

考虑托运人估值不确定的航运企业在线预售定价模型

孙赫迎, 曾庆成, 菅文涛, 陈超

(大连海事大学航运经济与管理学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 基于托运人估值不确定和失望厌恶影响托运人订舱决策的特点, 构建了航运企业量化预付定金的预售模型, 探讨了航运电商背景下航运企业的在线预售定价问题, 分析了托运人估值不确定, 失望厌恶对航运企业在线预售策略、定价决策和收益的影响. 给出了航运企业的最优预售策略和定价决策. 结果表明: 在托运人估值下降市场和估值上升市场, 航运企业应采取预售折扣策略; 舱位定价和收益是关于失望厌恶的单调减函数; 当托运人失望厌恶在小范围变化时, 考虑托运人失望厌恶的预售策略是最佳选择; 当托运人失望厌恶在大范围变化时, 不考虑托运人失望厌恶的预售策略是最佳选择. 研究结果可为航运企业管理者在现实中的相关决策提供依据.

关键词: 航运企业; 在线预售; 托运人估值不确定; 托运人失望厌恶

中图分类号: TP273 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2021)01-0059-15

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2021.01.005

Shipping company online pre-sale pricing model considering shipper valuation uncertainty

Sun Heying, Zeng Qingcheng, Jian Wentao, Chen Chao

(School of Maritime Economics and Management, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: A quantified payment pre-sale model of a shipping company is developed based on that shippers' valuation uncertainty and disappointment aversion have effect on shippers' decision. The paper discusses the online pre-sale pricing decision of the shipping company considering shipping e-commerce, then it analyzes the effect of shipper's valuation uncertainty, disappointment aversion on online pre-sale strategy, pricing decision, and revenue. The online pre-sale strategy and pricing decision are decided. Results indicate that pre-sale discount strategy is the best strategy for shipping company both in shipper's valuation declining market and rising market; pre-sale price and revenue are monotonically decreasing functions of shipper's disappointment aversion; when shipper's disappointment aversion changes in a small range, pre-sale strategy considering disappointment aversion is the best choice; when shipper's disappointment aversion changes in a large range, pre-sale strategy doesn't considering disappointment aversion is the best choice. The results can provide suggestions for shipping managers in relevant decisions in reality.

Key words: shipping company; online pre-sale; shipper's valuation uncertainty; shipper's disappointment aversion

1 引言

随着国际贸易增速下降以及船舶大型化的发展, 班轮公司间的竞争日趋激烈. 班轮市场舱位价格波动

收稿日期: 2018-07-09; 修订日期: 2019-04-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71671021; 71431001); 中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(3132016302; 20110116104).

频繁,给航运企业与货主带来了巨大挑战。一方面,航运企业超额接单,加剧旺季爆仓风险;另一方面,货主订舱临时取消率高达30%~40%,给航运企业带来不确定性。在此背景下,业界开展了大量的舱位销售与定价模式的探索。

传统集装箱市场中,货运代理和大客户以合同的方式向航运公司订舱,然后托运人在现货市场中向货代订舱。有利于航运企业降低舱位销售风险,但也降低了航运产业链条效率,削弱了航运企业定价的自主权,降低了定价的灵活性。“互联网+航运”为解决上述问题提供潜在的有效途径,逐步受到航运业关注,近年来,市场上出现一系列航运电商平台,如:舱位宝,运去哪,集运头等舱等。在电子商务和航空出行领域,在线平台的预售策略作为一种新销售策略得到重视,舱位预售是指托运人在远期市场正式订舱之前支付定金提前订舱。航运企业通过预售可以提高定价自主权,提前获得收益,减少运力销售的不确定性风险,了解未来的运力需求和订舱情况。对托运人来说,一方面增加市场运价透明度,另一方面提前确保舱位避免缺舱风险。舱位对航运企业来说是一种“库存”,有很强的时效性,若舱位未被利用,则该舱位当天的收益为零。为了规避风险,预售策略逐渐受到航运企业的重视,成为提高航运公司收益和市场份额的潜在有效手段。

在航运预售策略中,由于航运市场波动频繁,在预售期,托运人存在舱位估值不确定,等到订舱期,航运企业公布运价,托运人的估值不确定可以转化为确定。托运人的订舱估值是指为了订舱愿意支付的最高定价,托运人估值不确定的行为往往导致托运人的等待存在。在零售领域,消费者对产品估值的不确定性在预售中普遍存在^[1,2]。Gundepudi等^[3]研究发现考虑消费者估值不确定的预售策略对市场需求和销售商利润均有正面影响。在旺季,托运人都喜欢尽早锁定舱位,但又会担心预售期订舱失败,这使托运人产生失望情绪,大多数托运人都厌恶这种失望,也称失望厌恶。Gill和Prowse^[4]研究发现参与者的决策受到失望厌恶行为的影响。因此,研究基于托运人估值不确定和失望厌恶的在线预售定价策略,对航运公司定价和收益有着重要的意义。

预售策略在零售业电商领域得到广泛应用,徐浩轩等^[5]研究不同的网络预售策略下的最优订货问题,基于预售期是否固定,构建成本最小的一次订货模型和两次订货模型,得到最优解。在考虑消费者对产品估值不确定性的预售策略方面。Tian和Wang^[6]研究市场中同时拥有两种类型客户的预售问题。假设高级客户的估值是确定的,而低级客户的估值与预售结果相关。结果发现低级客户的估值与预售结果正相关,而且在一定条件下预售策略可能主导无预售策略。Zhao和Stecke^[7]基于估值不确定性研究零售商的最佳销售策略,将预售策略分成没有,中度,深度三种情形,认为预售是把库存风险转移给消费者的一种策略。翟硕等^[8]研究预售环境下,存在消费者估值不确定和消费者搜索成本时,销售商的最优定价和配给决策。李辉和齐二石^[9]考虑消费者的估值不确定性和行为特征构建销售商报童模型,对比预售与无预售两种销售策略,得出最优预售价格和订货量。Prasad等^[10]假设市场需求和消费者估值均不确定,确定销售商的最优折扣预售价格和库存水平。研究发现预售策略并非完全优于非预售策略,而与市场需求不确定性和消费者估值不确定性有关。Zhao和Pang^[11]基于消费者需求和估值均是不确定的情况,研究销售商的最佳决策,模型考虑三种定价策略:动态定价,承诺定价和预售期定价。Wei和Tang^[12]基于一个销售商和目光短浅的消费者,有远见的消费者,投机者组成的市场中研究销售商的定价策略,指出在消费者估值随时间增加的市场中,销售商的最优定价策略是事前静态定价策略。在消费者估值随时间降低的市场中,销售商的最优定价策略是动态定价策略。但当初始销售额较高,随后可能引发更多需求且下降趋势不高时,销售商倾向于事前静态定价策略。在失望厌恶方面,Liu和Stephen^[13]研究消费者的失望厌恶对购买行为和销售商定价决策的影响,销售商采取限量配给策略,发现在价格下降的市场,销售商通过限量配给从消费者失望厌恶行为中获益;销售商在价格上升的市场不一定能从消费者的失望厌恶行为中获益,这与消费者效用函数密切相关。Nasiry和Popescu^[14]研究基于消费者估值不确定的零售商决策问题,模型中考虑消费者的后悔因素,消费者后悔的原因主要有:不在预售期购买从而错过购买和在预售期购买但盈余为负数。Zhang和Zhang等^[15]研究战略型消费者的失望厌恶和降低战略型消费者估值对于销售价格和订单数量的影响,并分析两种定价政策的有效性。

