

需求导向下的双渠道航空客票定价研究

李嘉绪

(中国民航大学 经济与管理学院,天津 300300)

[摘要]考虑旅客策略行为,研究了在双渠道供应链中不同旅客需求下航空公司和代理商最优定价问题,构建了双渠道两阶段动态定价模型,探讨了以利润最大化为目标,不同需求下航空公司和代理商的最佳定价策略。研究发现:在双渠道竞争中,航空公司和代理商均存在最优定价策略并计算出最优定价;代理商在销售后期有更多降价机会来吸引顾客;短视型旅客比例越高,航空公司利润越高,代理商利润越低。

[关键词]双渠道;需求导向;航空客票定价;航空公司;代理商

[中图分类号]F562;F224

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2021)07-0049-07

Dual-channel Airline Ticket Pricing under Demand Orientation

LI Jiaxu

(School of Economics & Management, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: Considering the strategic behavior of passengers, this paper studies the optimal pricing of the airline and agent under different passenger needs in a dual-channel supply chain, constructs a dual-channel two-stage dynamic pricing model, and discusses the optimal pricing strategy of the airline and agent under different needs for the goal of profit optimization. The study finds that: in dual-channel competition, both the airline and agent have an optimal pricing strategy which could yield their optimal pricing; the agent has more opportunities to attract customers by reducing prices in the later stages of sale; and higher proportion of short-sighted passengers means higher profit for the airline and lower profit for the agent.

Keywords: dual-channel; demand-oriented; air ticket pricing; airline; agent

0 引言

航空公司通常以旅客需求为导向,对旅客购买行为和市场规律进行分析,制定出合理的价格将机票卖给合适的旅客,最终实现收益最大化。据Ovchinnikov和Milner统计,约一半旅客愿意等待以购买特价机票^[1]。如果航空公司忽视旅客的等待行为,会使航空公司在定价周期内供求不均衡。同时Aviv和Pazgal的研究表明当卖方认为消费者不存在策略行为时,卖方可能损失20%左右的收入^[2]。因此识别这些精明、理性的旅客对制定不同周期的机票价格至关重要。对于消费行为的研究起源于1961年,美国学者Muth首先提出策略型消费者这一概念,

他指出策略型消费者通过研究零售商的经营策略以及销售规律来决定购买行为,以实现自身利益最大化^[3]。由此可知,策略型消费者的选择具有策略性,他们总是偏向选择使得自身利益最大化的决策行动。对应的短视型消费者只要商品价格小于对其的估值就购买,否则离开市场。

近年来,学者对旅客策略行为进行了多角度研究。文献[4]研究了价格承诺策略对于缓解乘客策略行为的有效性,指出价格承诺不能完全消除乘客策略行为带来的损失,并给出了价格承诺策略与旅客策略程度和打折力度的关系;文献[5]研究了旅客策略行为为下进行动态舱位控制建立多周期动态规划模型,发现动态舱位控制策略可缓解乘客策略行

[收稿日期]2021-03-19

[作者简介]李嘉绪(1994-),男,河北保定人,硕士研究生,研究方向:航空客运运价。

为对航空公司期望收益的影响;文献[6]建立了旅客策略行为下考虑航空公司需求学习的多周期动态定价模型,得出了机票最优定价策略的充分条件、最优定价随时间、已售出机票数量的变化趋势。

销售渠道方面,国外学者较早进行了研究,Chiang,等^[7]发现市场需求固定时直销渠道价格普遍低于代理商零售价格,且对零售价格产生影响。Cattani,等^[8]建立了Stackelberg模型,研究表明在制造商为主导者时,如果直销渠道相比代理商的零售渠道更加便利,制造商和零售商更倾向于区别定价。Yoo,等^[9]在渠道竞争中考虑了消费者偏好,指出在传统渠道中加入线上渠道不一定会加剧竞争。Park,等^[10]研究了制造商的最优渠道选择问题,指出制造商同时使用传统渠道和直销渠道会提高利润,但同时也会造成零售商利润下降。国内学者潘伟,等^[11]研究了双渠道供应链中两种销售渠道共用一个订货渠道的最优订货策略与最优价格策略。朱玉炜^[12]研究了渠道偏好对双渠道定价问题的影响。曾敏刚,等^[13]研究了需求不确定时双渠道供应链的定价策略问题。Li,等^[14]建立Stackelberg模型,分析了绿色环保产品的双渠道供应链定价策略和产品绿化水平之间的关系。Zhao,等^[15]研究了两个制造商和一个代理商组成的供应链中互补品的定价,分析了忠诚度、产品互补水平和市场结构对定价策略和最大利润的影响。

考虑旅客购买机票的过程更接近于传统商品的预售过程,旅客进入市场的时间会对有限机票形成价格冲击。另外策略型旅客在购买机票时会优先考虑价格因素,更早到达市场选择票价最低的时机进行购买,而短视型旅客在购买机票时往往不考虑价格因素,相比之下更关心飞机起降时间,因此短视型旅客既有可能在周期一进入市场也有可能是在周期二进入市场。本文根据短视型旅客的进入市场时机,分别探讨短视型旅客较早进入市场造成第一周期供小于求和较晚进入市场造成第一周期供大于求两种情况下,航空公司和代理商组成的双渠道最优定价策略问题。

