

文章编号: 1005—0523(2005)03—0063—04

基于投标价格法的铁路客运收益管理方法改进

张秀敏¹, 文曙东²

(西南交通大学 1. 经济管理学院; 2. 土木工程学院, 四川 成都 610031)

摘要: 将收益管理方法引入铁路客运领域, 针对民航与铁路客运的差别, 根据投标价格法的基本原理, 分析该方法应用于我国铁路客运领域的局限性, 进而提出改进方法: 隐藏价格—EMSR 法. 通过算例对比固定价格法、投标价格法与新方法的实施效果, 寻求适合铁路客运的科学收益管理模式.

关 键 词: 投标价格法; 收益管理; 隐藏价格; EMSR

中图分类号: F224.9

文献标识码: A

收益管理方法在国外民航客运业应用最为成功和广泛. 对于铁路客运, 除了一些铁路客运市场营销与管理的文章和著作以外, 方晓平(2000)初步定性描述铁路差别定价策略^[1]; 韩潇(2001)倡议铁路票价应以市场为导向^[2]; 刘东、马建军(2002)辨析车票影响因素, 提出价格制定原则^[3]. 在铁路客运方面国内刚刚起步的收益管理研究还集中于呼吁放开票价以及分析放开后应注意问题, 未建立具体的定量数学模型.

国外航空多区段运输网络位置存量控制通常采用投标价格法. 实践证明该方法确实能够显著提高总体收益[4—5]. 列车沿线经过若干站点, 每一车次都是由不同运行区段构成的运输网络. 由于铁路和民航间存在着诸多的差别, 所以虽然投标价格法对于铁路客运管理具有一定的指导意义, 也无法全盘照搬. 本文根据标价法基本原理, 探讨实用于铁路客运的局限性, 提出铁路的收益管理的改进方法: 隐藏价格——EMSR 方法, 并通过算例比较常规的固定价格法、投标价格法与新方法的实施效果.

1 相关理论

Williamson(1992)提出通过求解下列线性规划问题(DLP Model)的对偶问题, 计算出网络运输中每个单区段的影子价格(Dual Price), 然后通过嵌套式结构组合所有价格等级对应的起始点区段(起始点/价格等级, Origin Destination Fare,

ODF)的需求, 可以提高对座位的需求期望值, 增加运输网络整体收益.

$$\text{Maximize } \sum_{\text{ODF}} f_{\text{ODF}} X_{\text{ODF}} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{\text{ODF} \in S_l} X_{\text{ODF}} \leq C_l, \text{ 对任何单区段 } l \quad (2)$$

$$0 \leq X_{\text{ODF}} \leq ED_{\text{ODF}}, \text{ 对任何 ODF} \quad (3)$$

其中, f_{ODF} 表示某 ODF 的票价, 表示分配给某 ODF 的位置数量, S_l 表示包含 l 区段的所有区段集合, C_l 表示区段 l 上总的位置数量, ED_{ODF} 表示对某 ODF 的需求期望值.

在此基础上, De Boer et al. (1999)提出将 ODF 上各个区段的子价格之和 $\sum_{l \in \text{ODF}} p_l$ 作为位置的机会成本, 该 ODF 的价格与机会成本之差视为该价格水平的网络收益贡献值. 这样嵌套顺序的表达式如式(4). 如果旅客提供的票价大于线路投标价, 即 $f_{\text{ODF}} > \sum_{l \in \text{ODF}} p_l$, 此价格有效, 需求被接受; 否则被拒绝^[4,5].

$$f_{\text{ODF}} = f_{\text{ODF}} - \sum_{\text{ODF} \in S_l} p_l \quad (4)$$

2 投标价格法应用于我国铁路客运的局限性

民航与我国铁路客运存在着诸多差别, 其中与投标价格法项关联的包括以下方面.

1) 票务分配制度不同. 各铁路局对沿线车站留有一定配额的预留票, 民航没有类似规定. 由于铁路存在预留票, 上述模型就必须考虑每个区段出售允许的最大额度 D' , 并将

收稿日期: 2005—01—08

作者简介: 张秀梅(1976—), 女, 上海人, 博士研究生.