学术界关于舱位在线预售的研究主要分为三类,一是电商平台定价方面,张凯^[16]基于买方和电商平台

的前瞻性差异, 研究电商平台的最优策略. 王旭坪等^[17]基于消费者剩余理论, 构建渠道需求模型和收益模型, 研究零售商线下和线上双渠道的定价决策问题. 王韬等^[18]基于亚马逊中加盟商产品和自有产品间的替代效应, 研究亚马逊在线渠道的定价决策和服务质量协调问题, 模型中考虑价格和服务相互竞争. 二是运输业舱位预售方面, 高金敏等^[19]基于运用价格控制需求的角度, 构建了基于离散时间的航空机票定价与舱位控制联合决策模型, 旅客在预售期的订票过程利用泊松分布来刻画, 旅客在预售期的退票过程采用负指数分布来刻画. 王琳等^[20]针对班轮公司与提供物流服务的企业之间的远期预售舱位分配问题, 基于货主需求的不确定性, 舱位卖不出去导致的风险成本以及班轮公司舱位容量有限构建博弈模型. 三是航运定价策略方面, Yin和Kim^[21]研究航运企业定价问题, 建立了考虑集装箱价格折扣策略对货运代理人影响的航运企业定价模型. 卜祥智等^[22]研究下游货主价格参照效应对集装箱二级海运链的影响, 并基于下游货主价格参照效应构建运力合同分配和舱位定价模型. Xu等^[23]研究拥有一个承运人和两个货运代理商的海运供应链定价和空箱调拨问题, 同时探讨两个货运代理商之间的补贴合同. 曾庆成等^[24]分析传统集装箱运输市场中的集装箱班轮运输定价问题, 解决基于差价补偿策略下托运人的订舱和班轮公司的定价决策问题.

综上, 预售策略在零售业电商领域和运输业都得到广泛的研究, 电商平台定价策略和航运定价策略也层出不穷, 但有关航运在线订舱的预售定价策略研究尚缺少, 随着“互联网+航运”的发展, 越来越多的航运企业借助电商平台进行在线舱位销售, 航运在线订舱具有预售策略的特征. 对比其他文献, 本文同时考虑托运人估值不确定和预售期的失望厌恶行为, 结合订舱需支付定金的在线预售特点, 构建量化预付定金的预售定价模型. 研究托运人和航运企业之间的在线预售定价决策问题, 探讨有无失望厌恶两种预售模式下航运企业的最优两期定价, 预付定金和舱位库存水平. 揭示托运人估值不确定参数, 失望厌恶水平对航运企业舱位定价, 航运企业收益的影响. 为航运企业在线定价和预售策略提供新思路与决策工具, 同时丰富航运电商背景下对舱位定价问题的研究.

2 航运企业在线预售模型

2.1 问题描述

航运企业通过采取预售策略吸引托运人在远期市场订舱, 一方面可以提前安排舱位计划, 另一方面有利于获得更大的市场份额, 本文考虑由一个航运企业和多个托运人组成的两阶段(预售期和订舱期)定价模型. 借鉴Zhao和Pang^[11]将托运人分为消息灵通型和消息闭塞型, 前者事先了解预售的信息而后者不了解. 假设: 1)消息灵通型托运人的数量为正整数, 记作 N_i , 消息闭塞型托运人的数量为正整数, 记作 N_u ; 2)托运人是战略型, 即航运企业定高价向高估值托运人销售舱位, 定低价向低估值托运人销售舱位, 托运人对舱位的估值是不确定的, 根据Zhao和Stecke^[7]假设估值服从伯努利分布, 以 q 和 $1 - q$ 的概率分别实现高估值 v_h 和低估值 v_l , 估值在预售期和订舱期相同; 3)不考虑舱位不足和残值, 即残值和缺舱成本均为0.

采用逆推法获得 p_1, p_2, Q, a . 首先, 在订舱期, 航运公司考虑消息闭塞型托运人估值行为进行订舱期定价决策, 确定订舱期舱位定价 p_1 和订舱期舱位库存水平 Q ; 其次, 航运公司在预售期发布预售消息, 消息灵通型托运人通过支付定金进行预售期订舱, 航运公司根据消息灵通型托运人估值行为, 构建两种情形下(消息灵通型托运人是否考虑失望厌恶)的预售模型, 进行预售期定价决策, 决策最优的预售期舱位定价 p_2 , 定金 a .

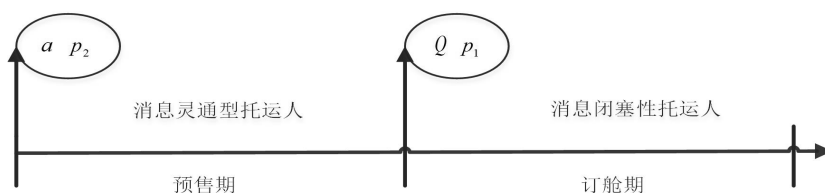


图 1 预售策略下航运企业决策顺序

Fig. 1 The decision-making sequence of shipping company under pre-sale strategy

2.2 预售策略下航运企业舱位库存和舱位定价策略研究

为了反映航运企业预售策略下两阶段定价问题决策过程,考虑托运人的失望厌恶和估值不确定构建量化定金的在线预售模型.分为不考虑托运人失望厌恶和考虑托运人失望厌恶两种情形,研究航运企业预售策略下的舱位库存,定价决策和预售策略.

2.2.1 不考虑托运人失望厌恶的预售模型

1) 订舱期决策过程

托运人的效用即为托运人订舱带来的满意程度的度量.参照Yu等^[2]可以用托运人订舱时对舱位的估值与舱位定价之间的差价来表示托运人的效用.消息闭塞型托运人在订舱期决定是否订舱,若订舱,则效用为 $V - p_2$,其中 V 表示在托运人估值不确定变为确定后对舱位的估值;若不订舱,效用为0.

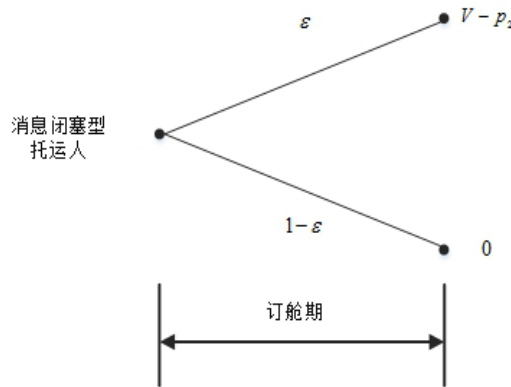


图2 订舱期托运人的决策过程

Fig. 2 The decision making of shipper in booking period

订舱期,消息闭塞型托运人订舱条件是托运人效用非负,即 $V - p_2 \geq 0$. ε 代表订舱期托运人订舱成功的概率, $1 - \varepsilon$ 代表订舱期托运人订舱失败的概率.具体分3种情形讨论订舱期定价 p_2 .

(a) 若 $p_2 > v_h$,没有托运人订舱.

(b) 若 $v_l < p_2 \leq v_h$,当且仅当 $V = v_h$ 时选择订舱的只有消息闭塞型托运人,且当 $p_2 = v_h$ 时航运企业收益最大.

(c) 若 $p_2 \leq v_l$,选择订舱的是所有消息闭塞型托运人,当 $p_2 = v_l$ 时航运企业收益最大.

航运企业总会将最优订舱期价格设置为 $p_2^* = v_l$ 或者 $p_2^* = v_h$.令 Π_1 表示航运企业订舱期的收益, c 表示舱位成本, Q 表示订舱期的舱位库存量, $D_2(p_2)$ 表示订舱期的随机需求,可得航运企业订舱期的收益

$$\Pi_1 = -cQ + p_2 \min \{Q, D_2(p_2)\}.$$

定理1 航运企业最优订舱期舱位库存量为 $Q = D_2(p_2)$.

证明 因为订舱期舱位价格,舱位成本与订舱期舱位库存量相互独立,航运企业的订舱期收益函数是关于订舱期舱位库存量 Q 的线性函数.所以最优订舱期舱位库存量为 $Q = D_2(p_2)$.