1 问题描述与假设

在现有的民用航空市场中,一方面航空公司通过官方渠道销售机票,另外还会将一部分机票以价格 w 分给代理商进行销售,销售周期为 $t(t=1,2)$ 。考虑如下问题:某航空公司一个航班的机票由该航空公司自身和代理商同时进行销售,机票成本为 c ,代理商以价格 w 从航空公司购入机票再售出。 $p_j(j=r, a)$ 表示不同时期不同销售渠道的价格, r 代表零售商, a 代表航空公司。旅客在周期一的初期进入市场,数量为 N ,其中短视型旅客比例为 θ ,策略型旅客比例为 $1-\theta$ 。假设两个类型的旅客对票价的估值均为 V ,服从 $[0,1]$ 的均匀分布,策略型旅客会选择在效用最高的时间段进行购买。

假设旅客对代理渠道有特殊偏好,即相同的价格消费者在代理渠道购买获得的效用更高,偏好系数为 ε ,取值范围为 $\varepsilon \geq 1$, ε 越大表示消费者获得的效用越高。假设策略型旅客的策略程度为 $s(s \geq 1)$, s 的影响因素主要包括货币的时间价值和机票退票风险,在民用航空市场中后者影响程度高于前者, s 越高代表旅客越愿意从第二周期购买机票。所有策略型旅客为了购买到更低价格的机票,会在第一周期进入市场,而短视型旅客在周期一或者周期二进入市场并在当期作出购买决策。图1和图2分别为两种情况下航空公司和旅客决策过程。

研究中做出如下假设:(1)代理商、航空公司和旅客都是理性经济人,追求效用或者收益最大化;(2)信息完全,即航空公司、代理商和旅客都能准确的获取市场信息;(3)策略型旅客和短视型旅客的数量之和等于航班座位数。

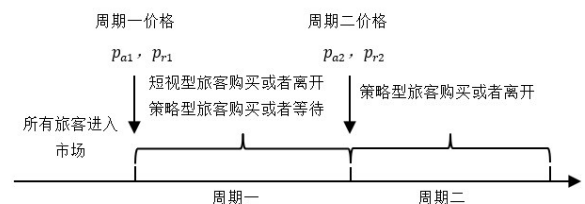


图1 短视型旅客周期一进入市场时航空公司和旅客决策过程

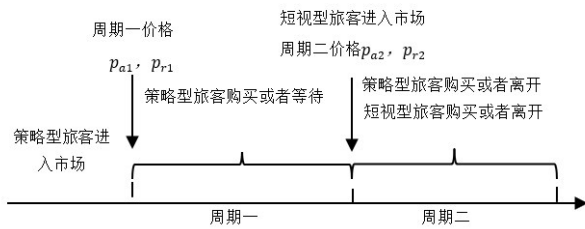


图2 短视型旅客周二进入市场时航空公司和旅客决策过程

2 短视型旅客周期一进入市场时的动态定价模型

2.1 旅客购买决策分析

当短视型旅客在周期一进入市场造成第一周期机票供小于求,航空公司和代理商周期二涨价,因此周期一机票价格小于周期二机票价格,有:

$$P_{r_2} > P_{a_2} > P_{r_1} > P_{a_1}$$

周期一内旅客在代理渠道购买机票获得的效用为 $U_r^1 = \varepsilon V - p_{r_1}$,在航空公司渠道购买机票获得的效用为 $U_a^1 = V - p_{a_1}$,周期二内在代理渠道购买机票获得的效用为 $U_r^2 = \varepsilon s V - p_{r_2}$,在航空公司渠道购买机票获得的效用为 $U_a^2 = s V - p_{a_2}$ 。

首先分析短视型旅客的选择行为。第一周期内,当 $U_r^1 = \varepsilon V - p_{r_1} > \max\{U_a^1, 0\}$ 时,通过代理渠道购买。当 $U_a^1 = V - p_{a_1} > \max\{U_r^1, 0\}$ 时,通过航空公司渠道购买。当 $U_r^1 = U_a^1$ 时,两种渠道购买对短视型旅客无差异,无差异边界为 $V_{d1} = \frac{p_{r1} - p_{a1}}{\varepsilon - 1}$ 。

设短视型旅客在第一周期内购买与不购买机票的无差异购买边界为 V_{d1} 。令 $f(v) = U_r^1 - U_a^1 = (\varepsilon - 1)v - p_{r_1} + p_{a_1}$, $\frac{\partial f}{\partial v} = \varepsilon - 1 > 0$,因此 $f(v)$ 为增函数,本文假设 $V_{d1} < V_{d2}$,又有 $f(V_{d2}) = 0$,所以 $f(V_{d1}) < 0$,即 $U_r^1 < U_a^1$,旅客会选择航空公司渠道进行购买。因此 $U_a^1 < 0$ 是旅客在第一周期购买机票效用小于零的充分必要条件,此时短视型旅客离开市场。求得旅客在第一周期购买与不购买机票的无差异购买边界为 $V_{d1} = p_{a1}$ 。