此作为限制条件:

$$X_{ODF} \leq D'_{ODF}, \text{ 对任意 ODF} \quad (5)$$

2) 乘客数量与乘坐距离的分布不同. 航班起飞后半途中转少, 且上下机乘客的人数及其乘机距离在售票时已经确定; 铁路沿线站点众多, 上下旅客的数量和乘坐的距离随机分布. 求影子价格的前提假定是需求必须按原预测结果发生位置存量才能得到最佳分配, 而投标价格法用区段的影子价格近似座位的边际成本, 没能充分考虑需求的随机性, 高估了区段的机会成本 (Chen et. Al, 1998), 造成还有一定赢利潜力未充分发掘^[5].

3) 车位衔接方式的特殊性. 铁路乘客一旦买票上车将一直占用固定的席位, 中途通常不愿换位, 就会造成某些区段实际允许出售的位置数量比条件(2)更加苛刻. 如图 1, 某两区段的线路共有 6 个位置. AB、BC 区段已各售出一张车票, 所占位置用 1 表示, 未占用的位置用 0 表示. 根据条件(2), 可允许 AC 区段出售 5 张车票, 但由于不能要求乘客半途变换席位, 故只能出售 4 张 AC 区段车票, 对应位置用“0”表示. 因此对于铁路还应增加一个约束条件(6). 但求得满足全部约束(1)~(6)的解较为复杂和困难.

$$X_{ODF} \leq D''_{ODF}, \text{ 对任意 ODF} \quad (6)$$

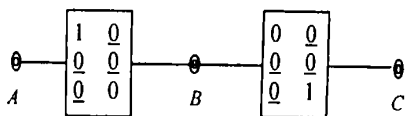


图1 铁路客运席位占用情况简图

4) 座位价值消逝的形式不同. 飞机座位属于典型的“易腐资产”, 一旦起飞未售出的机位将立刻全部失去其价值^[4], 因而必须在起飞前尽最大努力售出机票. 铁路乘客可先上车后补票, 未售出的座位价值还有沿途实现的可能性, 只是相应的剩余价值随列车的前行逐渐减少, 具体过程如图 2.

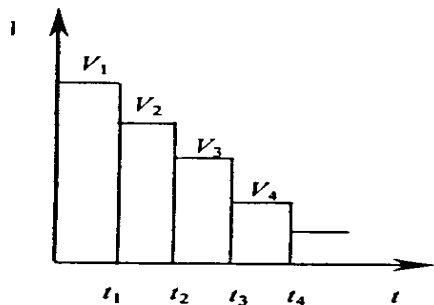


图2 列车座位价值流逝过程

$t = 0$ 列车时刻离开起始站前座位价值为 V_0 . 过了 t 时刻如果座位没有售出, 价值马上跌至 V_1 , 流失 $V_0 - V_1$. 列车继续前行, t_1 时刻从下一站点出发, 如果仍然闲置就只能等到再下一站出售, 价值又流失 $V_1 - V_2$. 依此类推, 随着列车前行空闲座位的价值逐渐减少. 当达到终点站的前一站还无法实现销售, 价值将最终减至 0.

同时政府的价格管制方式也不一致: 国家对航空以下限管制为主, 对铁路则实行严格的上限控制. 定价原则的差

异使得铁路部门可在列车驶出后根据铺位的闲置情况实行多级差别定价, 对不同区段实施逐段降价, 直至最终不存在闲置席位, 最大限度提高席位利用率, 增加总体收益. 但此时自变量 f_{ODF} 与原标价法中的含义和限制条件不再相同.

5) 运量规模的差异造成实用效果的不一. 航班一次只有几百个的座位, 定价主要考虑旅客的承受能力. 我国铁路客运年客运量大、距离长、情况复杂, 定价遵循“递远递减”原则. 这种情况下, 如果用投标价格法算出的长区段的投标价格应对的是短区段最高价格之和, 在运输旺季就会出现长区段最高价格 $\max(f_{ODF})$ 小于投标价格 $\sum_{i \in ODF} p_i$. 造成运营部门只把票卖给单位里程收益较高的中短期区段的乘客, 长程旅客反而买不到票, 无法实现收益最大化.