当 $p_2^* = v_l$ 时,即所有的消息闭塞型托运人均会订舱,故 $D_2(v_l) = N_u$,得到最优订舱期舱位库存量 Q_1^l 和最优订舱期收益函数 Π_1^l 分别为

$$Q_1^l = N_u,$$

$$\Pi_1^l = (v_l - c) N_u. \quad (1)$$

当 $p_2^* = v_h$ 时,即当且仅当 $V = v_h$ 时消息闭塞型托运人订舱,故 $D_2(v_h) = q N_u$,得到最优订舱期舱位库存量 Q_1^h 和最优订舱期收益函数 Π_1^h 分别为

$$Q_1^h = q N_u,$$

$$\Pi_1^h = q(v_h - c) N_u. \quad (2)$$

2) 预售期决策过程

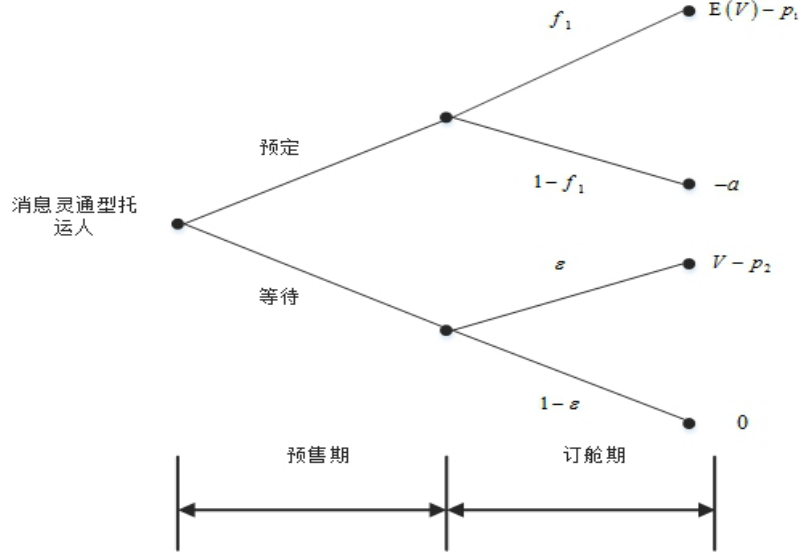


图 3 不考虑托运人失望厌恶时的决策过程

Fig. 3 The decision process without considering shipper's disappointment aversion

假设航运企业了解托运人的估值分布, 所以消息灵通型托运人可以预测到 $p_2^* = v_l$ 或者 $p_2^* = v_h$. 托运人在预售期支付定金后在订舱期继续支付尾款的效用为 $u_1 = f_1 (E(V) - p_1)$, 其中 f_1 表示预售期支付定金订舱期继续付尾款的概率. 预售期支付定金的托运人在订舱期不支付尾款的效用为 $u'_1 = -(1 - f_1) a$. a 表示预售期托运人订舱需提前支付的保证金, $a = a_1 p_1$, 预付保证金与定价成比例. 令 $E(A)$ 和 $E(W)$ 分别代表托运人预定和等待的期望剩余, $E(A) = f_1 (E(V) - p_1) - a_1 p_1 (1 - f_1)$, $E(W) = \varepsilon (E(V) - p_2)$, 如果托运人在预售期选择等待, 在订舱期订舱, ε 代表订舱期托运人订舱成功的概率, 那么 $1 - \varepsilon$ 为订舱失败的概率. 所有托运人在订舱期阶段订舱成功的概率相同. 消息灵通型托运人预售期订舱的条件是 $E(A) \geq E(W)$ 且 $E(A) \geq 0$, 即

$$f_1 E(V) - p_1 w_2 \geq 0, \quad f_1 V - p_1 w_2 \geq \varepsilon (E(V) - p_2),$$

其中 $w_2 = f_1 + a_1 (1 - f_1)$.

下面分两种情况讨论航运企业的决策过程 $p_2^* = v_l$ 和 $p_2^* = v_h$.

当 $p_2^* = v_l$, 得到 p_1 的临界值, $p_1 \leq \bar{p} = \frac{E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon p_2^*}{w_2}$, 其中 $\varepsilon = \min\left(\frac{N_u}{N_u}, \frac{Q_1^l}{N_u}\right)$. 不考虑托运人失望厌恶的预售策略下最优收益函数为

$$\Pi_1^{Dl} = (p_1 - c) f_1 N_i + a (1 - f_1) N_i + \Pi_1^l(v_l) - w, \quad (3)$$

其中 w 为电商平台向入驻平台的航运企业收取的注册费^[25], 最优预售期舱位定价 $p_1^* = \frac{E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2}$.

当 $p_2^* = v_h$ 时, 得到 p_1 的临界值, $p_1 \leq \bar{p} = \frac{E(V) f_1}{w_2}$, 其中 $\varepsilon = \min\left(\frac{q N_u}{q N_u}, \frac{Q_1^h}{q N_u}\right)$. 不考虑托运人失望厌恶的预售策略下最优收益函数为

$$\Pi_1^{Dh} = (p_1 - c) f_1 N_i + a (1 - f_1) N_i + \Pi_1^h(v_h) - w, \quad (4)$$

最优预售期舱位定价 $p_1^* = \frac{E(V) f_1}{w_2}$.

2.2.2 考虑托运人失望厌恶的预售模型

1) 订舱期决策过程

对于消息闭塞型托运人, 当 $V - p_2 > 0$ 时, 所有托运人均订舱. 同不考虑托运人厌恶失望模式一样, 航运企业总会将最优订舱期定价设置为 $p_2^* = v_l$ 或者 $p_2^* = v_h$. 令 Π_2 表示航运企业订舱期的收益函数, 可得航运企业订舱期的收益函数

$$\Pi_2 = -cQ + p_2 \min \{Q, D_2(p_2)\}.$$

定理2 航运企业最优订舱期舱位库存量为 $Q = D_2(p_2)$.

证明 因为订舱期舱位价格, 舱位成本与订舱期舱位库存量相互独立, 航运企业的订舱期收益函数是关于订舱期舱位库存量 Q 的线性函数. 所以最优订舱期舱位库存量为 $Q = D_2(p_2)$.

当 $p_2^* = v_l$ 时, 即所有消息闭塞型托运人均会购买, 故 $D_2(v_l) = N_u$, 得到最优订舱期舱位库存量 Q_2^l 和最优订舱期收益函数 Π_2^l 分别为

$$\begin{aligned} Q_2^l &= N_u, \\ \Pi_2^l &= (v_l - c) N_u. \end{aligned} \tag{5}$$

当 $p_2^* = v_h$ 时, 即当且仅当 $V = v_h$ 时消息闭塞型托运人订舱, 故 $D_2(v_h) = q N_u$, 得到最优订舱期舱位库存量 Q_2^h 和最优订舱期收益函数 Π_2^h 分别为

$$\begin{aligned} Q_2^h &= q N_u, \\ \Pi_2^h &= q (v_h - c) N_u. \end{aligned} \tag{6}$$