策略型旅客的购买行为与短视型旅客类似,当 $U_a^2 < 0$ 时,策略型旅客在第一周期离开市场,此时 $V_{d3} = p_{a1}$ 。类似的,第一周期购买与不购买机票的无

差异购买边界为 $V_{d4} = \frac{p_{r1} - p_{a1}}{\varepsilon - 1}$ 。第二周期内,当 $U_r^2 = s\varepsilon v - p_{r_2} > \max\{U_a^2, 0\}$ 时,通过代理渠道购买。当 $U_a^2 = s v - p_{a_2} > \max\{U_r^2, 0\}$ 时,通过航空公司渠道购买。当 $U_r^2 = U_a^2$ 时,两种渠道购买对策略型旅客无差异,无差异边界为 $\frac{p_{r2} - p_{a1}}{s(\varepsilon - 1)}$ 。

最后计算策略型旅客选择在周期一购买和在周期二购买的无差异购买边界,设第一周期和第二周期无差异购买边界为 V_{d5} ,两周期无差异边界条件为 $\max\{U_a^1, U_r^1\} = \max\{U_a^2, U_r^2\}$ 。首先,由于有 $f(p) = U_a^1 - U_r^1$, $\varepsilon - 1 > 0$,所以 $f(p)$ 为增函数,又因为第一周期两渠道购买边界为 V_{d4} , $V_{d4} < V_{d5}$,即 $f(V_{d4}) = 0$, $f(V_{d5}) > 0$, $\varepsilon V_{d5} - p_{r_1} > V_{d5} - p_{a_1}$ 。同理,对周期二内两渠道效用进行比较,得出 $sV_{d5} - p_{r_2} > V_{d5} - p_{r_2}$ 。综上,旅客在第一周期和第二周期机票的无差异购买边界条件为 $\varepsilon V_{d5} - p_{a_1} = V_{d5} - p_{r_2}$,计算得出 $V_{d5} = \frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s}$ 。

上述两种类型旅客在不同周期的购买决策如图3所示。

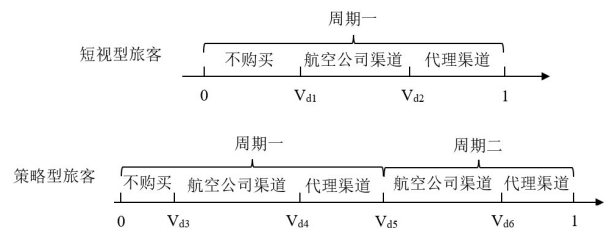


图3 短视型旅客周期一进入市场时两种类型旅客购买决策

通过积分求解不同周期不同渠道需求:

$$\text{周期一代理渠道需求为: } D_{r1}^D = \theta \int_{V_{d2}}^1 dv + (1 - \theta) \int_{V_{d4}}^{V_{d5}} dv;$$

$$\text{周期一航空公司渠道需求为: } D_{a1}^D = \theta \int_{V_{d1}}^{V_{d2}} dv + (1 - \theta) \int_{V_{d3}}^{V_{d4}} dv;$$

$$\text{周期二代理渠道需求为: } D_{r2}^D = (1 - \theta) \int_{V_{d6}}^1 dv;$$

$$\text{周期二航空公司渠道需求为: } D_{a2}^D = (1 - \theta) \int_{V_{d5}}^{V_{d6}} dv。$$

2.2 模型构建与求解

2.2.1 模型建立。本文采用逆向归纳法求解动态定

价问题,首先求解周期二最优定价 $p_{j2}^*(j=r,a)$,在此基础上求解周期一最优响应策略 $p_{j1}^*(j=r,a)$ 。以 A 表示航空公司渠道, R 表示代理商渠道,求解模型为:

$$\begin{cases} p_{j1}^*(p_{j2}^*) = \arg \max(p_{j1}) \prod_{k1} (p_{j1}, p_{j2}^*) \\ p_{j2}^* = \arg \max(k_2) p_{j2} (k_i = A, R, i = 1, 2) \end{cases}$$

2.2.2 周期二模型分析。首先求解周期二航空公司和代理商利润最大化决策模型:

$$\text{s.t. } 0 \leq \frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} \leq \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \leq 1$$

通过航空公司利润模型构建响应的拉格朗日函数为:

$$L = \prod_{A2}^D + k_1 \left(-\frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} \right) + k_2 \left(\frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} - \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \right) + k_3 \left(\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} - 1 \right)$$

本文通过求解 KKT 条件求出对应的最优定价,进而求得航空公司和代理商的最高利润,以下为 KKT 条件:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dp_{r2}} = 0 \\ k_1 \left(-\frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} \right) = k_2 \left(\frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} - \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \right) = k_3 \left(\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} - 1 \right) = 0 \\ k_i \geq 0, i = 1, 2, 3 \end{cases}$$

同样的,周期二代理商利润=(代理商机票价格-从航空公司购买所得机票成本) × 代理商渠道需求。因此周期二代理商利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_{R2}^{D*} &= (p_{r2} - w) D_{r2}^D = (p_{r2} - w) (1 - \theta) \left(1 - \frac{p_{r2} - p_{a2}}{(1 - \varepsilon)} \right) \\ \text{s.t. } &0 \leq \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \leq 1 \end{aligned}$$