鉴于上述差异, 根据标价法基本原理, 结合我国铁路客运实际情况, 提出改进方法: 隐藏价格——EMSR 方法.

3 隐藏价格——EMSR 法

某一简单列车线路, 如图 3. AB、BC、AC 区段为 AC 区段的子区段; AC 区段是 AB、BC、AC 区段的母区段; AC 区段所有子区段中, AB 区段的起始站与母区段起始站相同、终点站为起始站下一站的区段, 称为母区段的始区段.

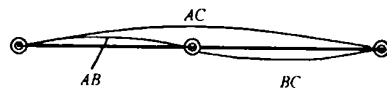


图3 简单列车线路示意图

鉴于投标价格法未考虑需求随机性, 在此引入随机因子 γ 表示总需求超过座位数的概率. $\bar{P}(C)_j$ 表示 j 区段位置的所有需求 D_j (含母区段) 大于能提供位置数 C 的概率. 由定义知 $\gamma_j = \bar{P}(C)_j$.

任何区段 j 的期望边际座位收益 $EMSR_j(n)$ 表示第 $n+1$ 个座位保留给 j 区段乘客的期望收益, 等于价格 f_j 与需求超过座位数量 n 的概率的乘积^[6].

$$EMSR_j(n) = \bar{P}_j(n) * f_j \quad (7)$$

票价 f_j 跟整个体系相关, 不能直接求得. 由于 f_j 是各区段定价对共同子区段 j 区段影响的综合, 反映单个区段的机会成本, 而影子价格本身就是系统在最佳利用状态下求得的机会成本, 所以可用区段的影子价格 (简称 dpr) 替代 f_j . 区段的期望边际座位收益

$$\begin{aligned} EMSR_j^i &= EMSR_j^i(C) = dpr_j * \gamma_j \\ &= dpr_j * \bar{P}(C)_j \end{aligned} \quad (8)$$

由于母区段 q 的期望边际座位收益 $EMSR^q$ 值等于相应子区段的期望边际座位收益值之和, 可把 AC 区段位置的价值分解为 V_{AB} 与 V_{BC} 之和, 其中 $V_{AB} = (f_{AC} - EMSR_{BC}) * P_{AC}$, $V_{BC} = EMSR_{BC}$. 称为价值分解过程. 若已经以 f_{AC} 的价格售出此席位, $f_{AC} - EMSR_{BC}$ 实际就是对 AB 区段价值的定价.

$$\text{即} \quad f_{AB}^* = f_{AC} - EMSR_{BC} \quad (9)$$

同样, 对 AB 区段定价也意味着对整个 AC 区段做出定

价

$$f_{AC}^* = f_{AB} - EMSR_{BC} \tag{10}$$

式(9)、(10)的价格计算称为价格转化过程. f_{AB}^* 、 f_{AC}^* 是通过与其它区段的边际期望座位收益换算得到,称为隐藏价格(若已制订价格,该区段的隐藏价格就等于实际价格).

定理 站点 A 列车提供了目的地分别为 B、C 的两个区段产品,价格分别为 $(f_{AB})_k$ 、 $(f_{AC})_k(k=1,2,\cdots,K, \text{共 } K \text{ 级票价})$. 依据 $(f_{AC}^{\text{AB}})_k$ 、 $(f_{AB})_k$ 调整 AB、AC 区段座位的分配状况,使 AB 区段的隐藏收益最大,这时整个运输网络 $(AB + AC + BC)$ 的总体收益也达到最大^[7].