2) 预售期决策过程

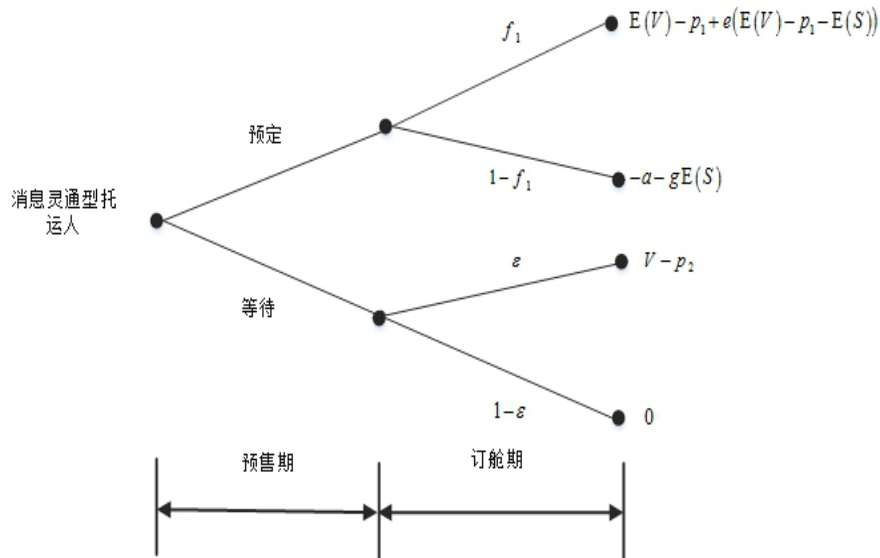


图 4 考虑托运人失望厌恶时的决策过程

Fig. 4 The decision process considering shipper's disappointment aversion

消息灵通型托运人订舱决策时会考虑由于缺舱导致的失望. 如果托运人在预售期预定, 面临两种情况: 第一种情况, 托运人在预售期支付定金后在订舱期继续支付尾款的效用为

$$u_1 = f_1 [E(V) - p_1 + e(E(V) - p_1 - E(S))].$$

参考文献13, 假设托运人失望厌恶仅发生在旺季的预售期, 其中 $e(E(V) - p_1 - E(S))$ 和 $E(V) - p_1$ 分

别代表托运人的心理满足感和经济收益, e 表示托运人满足程度, $0 < e < 1$. $E(S) = f_1(E(V) - p_1) - (1 - f_1)a_1 p_1$ 代表预售期托运人的期望剩余.

另一种情形, 预售期支付定金的托运人在订舱期不支付尾款的效用为

$$u'_1 = -(a + gE(S))(1 - f_1).$$

其中 $gE(S)$ 代表托运人的失望, g 表示托运人失望的程度, $0 < g < 1$.

给定预售价格 p_1 和预付定金 a , 并考虑托运人失望厌恶 k , $k = g - e$. 可得

$$E(A) = f_1 E(V) [1 - k(1 - f_1)] - p_1 [f_1 (1 - k(1 - f_1)) + a_1 (1 - f_1) (1 - g + k f_1)],$$

$$E(W) = \varepsilon (E(V) - p_2).$$

消息灵通型托运人预售期订舱的条件是 $E(A) \geq E(W)$ 且 $E(A) \geq 0$, 即

$$f_1 E(V) [1 - k(1 - f_1)] - p_1 w_1 - \varepsilon E(V) + \varepsilon p_2 \geq 0,$$

$$f_1 E(V) [1 - k(1 - f_1)] - p_1 w_1 \geq 0,$$

其中 $w_1 = f_1 [1 - k(1 - f_1)] + a_1 (1 - f_1) (1 - g + k f_1)$.

下面分两种情况讨论航运企业的决策过程 $p_2^* = v_l$ 和 $p_2^* = v_h$.

当 $p_2^* = v_l$, 得到 p_1 的临界值, $p_1 \leq \bar{p} = \frac{E(V) [f_1 (1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon p_2^*}{w_1}$. 其中 $\varepsilon = \min\left(\frac{N_u}{N_u}, \frac{Q_2^l}{N_u}\right)$.

考虑托运人失望厌恶的预售策略下最优收益函数

$$\Pi_2^{Dl} = (p_1 - c) f_1 N_i + a (1 - f_1) N_i + \Pi_2^l(v_l) - w. \quad (7)$$

最优预售期舱位定价 $p_1^* = \frac{E(V) [f_1 (1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1}$.

当 $p_2^* = v_h$ 时, 得到 p_1 的临界值, $p_1 \leq \bar{p} = \frac{E(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]}{w_1}$. 其中 $\varepsilon = \min\left(\frac{qN_u}{qN_u}, \frac{Q_2^h}{qN_u}\right)$. 考虑托运人失望厌恶的预售策略下最优收益函数

$$\Pi_2^{Dh} = (p_1 - c) f_1 N_i + a (1 - f_1) N_i + \Pi_2^h(v_h) - w. \quad (8)$$

最优预售期舱位定价 $p_1^* = \frac{E(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]}{w_1}$.

2.3 两种在线预售模型分析

首先基于托运人估值不确定, 分别探讨是否考虑托运人失望厌恶的两种预售策略对航运企业定价, 舱位库存量, 收益及预售策略决策的影响; 其次研究托运人失望厌恶与航运企业定价, 收益之间的关系; 最后对比分析是否考虑托运人失望厌恶的两种预售策略, 得到航运企业最优预售策略. 可得如下结论.

定理 3 不考虑托运人失望厌恶 k , 预售策略下最优的订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金, 订舱期舱位库存量和预售策略决策如下:

1) 若 $q \leq q_1$, 最优订舱期定价, 预售期定价以及预售期定金为 $p_2^* = v_l$, $p_1^* = \frac{E(V) (f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2}$, $a^* = \frac{a_1 [E(V) (f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l]}{w_2}$. 最优订舱期舱位库存量为 $Q_1^l = N_u$, 最优收益为 $\Pi_1^{Dl} \geq \Pi_1^{Dh}$, $p_1^* < p_2^*$, 航运企业采取预售折扣策略.

2) 若 $q > q_1$, 最优订舱期定价, 预售期定价以及预售期定金为 $p_2^* = v_h$, $p_1^* = \frac{E(V) f_1}{w_2}$, $a^* = \frac{a_1 E(V) f_1}{w_2}$, 最优订舱期舱位库存量为 $Q_1^h = qN_u$, 最优收益为 $\Pi_1^{Dh} \geq \Pi_1^{Dl}$, $p_1^* < p_2^*$, 航运企业采取预售折扣策略, 其中 $q_1 = \frac{(v_l - c) N_u}{\varepsilon f_1 N_i (v_h - v_l) + (v_h - c) N_u}$.

证明 由式(3)和式(4)可得

$$\pi_1^{Dl} - \pi_1^{Dh} = (v_l - c) N_u - q \left[\frac{\varepsilon f_1 N_u (v_h - v_l)}{w_2} + (v_h - c) N_u \right].$$

当 $q \leq q_1$, 可得 $\Pi_1^{Dl} \geq \Pi_1^{Dh}$, 最优订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金和订舱期舱位库存量分别为

$$\begin{aligned} p_2^* &= v_l, \\ p_1^* &= \frac{E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2}, \\ a^* &= \frac{a_1 [E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l]}{w_2}, \\ Q_1^l &= N_u. \end{aligned}$$

其中 $\varepsilon = \min\left(\frac{N_u}{N_u}, \frac{Q_1^l}{N_u}\right)$. 因为 $p_1^* - p_2^* = \frac{q(v_h - v_l)(f_1 - \varepsilon) - v_l a_1(1 - f_1)}{w_2} < 0$, 即航运企业采取预售折扣策略.

当 $q > q_1$, 可得 $\Pi_1^{Dh} \geq \Pi_1^{Dl}$, 最优订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金和订舱期舱位库存量分别为

$$\begin{aligned} p_2^* &= v_h, \\ p_1^* &= \frac{E(V) f_1}{w_2}, \\ a^* &= \frac{a_1 E(V) f_1}{w_2}, \\ Q_1^h &= q N_u. \end{aligned}$$

因为 $p_1^* - p_2^* = \frac{-f_1(v_h - v_l)(1 - q) - v_h a_1(1 - f_1)}{w_2} < 0$, 即航运企业采取预售折扣策略. 证毕.

面对托运人的估值不确定, 存在一个最优估值概率 q_1 将托运人估值市场分成估值下降市场和估值上升市场. 航运企业为了最大化收益, 存在最优订舱期定价, 预售期定价以及预售期定金, 在两种估值不同市场中均采用预售折扣策略.