通过代理商利润模型构建拉格朗日函数为:

$$L = \prod_{R2}^D + k_1 \left(-\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \right) + k_2 \left(\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} - 1 \right)$$

同样的通过 KKT 条件求解:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dp_{a2}} = 0 \\ k_1 \left(-\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \right) = k_2 \left(\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} - 1 \right) = 0 \\ k_i \geq 0, i = 1, 2, 3 \end{cases}$$

经计算可得周期二两渠道定价:

$$p_{r2}^* = \frac{2s\varepsilon p_{a1} + 2(1 - s) + w(2s + 1)}{s(\varepsilon - 1)}$$

$$p_{a2}^* = \frac{s(c + \varepsilon)p_{a1} + \varepsilon + w\varepsilon}{\varepsilon s(\varepsilon - 1)}$$

将 p_{r2}^*, p_{a2}^* 带入 $\prod_{A2}^{D*}, \prod_{R2}^{D*}$ 得出航空公司和代理

商总利润为:

$$\begin{aligned} \prod_{A2}^{D*} &= \frac{1 - \theta}{s^2 \varepsilon (\varepsilon - 1)^3 (s + \varepsilon)} (s^3 (sw\varepsilon(1 - \varepsilon)^3 - (4\varepsilon^2 c^2 - 2c^2 + 10\varepsilon^2 c) p_{a1}^2 + \\ &c(4c\varepsilon - 2\varepsilon^3 c - 2c - 3\varepsilon^4 + 3\varepsilon^3 + s(\varepsilon + s)(1 + \varepsilon)) p_{a1} - c\varepsilon(s + \varepsilon^3 s - 3\varepsilon^2 s + 3\varepsilon s + 3\varepsilon^3))) \\ \prod_{R2}^{D*} &= \frac{2}{s^3 \varepsilon (\varepsilon - 1)^3} (\theta w - sw - w + (\varepsilon^2 s^3 + 4\varepsilon^2 s^2) p_{a1} - (s^2 - s + 2) s \varepsilon + \\ &(\varepsilon^2 s^3 - 2\varepsilon^2 s^3 - \varepsilon^2 s^2 + 2\varepsilon^2 s^2 - 2s + 2)\theta - \varepsilon^2 s^2 (3s - 2) + 2s) \end{aligned}$$

2.2.3 两渠道总利润模型。根据周期二的最优定价建立航空公司总利润模型,两周期航空公司总利润=(航空公司机票价格-机票成本) × 航空公司渠道需求+(航空公司出售给代理商机票价格-机票成本) × 代理商渠道需求+周期二最高利润。因此航空公司总利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_{A1}^{D*} &= (p_{a1} - c) D_{a1}^D + (w - c) D_{r1}^D + \prod_{M2}^* = (p_{a1} - c) \left[\theta \left(\frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \theta} - \frac{p_{a1}}{\varepsilon} \right) + \right. \\ &\left. (1 - \theta) \left(\frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \varepsilon} - \frac{p_{a1} - p_{r2}^*}{\varepsilon - s} \right) \right] + (w - c) \left[\theta \left(1 - \frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \theta} \right) + (1 - \theta) \left(1 - \frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \theta} \right) \right] + \prod_{A1}^{D*} \\ \text{s.t. } &\begin{cases} 0 \leq \frac{p_{a2}}{s\varepsilon} \leq \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \leq 1 \\ 0 \leq \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(1 - \varepsilon)} \leq \frac{p_{a1} - p_{r2}}{\varepsilon - s} \leq 1 \\ 0 \leq \frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \varepsilon} \leq 1 \end{cases} \end{aligned}$$

同理,代理商总利润=(代理商机票价格-从航空公司购买所得机票成本) × 代理商渠道需求。代理商总利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_{R1}^{D*} &= (p_{r1} - w) D_{r1}^D + \prod_{R2}^* = (p_{r1} - w) \left[\theta \left(1 - \frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \varepsilon} \right) + (1 - \theta) \left(\frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \varepsilon} - \frac{p_{a1} - p_{r2}^*}{\varepsilon - s} \right) \right] + \prod_{R2}^{D*} \\ \text{s.t. } &0 \leq \frac{p_{r1} - p_{a1}}{1 - \varepsilon} \leq 1 \end{aligned}$$

将 $\prod_{A2}^{D*}, \prod_{R2}^{D*}$ 等带入模型,构建总利润模型的拉格朗日函数,通过 KKT 方式求解与第二周期保持一致,这里不再重复。

经计算得周期一两渠道定价为:

$$p_{r1}^* = \frac{2(1 - \theta) - (1 - \varepsilon)(\varepsilon^3 w - c(9 - \theta) + 8s^2)}{(\varepsilon - 2)^3 + s^2(\varepsilon - 4\varepsilon^2 + 32(1 + \theta) + \varepsilon^3(1 + \theta))}$$

$$p_{a1}^* = \frac{(\varepsilon - 3s)(1 - \theta)(2c + 5\varepsilon^2 - 10w\theta - s^2)}{(\varepsilon - 2)^3 + s^2(\varepsilon - 4\varepsilon^2 + 32(1 + \theta) + \varepsilon^3(1 + \theta))}$$