推论 若有三个或三个以上运行区段,如图 4. AC、AX、 $\cdots$ 、AQ 在 AB 区段的隐藏价格分别为 f_{AC}^{AB} 、 f_{AX}^{AB} 、 $\cdots$ 、 f_{AQ}^{AB} , AB 区段实际价格为 f_{AB} , 动态调整 AB 区段的位置分配状况,使 AB 区段收益(各隐藏收益之和)达到最大;同时,动态调整以 A 站点以后各个站点(B、C、X、 $\cdots$)为起点的各区段的位置分配状况,使 BC、CX、 $\cdots$ 区段收益依次达到最大,此时整个运输网络的总体收益也达到最大. 由定理 1 用数学归纳法证明^[7].

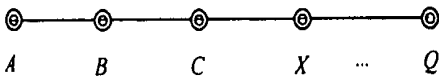


图 4 多区段列车线路示意图

根据上述定理及其推论,按照价值分解——价格转化理论,分析单区段隐藏价格,将铁路客运存量控制转化为单区段存量控制问题,然后利用传统的 EMSR 法^[4],实施单区段存量位置的嵌套式结构动态控制,对低收益票实行数量限制,允许高收益区段需求占用较低收益区段的位置,谋求整个运输体系收益最大化.

4 算 例

以图 3 线路为例,假定各区段需求服从泊松分布^[6],列车从 A 站出发后有 50 个闲置席位,补买全价票的行为都集中在刚出发后的时间 $[0, T_1]$ 内. 过了 T_1 时刻如还有空位, AB、AC 区段降价. 同样,过了 B 站,补全价票的举措都集中在 $[T_2, T_3]$ 时段. 如过了 T_2 时刻还有空位, BC 区段票价再次降价. 愿意购买全价票乘客由于担心买不到卧铺票通常不会等待购买折扣票,因而两个市场完全分割,顾客需求与价格如表 1 和表 2(价格:元;需求:张).

表 1 运输旺季三种价格卧铺位情况

价格级别	AB 区段		AC 区段		BC 区段	
	价格	需求	价格	需求	价格	需求
第一档	60	22	100	24	70	24
第二档	30	10	50	15	30	12

表 2 运输淡季三种价格卧铺位情况

价格级别	AB 区段		AC 区段		BC 区段	
	价格	需求	价格	需求	价格	需求
第一档	60	15	100	18	70	16
第二档	30	8	50	15	30	12

分别采用以下三种方法:

① 固定价格.按照目前列车补票固定价格的做法,即只有第一档价格有效,且对乘客补票需求采取先到先服务原则,不对区段座位分配做任何优化.

② 差别定价,按照投标价格法控制位置存量,在时刻 0、 T_1 、 T_2 、 T_3 更新投标价格;

③ 差别定价,用隐藏价格——EMSR 法进行存量控制,限制各运行区段订票数量,位置分配采用嵌套结构管理(即高收益区段需求可占用低收益区段位置).由于隐藏价格法与投标价格法都需要不断更新数据以适应需求的不确定性,所以同样在 4 个时点更新隐藏价格.

由计算机产生随机数模拟订票过程^[8]. 三种方法各重复运行 500 次订票过程,再对网络收入做 500 次平均,比较三种方法的收益值.

(1)需求旺季.表 1 第一档价格卧铺需求期望值: $D_{AB} = 20 + 24 = 44$, $D_{BC} = 24 + 24 = 48$. 列车容量接近饱和,表明属于运输旺季,计算结果如图 5. 由图 5 知,投标价格法的总收益比固定价格法提高 $(5\,512.5 - 5\,406.3) / 5\,406.3 = 1.96\%$,隐藏价格法的总收益比固定价格法提高 $(5\,537.6 - 5\,406.3) / 5\,406.3 = 2.42\%$,比投标价格法提高 $(5\,537.6 - 5\,512.5) / 5\,512.5 = 0.46\%$.

(2)需求淡季.如表 2,车位淡季需求较少,第一档卧铺需求期望值 $D_{AB} = 15 + 18 = 33$, $D_{BC} = 18 + 16 = 34$,计算结果如图 6. 此时,投标价格法的总收益比固定价格法提高 $(4\,641.6 - 3\,984.1) / 3\,984.1 = 16.5\%$,隐藏价格法的总收益比固定价格法提高 $(4\,723.5 - 3\,984.1) / 3\,984.1 = 18.6\%$,比投标价格法提高 $(4\,723.5 - 3\,984.1) / 3\,984.1 = 1.76\%$.