定理4 考虑托运人失望厌恶 k , 预售策略下最优的订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金, 订舱期舱位库存量和预售策略决策如下:

1) 若 $q \leq q_2$, 最优订舱期库存量为 $Q_2^l = N_u$, 最优收益为 $\Pi_2^{Dl} \geq \Pi_2^{Dh}$, 最优订舱期定价, 预售期定价以及预售期定金为

$$\begin{aligned} p_2^* &= v_l, \\ p_1'^* &= \frac{E(V)[f_1(1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1}, \\ a'^* &= \frac{a_1 [E(V)[f_1(1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1}, \\ p_1'^* &< p_2^*, \end{aligned}$$

即航运企业采取预售折扣策略.

2) 若 $q > q_2$, 最优订舱期库存量为 $Q_2^h = q N_u$, 最优收益为 $\Pi_2^{Dh} \geq \Pi_2^{Dl}$, 最优订舱期定价, 预售期定价以及预售期定金为 $p_2^* = v_h$, $p_1'^* = \frac{E(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]}{w_1}$, $a'^* = \frac{a_1 [E(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]]}{w_1}$, $p_1'^* < p_2^*$,

即航运企业采取预售折扣策略, 其中 $q_2 = \frac{(v_l - c) N_u}{\frac{\varepsilon f_1 N_i (v_h - v_l)}{w_1} + (v_h - c) N_u}$.

证明 由式(7)和式(8)可得

$$\pi_2^{Dl} - \pi_2^{Dh} = (v_l - c) N_u - q \left[\frac{\varepsilon f_1 N_i (v_h - v_l)}{w_1} + (v_h - c) N_u \right].$$

当 $q \leq q_2$, 可得 $\Pi_2^{Dl} \geq \Pi_2^{Dh}$, 最优订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金和订舱期舱位库存量分别为

$$p_2^* = v_l,$$

$$p_1'^* = \frac{\mathbf{E}(V) [f_1 (1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1},$$

$$a'^* = \frac{a_1 [\mathbf{E}(V) [f_1 (1 - k(1 - f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l]}{w_1},$$

$$Q_2^l = N_u.$$

$$p_1'^* - p_2^* = \frac{q(f_1 - k f_1 (1 - f_1) - \varepsilon)(v_h - v_l) - v_h a_1 (1 - f_1)(1 - g + k f_1)}{w_1} < 0,$$

其中 $\varepsilon = \min \left(\frac{N_u}{N_u}, \frac{Q_2^l}{N_u} \right)$.

当 $q > q_2$, 可得 $\Pi_2^{Dh} \geq \Pi_2^{Dl}$, 最优订舱期定价, 预售期定价, 预售期定金和订舱期舱位库存量分别为

$$p_2^* = v_h,$$

$$p_1^* = \frac{\mathbf{E}(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]}{w_1},$$

$$a'^* = \frac{a_1 [\mathbf{E}(V) f_1 [1 - k(1 - f_1)]]}{w_1},$$

$$Q_2^h = q N_u.$$

$$p_1^* - p_2^* = \frac{f_1 (1 - k(1 - f_1))(v_l - v_h)(1 - q) - v_h a_1 (1 - f_1)(1 - g + k f_1)}{w_1} < 0. \quad \text{证毕.}$$

考虑托运人失望厌恶的情况下, 预售折扣策略是航运企业的最佳选择. 存在一个最优估值概率 q_2 将托运人估值市场分成估值上升市场和估值下降市场, 航运企业分别采取不同的定价策略最大化收益.

定理5 考虑托运人失望厌恶 k 情况下, 预售策略的最优预售期定价 $p_1'^*$, 最优收益 Π_2^D 与失望厌恶 k 之间的关系如下

- 1) 当 $q \leq q_2$, 最优预售期定价 $p_1'^*$ 和最优收益 Π_2^{Dl} 分别是关于 k 的单调递减函数.
- 2) 当 $q > q_2$, 最优预售期定价 p_1^* 和最优收益 Π_2^{Dh} 分别是关于 k 的单调递减函数.

证明

- 1) 当 $q \leq q_2$, 最优预售期定价 $p_1'^*$ 对 k 求一阶导数得

$$\frac{dp_1'^*}{dk} = \frac{-f_1 (1 - f_1) [a \mathbf{E}(V) (1 - g(1 - f_1)) + (1 - a_1) \varepsilon (\mathbf{E}(V) - v_l)]}{(w_1)^2} < 0.$$

最优收益 Π_2^{Dl} 对 k 求一阶导数得 $\frac{d\Pi_2^{Dl}}{dk} = \frac{dp_1'^*}{dk} N_i < 0$.

2) 当 $q > q_2$, 最优预售期定价 p_1^* 对 k 求一阶导数得

$$\frac{dp_1^*}{dk} = \frac{-a_1 E(V) f_1 (1-f_1) [1-g(1-f_1)]}{(w_1)^2} < 0.$$

最优收益 Π_2^{Dh} 对 k 求一阶导数得 $\frac{d\Pi_2^{Dh}}{dk} = \frac{dp_1^*}{dk} N_i < 0$. 证毕.

考虑托运人失望厌恶 k 的情况下, 最优预售期舱位定价小于订舱期舱位定价. 托运人对预售期缺舱的失望厌恶越大, 航运企业越要设置较低的预售期舱位价格挽留托运人. 因此, 航运企业希望降低托运人在预售期的失望厌恶水平, 从而达到提高预售期舱位定价和企业收益的目的.

定理6 当 $\frac{v_h}{v_l} \leq 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 时, 比较是否考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略, 航运企业预售策略如下

1) 当 $q \leq q_2, p_2^* = v_l$ 时, 托运人的估值概率存在上限 q_2 . 航运企业预售策略见表1.

表1 托运人估值下降市场的航运企业预售策略

Table 1 The pre-sale strategy of shipping company in shipper's valuation declining market

条件	最优收益	最优预售期定价	最优预售策略
$0 < k < \frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]}$	$\Pi_2^{Dl} > \Pi_1^{Dl}$	$p_1^* > p_1^*$	考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略
$\frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]} \leq k < 1$	$\Pi_2^{Dl} < \Pi_1^{Dl}$	$p_1^* < p_1^*$	不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略

2) 当 $q_1 \leq q, p_2^* = v_h$ 时, 托运人的估值概率存在下限 q_1 . 航运企业预售策略见表2.

表2 托运人估值上升市场的航运企业预售策略

Table 2 The pre-sale strategy of shipping company in shipper's valuation rising market :

条件	最优收益	最优预售期定价	最优预售策略
$0 < k < g$	$\Pi_2^{Dl} > \Pi_1^{Dl}$	$p_1^* > p_1^*$	考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略
$g \leq k < 1$	$\Pi_2^{Dl} < \Pi_1^{Dl}$	$p_1^* < p_1^*$	不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略

其中 $\frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]} < g$.

证明 $w_1 - w_2 = -[k f_1 (1-a_1) + a_1 g] (1-f_1) < 0, q_2 < q_1$.

1) 当 $q \leq q_2$ 时,

$$\begin{aligned} \Delta p_1 = p_1^* - p_1^* &= \frac{E(V) [f_1 (1-k(1-f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1} - \frac{E(V) (f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2} \\ &= \frac{(1-f_1) \{-f_1 k [a_1 v_l + q(v_h-v_l)] - a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]\}}{w_1 w_2}. \end{aligned}$$

当且仅当托运人对舱位的最高估值和最低估值满足 $\frac{v_h}{v_l} \leq 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 时,

$$\begin{cases} 0 < k < \frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]}, p_1^* - p_1^* > 0, \\ \frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]} \leq k < 1, p_1^* - p_1^* < 0. \end{cases}$$

由式(3)和式(7)可知

$$\Delta \Pi = \Pi_2^{Dl} - \Pi_1^{Dl} = (p_1^* - p_1^*) [f_1 + (1-f_1) a_1] N_i > 0.$$

因此, 两种预售策略下航运企业收益差的变化和预售期定价差的变化一致.