3 短视型旅客周期二进入市场时的动态定价模型

3.1 旅客购买决策分析

短视型旅客周期二进入市场,周期一旅客人数较少,机票供大于求,第二周期可销售机票数量较多,因此周期二机票降价,有 $p_{r1} > p_{a1} > p_{r2} > p_{a2}$ 。周期一内旅客在代理渠道购买机票获得的效用为 $U_r^1 = \varepsilon V - p_{r1}$,在航空公司渠道购买机票获得的效用为 $U_a^1 = V - p_{a1}$,第二周期内在代理渠道购买机票获得的效用为 $U_r^2 = s\varepsilon V - p_{r2}$,在航空公司渠道购买机票获得的效用为 $U_a^2 = sV - p_{a2}$ 。

首先分析短视型旅客的选择行为。第一周期内,当 $U_r^1 = \varepsilon V - p_{r1} > \max\{U_a^1, 0\}$ 时,通过代理渠道购买。当 $U_a^1 = V - p_{a1} > \max\{U_r^1, 0\}$ 时,通过航空公司渠道购买。当 $U_r^1 = U_a^1$ 时,两种渠道购买对策略型旅客无差异,无差异边界为 $V_{s1} = \frac{p_{r1} - p_{a1}}{\varepsilon - 1}$ 。

设短视型旅客在第一周期内购买与不购买机票的无差异购买边界为 V_{s1} 。令 $f(v) = U_r^1 - U_a^1 = (\varepsilon - 1)v - p_{r1} + p_{a1}$, $\frac{\partial f}{\partial v} = \varepsilon - 1 > 0$, 因此 $f(v)$ 为增函数,本文假设 $V_{a1} < V_{a2}$, 又有 $f(V_{a2}) = 0$, 所以 $f(V_{a1}) < 0$, 即 $U_r^1 < U_a^1$, 旅客会选择航空公司渠道进行购买。因此 $U_a^1 < 0$ 是旅客在第一周期购买机票效用小于零的充分必要条件,此时旅客离开市场。求得旅客在第一周期购买与不购买机票的无差异购买边界为 $V_{s1} = p_{a1}$ 。

其次分析策略型旅客的购买决策行为。设 $f(v) = U_r^1 - U_r^2 = \varepsilon(1 - s)v + p_{r2} - p_{r1}$, 由于 $s > 1$ 且 $p_{r1} > p_{r2}$, 因此 $U_r^1 < U_r^2$ 。类似地,有 $U_a^1 < U_a^2$, $U_a^1 < U_r^2$, $U_r^1 < U_r^2$ 。因此策略型旅客一定会在周期二购买机票。当 $U_r^2 = s\varepsilon v - p_{r2} > \max\{U_a^2, 0\}$ 时,通过代理渠道购买。当 $U_a^2 = sv - p_{a2} > \max\{U_r^2, 0\}$ 时,通过航空公司渠道购买。 $U_r^2 = U_a^2$ 时,两种渠道购买对策略型旅客无

差异,无差异边界为 $V_{s4} = \frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(\varepsilon - 1)}$ 。

假设策略型旅客在第二周期内购买与不购买的边界为 V_{s4} , 设 $g(v) = U_r^2 - U_a^2 = s(\varepsilon - 1)v + p_{a2} - p_{r2}$, 无差异边界为 V_{s4} , $g(V_{s4}) = 0$, 又因为 $V_{s3} < V_{s4}$, 所以 $g(V_{s3}) < 0$, $U_r^2 < U_a^2$, 策略型旅客购买与不购买边界为 $U_a^2 = 0$ 。最终求得策略型旅客在第二周期购买与不购买边界为 $V_{s3} = \frac{p_{a2}}{s}$ 。

上述两种类型旅客在不同周期的购买决策如图4所示。

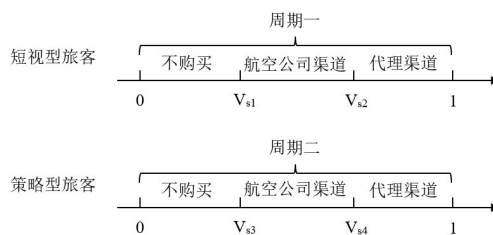


图4 短视型旅客周期二进入市场时短视型旅客和策略型旅客的购买选择

通过积分求解不同周期下不同渠道的需求:

周期一代理渠道需求为: $D_{r1}^s = \theta \int_{V_{s2}}^1 s dv =$

$$\theta \int_{\frac{p_{r1} - p_{a1}}{\varepsilon - 1}}^1 dv ;$$

周期一航空公司渠道需求为: $D_{a1}^s = \theta \int_{V_{s1}}^{V_{s2}} dv =$

$$\theta \int_{p_{a1}}^{\frac{p_{r1} - p_{a1}}{\varepsilon - 1}} dv ;$$

周期二代理渠道需求为: $D_{r2}^s = (1 - \theta) \int_{V_{s4}}^1 dv =$

$$(1 - \theta) \int_{\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(\varepsilon - 1)}}^1 dv ;$$

