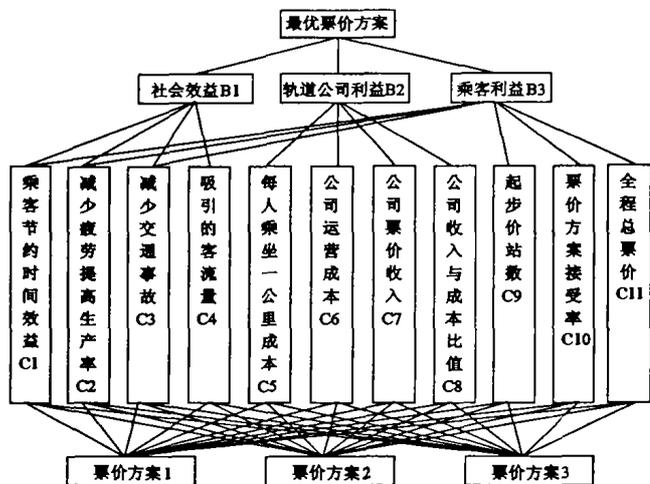


图2 票价方案评价指标体系

3 模型应用举例

将模型应用于重庆市轻轨二号线票价制定中,进行定量分析.

采用1~9比例标度对重要性程度进行赋值,建立判断矩阵,得到了各个指标归一化后的权重.根据判断矩阵得到各指标权重如表1所示.

表1 各指标数据权重

指标	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
权重	0.059	0.059	0.034	0.161	0.081	0.018	0.058	0.256	0.104	0.098	0.072

社会效益评价权重具体如表2所示.

表2 社会效益评价权重

票价方案	票价方案1	票价方案2	票价方案3
评价权重	-1.018	-0.306	1.188

轨道交通公司利益评价权重具体如表3所示.

表3 轨道交通公司利益评价

票价方案	票价方案1	票价方案2	票价方案3
评价权重	1.133	0.263	-1.078

乘客利益评价权重具体如表4所示.

表4 乘客利益评价

票价方案	票价方案1	票价方案2	票价方案3
评价权重	-0.558	0.391	0.800

得到各方案的综合评价权值,如表5所示.

表5 较新线票价方案综合评价权值

票价方案	票价方案1	票价方案2	票价方案3
评价权值	-0.015	0.057	0.222

通过层次分析模型从3个计算得出的票价方案中最终确定重庆市轻轨二号线分段计程票价方案为:起步价(1~4站)2元;5~9站3元;10~13站4元;14站以上5元.该方案综合了多个票价模型的优点,充分考虑了多方利益的兼顾,是符合综合效益最大化的最优票价方案.

4 结束语

通过对轨道交通票价理论的深入分析,选取合理的票价模型并采用层次分析法对模型进行综合评价,最终形成轨道交通票价方案,建立了一套轨道交通定价体系.将该定价体系首次应用于重庆市轻轨二号线票价方案设计中,取得了非常好的效果.在实际的票价运用中还应当考虑其它因素对票价的影响,如特殊乘客的优惠率问题、票价随物价变化的调整以及政策因素的变化等问题都需要更进一步详细探讨.

参考文献:

- [1] 季令,张宝国.城市轨道交通运营组织[M].北京:中国铁道出版社,1998.
- [2] 朱中彬.运输市场结构与运价[J].价格理论与实践,2002,(10):34-35.
- [3] 陈平.城市公共交通价格改革对策探讨[J].价格理论与实践,2002,(2):31-32.
- [4] 蔡顺利,蒋玉琨.北京地铁计程票价方案探讨[J].交通运输系统工程与信息,2002,(3):44-47.
- [5] 仝允桓.城市快速交通项目的最优票价与政府补偿[J].系统工程与实践,2001,(4):88-91.
- [6] 陈义华.数学模型[M].重庆:重庆大学出版社,1995.
- [7] 王莲芬,许树柏[M].层次分析法引论.北京:中国人民大学出版社,1990.

Ticket Theory and Application of Light-rail in Chongqing

CHEN Yi-hua, CHE Tian-yi, ZHAO Liang-jie, DONG Yu-chen

(College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: This paper mainly analyzes the theory of light-rail. A few optimal fare-pricing models is established based on different objects. The authors combine the benefits of Society, Orbit company and the passengers to establish an AHP model for assessing the fare-pricing models. Finally, they establish an optimal fare-pricing scheme with light-rail. This model is applied to light-rail line 2 in Chongqing. A scale ticket price scheme of this object is given.

Key words: light-rail; scale ticket price; fare model; AHP