2)当 $q_1 \leq q$ 时,

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= p_1'^* - p_1^* = \frac{E(V) f_1 (1 - k(1 - f_1))}{w_1} - \frac{E(V) f_1}{w_2} \\ &= \frac{E(V) f_1 a_1 (1 - f_1) (g - k)}{w_1 w_2}. \end{aligned}$$

当且仅当托运人对舱位的失望厌恶 k 满足以下条件时,

$$\begin{cases} 0 < k < g, p_1'^* - p_1^* > 0, \\ g \leq k < 1, p_1'^* - p_1^* < 0. \end{cases}$$

由式(4)和式(8)可知

$$\Delta \Pi = \Pi_2^{Dh} - \Pi_1^{Dh} = (p_1'^* - p_1^*) [f_1 + (1 - f_1) a_1] N_i.$$

因此,两种预售策略下航运企业收益差的变化和预售期定价差的变化一致。

证毕.

从定理6可知, $\frac{v_h}{v_l} \leq 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 是指托运人对舱位的最高估值和最低估值相差比较小时. 在托运人估值下降的市场, 当 $0 < k < \frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]}$ 时, 即托运人失望厌恶在小范围变化, 托运人对预售期订舱失败厌恶水平不高, 航运企业采取考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略, 达到增加收益的目的; 当 $\frac{-a_1 g [q(1-f_1)(v_h-v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q(v_h-v_l)]} \leq k < 1$ 时, 即托运人失望厌恶在大范围变化, 托运人对预售期缺舱的厌恶水平较高, 航运企业设置较低的舱位价格吸引托运人, 但导致航运企业收益下降, 航运企业更青睐采取不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略. 在托运人估值上升的市场, 当 $0 < k < g$ 时, 即托运人失望厌恶在小范围变化, 订舱期价格高于预售期价格, 此时航运企业可利用托运人担心预售期订舱失败的心理, 采取舱位价格较高的考虑失望厌恶 k 的预售策略; 当 $g \leq k < 1$ 时, 即托运人失望厌恶在大范围变化, 在考虑失望厌恶 k 的预售策略中, 考虑托运人对预售期缺舱的厌恶, 航运企业设置较低的舱位价格, 这不利于企业自身发展, 因此不考虑失望厌恶 k 的预售策略是最优决策.

定理7 当 $\frac{v_h}{v_l} > 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 时, 比较是否考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略, 航运企业预售策略如下

1)当 $q \leq q_2, p_2^* = v_l$ 时, 托运人的估值概率存在上限. 航运企业预售策略见表3.

表3 托运人估值下降市场的航运企业预售策略

Table 3 The pre-sale strategy of shipping company in shipper's valuation declining market

条件	最优收益	最优预售期定价	最优预售策略
$0 < k < 1$	$\Pi_2^{Dl} < \Pi_1^{Dl}$	$p_1'^* < p_1^*$	不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略

2)当 $q_1 \leq q, p_2^* = v_h$ 时, 托运人的估值概率存在下限 q_1 . 航运企业预售策略见表4.

表4 托运人估值上升市场的航运企业预售策略

Table 4 The pre-sale strategy of shipping company in shipper's valuation rising market

条件	最优收益	最优预售期定价	最优预售策略
$0 < k < g$	$\Pi_2^{Dl} > \Pi_1^{Dl}$	$p_1'^* > p_1^*$	考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略
$g \leq k < 1$	$\Pi_2^{Dl} < \Pi_1^{Dl}$	$p_1'^* < p_1^*$	不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略

证明 $w_1 - w_2 = -[k f_1 (1 - a_1) + a_1 g] (1 - f_1) < 0, q_2 < q_1$.

1)当 $q \leq q_2$ 时,

$$\begin{aligned} \Delta p_1 = p_1' - p_1^* &= \frac{E(V)[f_1(1-k(1-f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1} - \frac{E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2} \\ &= \frac{(1-f_1)\{-f_1 k[a_1 v_l + q(v_h - v_l)] - a_1 g[q(1-f_1)(v_h - v_l) - f_1 v_l]\}}{w_1 w_2}. \end{aligned}$$

当且仅当托运人对舱位的最高估值和最低估值满足 $\frac{v_h}{v_l} > 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 时,

$$\Delta p_1 = p_1' - p_1^* = \frac{E(V)[f_1(1-k(1-f_1)) - \varepsilon] + \varepsilon v_l}{w_1} - \frac{E(V)(f_1 - \varepsilon) + \varepsilon v_l}{w_2} < 0.$$

由式(3)和式(7)可知

$$\Delta \Pi = \Pi_2^{Dl} - \Pi_1^{Dl} = (p_1' - p_1^*) [f_1 + (1-f_1) a_1] N_i < 0.$$

2)当 $q_1 \leq q$ 时,

$$\begin{aligned} \Delta p_1 = p_1' - p_1^* &= \frac{E(V) f_1 (1-k(1-f_1))}{w_1} - \frac{E(V) f_1}{w_2} \\ &= \frac{E(V) f_1 a_1 (1-f_1) (g-k)}{w_1 w_2}. \end{aligned}$$

当且仅当托运人对舱位的失望厌恶 k 满足以下条件时

$$\begin{cases} 0 < k < g, p_1' - p_1^* > 0, \\ g \leq k < 1, p_1' - p_1^* < 0. \end{cases}$$

由式(4)和式(8)可知

$$\Delta \Pi = \Pi_2^{Dh} - \Pi_1^{Dh} = (p_1' - p_1^*) [f_1 + (1-f_1) a_1] N_i.$$

因此,两种预售策略下航运企业收益差的变化和预售期定价差的变化一致. 证毕.

从定理7可知, $\frac{v_h}{v_l} > 1 + \frac{f_1}{q(1-f_1)}$ 是指托运人对舱位的最高估值和最低估值相差比较大时. 在托运人估值下降的市场,不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略相比于考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略,预售期定价和企业收益增加,原因在于考虑托运人对预售期缺舱的厌恶时,航运企业通过降低舱位价格促使托运人尽快在预售阶段订舱,但造成自身收益下降. 在托运人估值上升的市场,当 $0 < k < g$ 时,即托运人的失望厌恶在小范围变化,航运企业可利用托运人对预售期缺舱的失望,设置较高舱位定价,达到增加收益的目的. 考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略是最优预售策略;当 $g \leq k < 1$ 时,托运人对预售期缺舱的失望厌恶很高,不愿意在预售期订舱,航运企业只能通过降价挽留托运人,造成自身收益下降. 此时不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略为最优预售策略. 因此,针对托运人对舱位的估值概率变动情况,航运企业可依据托运人失望厌恶水平,选择最优预售策略.

3 算例分析

利用算例分析验证上述模型与定理,假设:航运企业单舱成本 $c = 70$,航运企业向电商平台支付的注册费 $w = 30$,消息灵通型托运人和消息闭塞型托运人的数量 $N_i = N_u = 1000$,托运人对舱位定价的最高估值是 $v_h = 180$,最低估值是 $v_l = 140$,预售期支付定金订舱期继续付尾款的概率 $f_1 = 0.5$,托运人预售期的失望程度 $g = 0.5$,预付定金占预售期定价的比例 $a_1 = \frac{1}{3}$. 分析托运人的估值不确定性参数和失望厌恶参数对航运企业预售策略和定价机制的影响.

首先,随着托运人失望厌恶 k 的变化,托运人估值下降市场和托运人估值上升市场中最优预售期定价,最优收益分别如图5,图6所示.