周期二航空公司渠道需求为: $D_{a2}^s = (1 - \theta) \int_{V_{s3}}^{V_{s4}} dv =$

$$(1 - \theta) \int_{\frac{p_{a2}}{s}}^{\frac{p_{r2} - p_{a2}}{s(\varepsilon - 1)}} dv。$$

3.2 模型建立及求解

3.2.1 模型建立。建立双渠道动态定价模型,采用

逆向归纳法求解动态定价问题,首先求解周期二最优定价 p_{j2}^* (j=r,a),在此基础上求解周期一最优响应策略 p_{j1}^* (j=r,a)。求解模型为:

$$\begin{cases} p_{j1}^*(p_{j2}^*) = \arg \max(p_{j1}) \prod_{K1} (p_{j1}, p_{j2}^*) \\ p_{j2}^* = \arg \max(p_{j2}) \prod_{K2} (p_{j2}) (K=A, R) \end{cases}$$

其中A表示航空公司渠道,R表示代理商渠道。第二个公式表示分别求周期二下航空公司渠道和代理商渠道取得最高利润时航空公司或者代理商的机票价格。第一个公式表示求出的 p_{j2}^* 作为周期一的参数,在此基础上求得周期一航空公司渠道和代理商渠道取得利润最大化时航空公司和代理商的机票价格。

3.2.2 周期二模型分析。首先求解周期二航空公司和代理商利润最大化决策模型。周期二航空公司利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_{A2}^{S*} &= (p_{a2} - c)D_{a2}^s + (w - c)D_{r2}^s = (p_{a2} - c)(1 - \theta) \left(\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} - \frac{P_{a2}}{s} \right) + \\ & (w - c)(1 - \theta) \left(1 - \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) \\ \text{s.t.} \quad & 0 \leq \frac{P_{a2}}{s} \leq \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \leq 1 \end{aligned}$$

通过航空公司利润模型构建响应的拉格朗日函数为:

$$L = \prod_{A2}^S + k_1 \left(-\frac{P_{a2}}{s} \right) + k_2 \left(\frac{P_{a2}}{s} - \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) + k_3 \left(\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} - 1 \right)$$

通过求解KKT条件求出对应的最优定价,进而求得航空公司和代理商最高利润,以下为KKT条件:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dp_{r2}} = 0 \\ k_1 \left(-\frac{P_{a2}}{s} \right) = k_2 \left(\frac{P_{a2}}{s} - \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) = k_3 \left(\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} - 1 \right) = 0 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \end{cases}$$

同样的,周期二代理商利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_{R2}^{S*} &= (p_{r2} - w)D_{r2}^s = (p_{r2} - w)(1 - \theta) \left(1 - \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) \\ \text{s.t.} \quad & 0 \leq \frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \leq 1 \end{aligned}$$

通过代理商利润模型构建拉格朗日函数为:

$$L = \prod_{R2} + k_1 \left(-\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) + k_2 \left(\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} - 1 \right)$$

同样的通过KKT条件求解:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dp_{a2}} = 0 \\ k_1 \left(-\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} \right) = k_2 \left(\frac{P_{r2} - P_{a2}}{s(\varepsilon - 1)} - 1 \right) = 0 \\ k_i \geq 0, \quad i = 1, 2 \end{cases}$$

经计算周期二两渠道定价为:

$$\begin{aligned} p_{r2}^* &= \frac{sp_{a1} - 2cu(\varepsilon + 1)}{s} \\ p_{a2}^* &= \frac{sp_{a1} - \varepsilon cu(\varepsilon + c)}{s\varepsilon} \end{aligned}$$

将 p_{r2}^* , p_{a2}^* 带入 \prod_{A2}^{S*} , \prod_{R2}^{S*} , 得出航空公司和

代理商总利润:

$$\begin{aligned} \prod_{A2}^{S*} &= \frac{\theta - 1}{s^3 \varepsilon (1 - \varepsilon)} (w^2 \varepsilon (c^2 - \varepsilon s c - 6\varepsilon^2 c + 6\varepsilon c + 6\varepsilon s - 36\varepsilon^3) + \\ & s^2 c (\varepsilon - 1) p_{a1} + s^3 c \varepsilon (1 - \varepsilon)) \\ \prod_{R2}^{S*} &= \frac{1}{s^3 \varepsilon (1 - \varepsilon)} ((-\varepsilon^2 c^2 + 6\varepsilon^3 c + 6\varepsilon^2 c - 6\varepsilon^2 s) w^2 + \\ & (s^3 - w s^2) p_{a1} - s^2 (\varepsilon + 1) p_{a1}^2 - \varepsilon^2 s^3 w \theta) \end{aligned}$$

3.2.3 周期一模型分析。航空公司全周期利润最大化模型为:

$$\begin{aligned} \prod_A^{S*} &= \prod_{A1}^* + \prod_{A2}^* = (p_{a1} - c)D_{a1}^s + (w - c)D_{r1}^s + \prod_{A2}^{S*} = \\ & \theta(p_{a1} - c) \left(\frac{P_{r1} - P_{a1}}{\varepsilon - 1} - p_{a1} \right) + \theta(w - c) \left(1 - \frac{P_{r1} - P_{a1}}{\varepsilon - 1} \right) + \prod_{A2}^{S*} \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} 0 \leq p_{a1} \leq \frac{P_{r1} - P_{a1}}{\varepsilon - 1} \leq 1 \\ 0 \leq \frac{P_{r1} - P_{a1}}{\varepsilon - 1} \leq 1 \end{cases} \end{aligned}$$