计算结果表明,目前铁路客运收益管理定价方法中,固定价格法赢利能力最差,差别定价能够增加收益. 由于隐藏价格——EMSR 法可对低收益区段订票数量进行限制,效果自然优于投标价格法. 尤其当需求不足时,三种方法下收益的差异更为明显. 由于编程限制,算例中路线所包含的区段数量小,情况简单. 如果应用于大型多区段复杂运输网络,新方法的优越性将更加明显.

5 结束语

投标价格法是航运领域网络运输存量控制的常用方法,对于铁路客运领域该方法存在着自身的局限性. 本文针对铁路客运的特点,沿用原方法中的影子价格,通过界定单旅行区段最佳概率因子、隐藏价格等概念,提出价值分解——价

格转化理论,将复杂网络运输优化问题转换为单区段多级票价优化问题,然后结合传统的 EMSR 方法,对各区段座位实行嵌套结构管理,合理限制各起始点各级客票的订座数量.新方法既具有继承性,又克服了投标价格法法的缺陷,实

用性较强.据此编制的新型管理软件和研发的配套硬件一旦投入运营,则可在不提高固定成本的情况下,挖掘运营潜力,提高铁路运输总体收益.

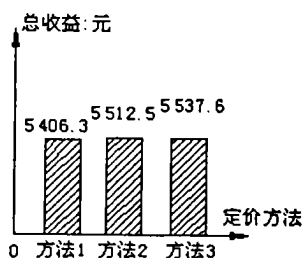


图5 旺季三种定价方法收益值

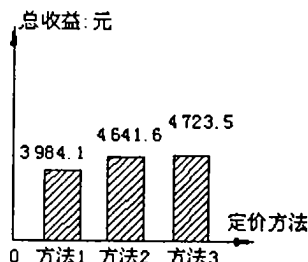


图6 淡季三种定价方法收益值

参考文献:

- [1]方晓平.差别定价法在铁路运输中的应用研究[J].长沙铁道学院学报,2000,(4):4—8.
- [2]韩 潇.铁路客运运价问题研究铁路客运运价问题研究[J].铁道运输与经济,2001,(7):7—9.
- [3]刘 东,马建军.“网运分离”条件下铁路客票价格分析和设计[J].铁道运输与经济,2002,(3):77—81
- [4]Kevin Pak and Nanda Piersma, Airline Revenue Management: An Overview of OR Techniques 1982—2001[R], Econometric Institute Report EI 2002,(3):1493—1522.

- [5]Kalyan Talluri and Garrett Van Ryzin, An Analysis of Bid—Price Controls for Network Revenue Management, Management Science[J] 1998;(44):1577—1593.
- [6]Belobaba, Application of a Probabilistic Decision Model to Air—line Seat Inventory Control[J], Operations Research, 1989;(37):183—197.
- [7]张秀敏,赵冬梅,文曙东.复杂运输网络存量控制研究[J].系统工程,2004,22(3):7—11.
- [8]文曙东,张秀敏.运输网络最优价格组合研究[J].武汉理工大学学报交通工程与工程版,2005,29(1):133—137.

Revenue Management Improvement of Railway Passenger Transportation Based on Bid-Price Method

ZHANG Xiu-min¹, WEN Shu-dong²

(1. School of Economics and Management; 2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: When revenue management introduced into railway passenger transportation, numerous distinctions between civil aviation and railway passenger transportation are objectively existed. Based on the fundamental principle of bid-price method, its limitations are analyzed when applied in railway passenger transportation. To seek scientific revenue management model for this area, an improvement method; recondite price-EMSR is further brought forward. With a simulation example, practice effects between the fixed pricing method, bid-price method and the new method are respectively compared.

Key words: bid-price method; revenue management; recondite price; EMSR