保持托运人估值不确定参数 $q = 0.2$ 不变, 从图5可知, 随着托运人失望厌恶 k 的增加, 两种估值市场中预售期舱位定价均下降, 估值上升市场的预售期定价高于估值下降市场的预售期定价, 原因在于估值上升市场中, 托运人认为低价存在的可能性较小. 航运企业可根据不同市场采取不同的定价决策. 从图6可知, 两种估值市场中航运企业的收益与 k 成负相关. 原因在于航运企业最优预售策略是折扣策略, 即预售期定价始终小于订舱期定价. 随着托运人对预售期缺舱厌恶的增加, 为了促使托运人尽快在预售阶段订舱, 航运企业往往牺牲自身收益, 降价吸引托运人. 但从航运企业的长期发展来看, 航运企业应采取措施降低托运人的失望厌恶, 保证盈利性.

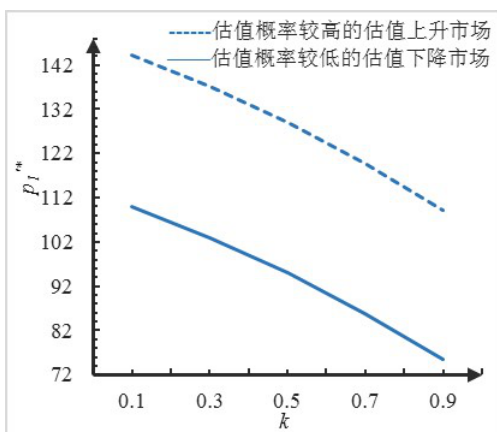


图 5 预售期定价 p_1^* 与托运人失望厌恶 k 的关系

Fig. 5 Relationship between pre-sale price p_1^* and shipper's disappointment aversion k

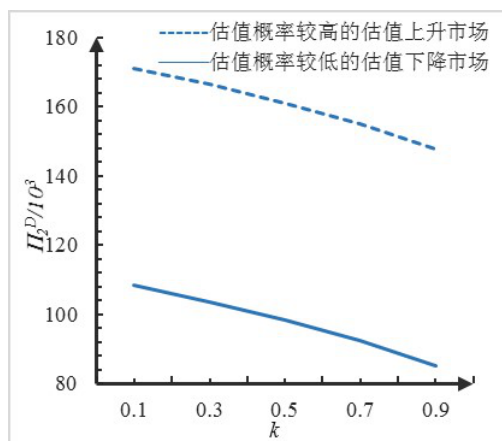


图 6 航运企业收益 Π_2^D 与托运人失望厌恶 k 的关系

Fig. 6 Relationship between shipping company's revenue Π_2^D and shipper's disappointment aversion k

其次, 保持托运人失望厌恶 k 不变, 取值为 $k = 0.2$. 其满足 $0 < k < \frac{-a_1 g [q(1 - f_1) (v_h - v_l) - f_1 v_l]}{f_1 [a_1 v_l + q (v_h - v_l)]}$, $\frac{v_h}{v_l} \leq 1 + \frac{f_1}{q(1 - f_1)}$ 时. 对比分析两种预售策略下, 航运企业的预售期定价增长百分比和收益增长百分比. 其中, 两种预售策略指考虑托运人失望厌恶的预售策略和不考虑托运人失望厌恶的预售策略.

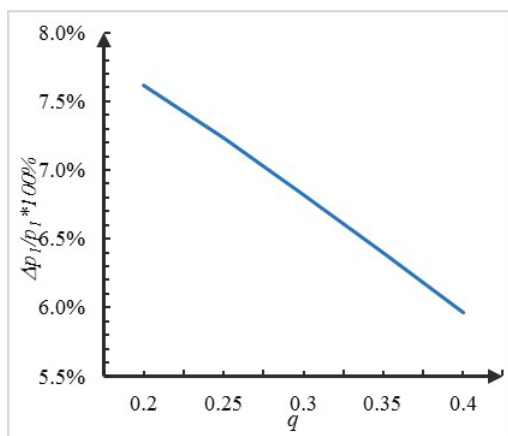


图 7 预售期定价增长百分比与估值概率 q 的关系

Fig. 7 Relationship between the increase percentage of pre-sale price and valuation probability q

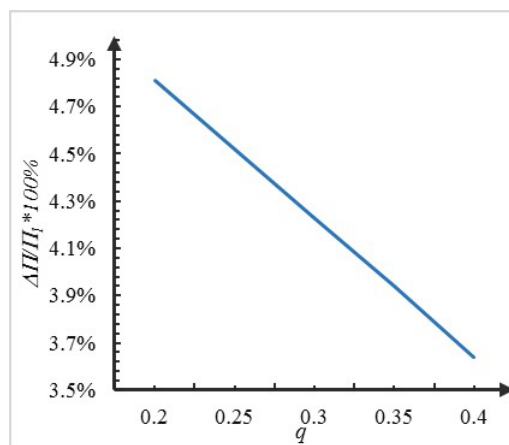


图 8 航运企业收益增长百分比与估值概率 q 的关系

Fig. 8 Relationship between the increase revenue percentage of shipping company and valuation probability q

在托运人估值下降的市场, 托运人存在估值上限 $q_2 = 0.478$, 根据定理4得到的 q_2 公式可计算得到. 从图7与图8可发现, 在托运人估值范围内, 考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略相比不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略来说, 预售期价格和航运企业收益增加. 在托运人估值上升的市场, 托运人存在估值下

限 $q_1 = 0.500$, 根据定理3得到的 q_1 公式可计算得到. 从图9与图10可发现, 在托运人估值范围内, 考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略相比不考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略来说, 航运企业预售期价格和收益增加. 综上所述, 当托运人对舱位最大估值和最小估值相差比较小, 托运人失望厌恶在小范围变化时. 在托运人估值下降市场和托运人估值上升市场中, 航运企业可利用托运人担心预售期订舱失败的心理, 采取考虑托运人失望厌恶 k 的预售策略, 达到增加收益的目的.

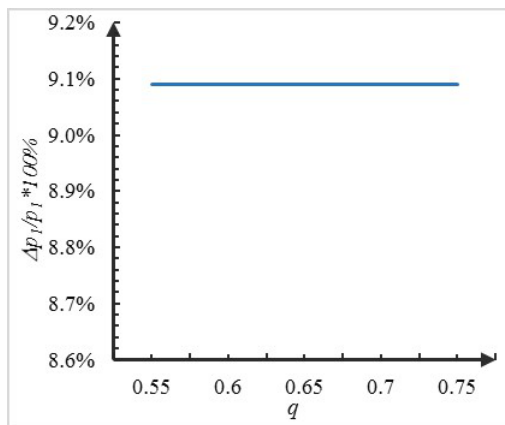


图9 预售期定价增长百分比与估值概率 q 的关系

Fig. 9 Relationship between the increase percentage of pre-sale price and valuation probability q

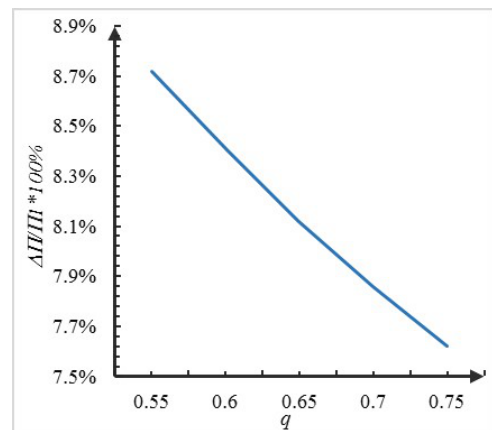


图10 航运企业收益增长百分比与估值概率 q 的关系

Fig. 10 Relationship between the increase revenue percentage of shipping company and valuation probability q

4 结束语

本文构建量化预付定金的航运企业在线预售模型, 刻画了考虑托运人存在估值不确定和失望厌恶下航运企业的定价决策和预售策略, 分析托运人估值不确定参数, 失望厌恶与航运企业舱位定价, 航运企业收益的内在关系. 结论表明, 托运人估值不确定和失望厌恶是影响航运企业定价和收益的关键因素. 首先, 考虑托运人估值不确定的预售策略中, 分成托运人估值下降市场和托运人估值上升市场, 分别获得最优订舱期舱位定价, 预售期舱位定价, 预售期舱位定金和舱位库存量. 航运企业最优预售策略是预售折扣策略, 即预售期定价小于订舱期定价; 其次, 最优预售期定价和最优航运企业收益是关于托运人失望厌恶的单调减函数; 最后, 不论在托运人估值下降市场还是估值上升市场, 当托运人失望厌恶在小范围变化时, 考虑托运人失望厌恶的预售策略是最佳选择; 当托运人失望厌恶在大范围变化时, 不考虑托运人失望厌恶的预售策略是最佳选择.