同理,代理商总利润模型为:

$$\begin{aligned} \prod_R^{S*} &= \prod_{R1}^{S*} + \prod_{R2}^{S*} = \theta(p_{r1} - w) \left(1 - \frac{P_{r1} - P_{a1}}{s - 1} \right) + 2 \prod_{R2}^{S*} \\ \text{s.t.} \quad & 0 \leq \frac{P_{r1} - P_{a1}}{s - 1} \leq 1 \end{aligned}$$

将 Π_{A2}^{S*} 、 Π_{R2}^{S*} 等带入模型,构建总利润模型的拉格朗日函数,通过KKT方式求解与周期二保持一致,这里不再重复。

经计算周期一两渠道定价为:

$$p_{r1}^* = \frac{4(1-\theta) - 2\varepsilon^3 w - c(9-\theta) + 12s^2}{(2+s)^2 + 2\varepsilon + 24(1+\varepsilon)}$$

$$p_{a1}^* = \frac{s^2 + 2c + \varepsilon^2 w - 14\theta + 12s}{(2+s)^2 + 2\varepsilon + 24(1+\theta)}$$

4 结论与建议

4.1 结论

结论1:两种情况下,均有代理渠道第二周期最优价格变动幅度大于航空公司渠道第二周期最优价格变动幅度。

证明(以短视型旅客优先进入市场为例):

$$\Delta = \frac{dp_{r2}}{dp_{a1}} - \frac{dp_{a2}}{dp_{a1}} = \frac{2s(c+\varepsilon)}{s(\varepsilon-1)} - \frac{s(c+\varepsilon)}{\varepsilon s(\varepsilon-1)} = \frac{s(c+\varepsilon)(2\varepsilon-1)}{\varepsilon s(\varepsilon-1)} > 0$$

价格弹性之差恒大于零,意味着代理渠道价格弹性较高,代理渠道相比航空公司渠道有更高的调价空间。

结论2:随着短视型旅客比例的增加,短视型旅客两种进入市场时机下均出现航空公司收益增加,零售商收益下降。

证明(以第二周期为例):

$$\text{供小于求: } \frac{d\Pi_{a2}^*}{d\theta} = \frac{-1}{s^3 \varepsilon (\varepsilon - 1)^3 (\varepsilon + \varepsilon)} < 0,$$

$$\frac{d\Pi_{r2}^*}{d\theta} = \frac{2}{s^3 \varepsilon (\varepsilon - 1)^3} > 0;$$

$$\text{供大于求: } \frac{d\Pi_{a2}^*}{d\theta} = \frac{1}{s^3 \varepsilon (\varepsilon - 1)^3} < 0,$$

$$\frac{d\Pi_{r2}^*}{d\theta} = \frac{\varepsilon^2 s^3 w}{s^3 \varepsilon (\varepsilon - 1)} > 0。$$

究其原因是航空公司在价格竞争上具有明显优势,短视型旅客增加意味着更多策略型旅客选择价格更低的航空公司渠道购买。

4.2 建议

(1)使用不同方式争取不同类型旅客。航空公司和代理商应该充分认识到部分旅客是精明的、理性的,这部分旅客愿意等待以获取特价机票。部分

旅客更加在乎航班的起飞时间是否合适,因此可以通过争取大城市之间航段、选择合适的起降时间、降低航班延误率来争取这部分旅客。

(2)航空公司要提高信息化水平。携程、美团等平台代理商信息化水平较高,改签、退票更加高效、便捷,部分旅客对代理商具有更高的偏好水平,航空公司应该提高自身的信息化水平,培养旅客渠道偏好。

(3)增加商务旅客忠诚度。根据以上结论发现商务旅客数量越多,航空公司利润越高,因此可以给商务旅客提供更加优质的服务,比如实行常旅客计划、附赠礼品、航段优惠等政策,提高商务旅客忠诚度,增加公司收益。

(4)代理商可以进行更多的打折活动。代理商机票的价格弹性较高于航空公司,意味着代理商降价会大幅增加客座率,因此代理商可以进行更多轮的打折活动以吸引顾客。

[参考文献]

- [1] OVCHINNIKOV B A, MILNER J M. Strategic response to wait-or-buy: revenue management through last minute deals in the presence of customer learning[Z]. 2005.
- [2] AVIV Y, PAZGAL A. Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking customers[J]. Manufacturing Service Oper. Management, 2008, 10(3): 339-359.
- [3] MUTH J F. Rational Expectations and the Theory of Price Movements[J]. Econometrica, 1961, 29(3).
- [4] 李豪, 高祥, 谭美容. 我国航空客运价格承诺策略研究: 考虑乘客偏好和策略行为的分析[J]. 价格理论与实践, 2017(5): 151-154.
- [5] 李豪, 彭庆, 谭美容. 面向乘客策略行为的航空公司舱位控制与动态定价模型[J]. 控制与决策, 2018, 33(7): 1 295-1 302.
- [6] 李豪, 彭庆, 谭美容. 乘客策略行为下考虑需求学习的航空客运动态定价策略研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(4): 118-125, 172.
- [7] CHIANG W Y K, HESS J D. Direct marketing, indirect profits: a strategic analysis of dual-channel supply-chain design[J]. Management Science Journal of the Institute for Operations Research & the Management Sciences, 2003, 49(1): 1-20.
- [8] CATTANI K, GILLAND W, HEESE H S, et al. Abstract boiling drops pricing strategies for a manufacturer adding a direct channel that competes with the traditional channel[J]. Production & Operations Management, 2007, 15(1): 40-56.

(下转第 77 页)

培养至关重要,是企业发展的动力源泉。企业可以建立一套合理的人才培养机制,同时可以借助国家政策扶持的力量逐步发展企业。

整体来看,18家物流上市公司主要分布在第三灰类中,财务绩效具有绝对量水平较差,变动水平较好,且波动量较大的特点。针对该聚类结果提出三点建议:第一,引进相关技术人员,建立人才培养机制,提高企业核心竞争力;第二,建立与完善企业风险预警机制,降低企业经营风险;第三,关注行业发展动态,抓住国家政策扶持机遇,推动企业进一步发展。

3 结语

针对静态聚类方法不能做到分析面板数据的动态特征,本文采用改进的灰色面板数据聚类方法动态分析18家物流上市公司的财务绩效情况。根据聚类结果将企业分为5个灰类,并针对各灰类属性特征对企业提出建议。本文的灰色面板数据聚类分析既丰富了动态聚类方法的研究内容,也为解决物流业上市公司发展中的问题提供了一定的参考思路。

[参考文献]

- [1] 王洪生,李宇彤,吕玫萱,等.基于平衡记分卡的金融精准扶贫绩效研究:以山东省J县为例[J].山东农业大学学报(自然科学版),2020,51(5):980-984.
- [2] 金英伟,张敏.上市出版企业财务绩效评价研究[J].现代出版,2019(2):31-34.

- [3] 曹凯晨,李小光,冒泗农.财务分析助推企业提质增效:杜邦分析法在昆仑燃气财务分析中的应用[J].财务与会计,2017(24):21-23.
- [4] 陈一君,胡文莉,武志霞.白酒企业绩效评价指标体系构建与评价方法:基于BSC和熵权的改进TOPSIS模型[J].四川轻化工大学学报(社会科学版),2020,35(5):68-87.
- [5] 杨秀琼.基于模糊DEA的上市商业银行财务绩效评价研究[J].财会通讯,2020(14):100-103.
- [6] 朱和平,郭佳佳.基于TOPSIS方法的财务绩效发展评价研究:以无锡制造业上市公司为样本[J].会计之友,2017(12):57-63.
- [7] 王婧.基于PCA-DEA的金融企业财务绩效评价研究[J].金融理论与实践,2017(7):104-109.
- [8] 李晓津,张浩源,肖凯云.基于BWM-GRA模型的快递型物流企业财务绩效评价研究[J].数学的实践与认识,2020,50(7):1-7.
- [9] 冯建海.基于物流成本的烟草商业物流财务绩效评价[J].中国烟草学报,2017,23(6):115-121.
- [10] 徐楠,谢瑞峰.基于BP神经网络的物流上市公司财务绩效评价[J].财会通讯,2014(29):33-35.
- [11] 王振东.基于模糊聚类的铁路物流园区规划研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2019.
- [12] 王玉富.基于聚类蚁群算法的多车辆路径优化系统的实现[J].湖北民族学院学报(自然科学版),2015,33(2):200-204,209.
- [13] 李因果,何晓群.面板数据聚类方法及应用[J].统计研究,2010,27(9):73-79.
- [14] 左文超.灰色面板数据聚类评价方法及其应用研究[D].无锡:江南大学,2018.
- [15] 陈潇沛.可持续发展下物流企业绩效评价研究[D].西安:西安科技大学,2020.

(上接第55页)

- [9] YOO W S,LEE E.Internet channel entry:a strategic analysis of mixed channel structures[J].Marketing Science,2011,30(1):29-41.
- [10] PARK S Y,KEH H T.Modeling hybrid distribution channels:a game-theoretic analysis[J].Journal of Retailing and Consumer Services,2003,10(3):155-167.
- [11] 潘伟,汪寿阳,华国伟,等.实体店及其网上商店产品的动态定价及订货策略[J].系统工程理论与实践,2010,30(2):236-242.
- [12] 朱玉炜.基于消费者偏好的双渠道供应链定价策略研究[D].

上海:东华大学,2013.

- [13] 曾敏刚,王旭亮.需求不确定的双渠道供应链定价策略[J].工业工程,2013,16(2):67-73.
- [14] LI B,ZHU M,JIANG Y,et al.Pricing policies of a competitive dual-channel green supply chain[J].Journal of Cleaner Production,2016,112(20):2 029-2 042.
- [15] ZHAO J,HOU X,et al.Pricing policies for complementary products in a dual-channel supply chain[J].Applied Mathematical Modelling,2017,49(sep.):437-451.