本文仅考虑一家航运公司考虑托运人估值不确定性和失望厌恶的在线预售定价决策行为, 且考虑垄断环境下, 市场需求与舱位定价无关. 因此, 在实际中, 还可以对航运平台背景下的多家航运公司在线竞争合作的决策行为等问题进行深入研究.

参考文献:

- [1] Wei S L, Tang C S. Advance selling in the presence of speculators and forward-looking consumers. *Production & Operations Management*, 2013, 22(3): 571–587.
- [2] Yu M, Kapuscinski R, Ahn H S. Advance selling: Effects of interdependent consumer valuations and seller's capacity. *Management Science*, 2015, 61(9): 2100–2117.
- [3] Gundepudi P, Rudi N, Seidmann A. Forward versus spot buying of information goods. *Journal of Management Information Systems*, 2001, 18(2): 107–131.
- [4] Gill D, Prowse V. A Structural analysis of disappointment aversion in a real effort competition. *American Economic Review*, 2012, 102(1): 469–503.

- [5] 徐浩轩, 张金隆, 龚业明, 等. 网络预售产品的订货策略研究. 系统工程学报, 2017, 32(6): 843–864.
Xu H X, Zhang J L, Gong Y M, et al. Ordering policies of advance selling products for online retailers. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(6): 843–864. (in Chinese)
- [6] Tian Z, Wang Y. Advance selling with preorder-dependent customer valuation. *Operations Research Letters*, 2016, 44(4): 557–562.
- [7] Zhao X, Stecke K E. Pre-orders for new to-be-released products considering consumer loss aversion. *Production & Operations Management*, 2010, 19(2): 198–215.
- [8] 翟 硕, 华国伟, 郑大昭, 等. 考虑估值不确定和搜索成本的预售决策研究. 系统工程理论与实践, 2016, 36(12): 3059–3068.
Zhai S, Hua G W, Zheng D Z, et al. Advance selling considering consumer valuation uncertainty and seeking cost. *Systems Engineering: Theory&Practice*, 2016, 36(12): 3059–3068. (in Chinese)
- [9] 李 辉, 齐二石. 基于市场规模不确定条件下的销售商预售策略研究. 中国管理科学, 2017, 25(2): 50–56.
Li H, Qi E S. Based on the uncertain market size under the condition of sellers pre-sale strategy research. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(2): 50–56. (in Chinese)
- [10] Prasad A, Stecke K E, Zhao X. Advance selling by a newsvendor retailer. *Production & Operations Management*, 2011, 20(1): 129–142.
- [11] Zhao X, Pang Z. Profiting from demand uncertainty: Strategies in advance selling. *SSRN Electronic Journal*, <http://ssrn.com/abstract=1866765>, 2011.
- [12] Wei S L, Tang C S. Advance selling in the presence of speculators and forward-looking consumers. *Production & Operations Management*, 2013, 22(3): 571–587.
- [13] Liu Q, Stephen S. Pricing and capacity rationing with customer disappointment aversion. *Production and Operations Management*, 2013, 22(5): 1269–1286.
- [14] Nasiry J, Popescu I. Advance selling when consumers regret. *Management Science*, 2009, 58(6): 1160–1177.
- [15] Zhang, Ying, Zhang, et al. Strategic customer behavior with disappointment aversion customers and two alleviation policies. *International Journal of Production Economics*, 2017, 191: 170–177.
- [16] 张 凯. 双边市场中用户前瞻性平台定价策略选择. 系统工程学报, 2018, 33(5): 637–648.
Zhang K. Forward-looking agents and pricing strategy in two-sided market. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(5): 637–648. (in Chinese)
- [17] 王旭坪, 孙自来, 展红鑫. 不同权力结构对跨境电商双渠道供应链的影响. 系统工程学报, 2017, 32(3): 385–396.
Wang X P, Sun Z L, Zhan H X. Impact of different game power structures on the cross-border e-retailer dual-channel retail supply chain. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(3): 385–396. (in Chinese)
- [18] 王 滔, 颜 波, 李鸿媛. 替代产品价格和服务竞争的在线渠道决策与协调. 系统工程学报, 2018, 33(4): 536–550.
Wang T, Yan B, Li H Y. Decision and coordination of online channels with competition of substitute product's price and service. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(4): 536–550. (in Chinese)
- [19] 高金敏, 乐美龙, 曲林迟. 基于离散时间的定价与舱位控制联合决策. 交通运输工程学报, 2016, 16(6): 125–131.
Gao J M, Le M L, Qu L C. Joint decision making of pricing and seat inventory control based on discrete time. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2016, 16(6): 125–131. (in Chinese)
- [20] 王 琳, 全雄文, 杜玉泉. 集装箱班轮远期舱位分配博弈研究. 物流技术, 2009, 28(4): 57–59.
Wang L, Quan X W, Du Y Q. Research on long-dated slot allocation for container liner shipping with game theory. *Logistics Technology*, 2009, 28(4): 57–59. (in Chinese)
- [21] Yin M, Kim K H. Quantity discount pricing for container transportation services by shipping lines. *Computers & Industrial Engineering*, 2012, 63(1): 313–322.
- [22] 卜祥智, 许 垒, 赵泉午. 考虑货主价格参照效应的海运运力合同定价策略. 管理科学学报, 2012, 15(2): 28–36.
Bu X Z, Xu L, Zhao Q W. Pricing strategy of freight capacity contract considering the effect of shipper's price reference. *Journal of Management Sciences in China*, 2012, 15(2): 28–36. (in Chinese)
- [23] Xu L, Govindan K, Bu X, et al. Pricing and balancing of the sea-cargo service chain with empty equipment repositioning. *Computers & Operations Research*, 2015, 54(C): 286–294.
- [24] 曾庆成, 岳安娜, 孙赫迎, 等. 基于差价补偿策略的集装箱班轮运输定价模型. 系统工程理论与实践, 2017, 37(9): 2366–2372.
Zeng Q C, Yue A N, Sun H Y, et al. A pricing model for the container liner shipping based on price matching policies. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2017, 37(9): 2366–2372. (in Chinese)
- [25] Hagiu A, Wright J. Marketplace or reseller. *Management Science*, 2016, 61(1): 184–203.

作者简介:

孙赫迎 (1994—) 女, 黑龙江大庆人, 博士, 研究方向: 港口运作与管理, Email: heyingsun@dlmu.edu.cn;

曾庆成 (1978—) 男, 山东沂南人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 港口与物流系统优化, Email: qzeng@dlmu.edu.cn;

菅文涛 (1995—) 男, 内蒙古赤峰人, 硕士, 研究方向: 港口运作与管理, Email: 18840844091@163.com;

陈 超 (1961—) 男, 辽宁大连人, 博士, 教授, 研究方向: 港口与物流系统优化, Email: enchaovip@126.com.