

考虑战略消费者行为风险的动态定价策略^①

李贺, 张玉林, 仲伟俊
(东南大学经济管理学院, 南京 211189)

摘要: 本文研究的是存在战略消费者行为风险的动态定价问题. 垄断厂商在需求不确定的有限时间内销售定量易逝商品, 追求既定风险下的期望收益最大化; 战略消费者在动态定价下基于参考价格安排购买时机. 研究表明, 厂商和消费者的行为策略间存在完美博弈均衡; 在均衡价格范围内, 战略购买行为改变了各交易主体的收益或支付, 扩大了厂商收益不确定性风险; 风险敏感的厂商定价趋于保守; 交易信息透明是厂商实现预定目标的引导条件.

关键词: 动态定价; 战略消费者; 战略购买; 收益; 风险

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2012)10-0011-15

0 引言

酒店宾馆因客房紧张开始提高价格, 物流公司因舱位剩余最后降低运价, 百货商店因时尚饰品过季低价甩卖. 这种同质异价现象尤其在流通和服务性行业最为常见, 相应产品或服务(如航空机票、场馆门票、资产租赁, 以下统称商品)有这样的特点: 在有限销售期内, 厂商所提供的商品总量确定, 而市场需求总量并不确定, 且逾期剩余的价值量很低, 有些甚至为零. 将这类市场价值严格受销售时限制约的商品称为易逝品(简称商品).

在需求变化引起供求失衡下, 厂商常基于供求变化调整商品价格. 以动态定价应对需求不确定, 虽于高价购买者存在客观价格歧视, 但在供求较难匹配的易逝品市场, 高价购买者拥有更多选购机会, 相应价格歧视感为高价优先权所稀释, 结果动态定价销售非但没被市场淘汰, 反而易逝品(如宾馆客房和列车厢位^②)销售越来越青睐这种定价形式. 然而由于需求不旺下低价销售阶段的价格诱惑, 结果在厂商应对不确定需求背后, 消费

者学会以择机购买应对动态定价. 将这种主动安排购买时机的消费者称为战略消费者, 相应行为称为战略购买行为.

战略消费者刻意安排购买时机, 使得需求时序结构发生变化, 也使引导价格走势的预期价格有所改变. 预期价格变化带来两方面后果, 一方面, 预期价格是定价决策的依据, 厂商将因此变化改变价格, 最终导致预期收益总量改变; 另一方面, 预期价格对战略购买有引导作用, 将有消费者因此变化改变购买时机, 由于战略等待需求对应着未来不确定价格, 结果产生新的收益不确定性风险. 因此购买行为影响着厂商的收益和收益风险.

需求不确定和价格不确定都会导致厂商收益不确定性风险. 如果把长期收益最大化作为厂商追求的目标, 那么厂商风险中性假设无疑是合理的, 可是现实中不少厂商需考虑短期收益风险带来的问题, 比如资金流安全、投资者信心、管理者考评等. 此外, 由于战略购买行为产生新的收益不确定性风险, 因此在相关考虑风险的定价中应

① 收稿日期: 2010-12-23; 修订日期: 2011-08-29.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71171046; 70771026).

作者简介: 李贺(1968—), 男, 安徽阜南人, 博士生, 讲师. Email: li110he@163.com

② 2011年5月2日<财经国家周刊>消息, 铁路部门将放宽现有货运价格浮动空间, 并将出台一套客运价格浮动政策. 尤其货运编组需要一段时间, 这样同车同货可能运价不同.

有消费者行为因素.

可见,在关于易逝品销售的动态定价决策中,应该考虑战略消费者行为及其相应带来的风险,而已有的研究在这方面存在明显不足.

1 文献回顾

关于不确定需求下的易逝品定价问题已有许多研究,不少成果也已应用于相关预定销售系统.但这些研究大多采用的是折价策略,未考虑此类策略下的消费者购买行为反应,比如文献[1]认为,依据 EMSR (期望边际座位收益)^[2] 规则设置保护未来高价值需求,当这部分不确定需求出现不足,最终需折价销售剩余的概率较高时,原设置保护的消费者也会为折价等到最后购买;文献[3-4]认为,根据 GVR^[5] 方法制定的定价策略存在阈值特性,消费者可据阈值大小推断购买时机;文献[6]认为,折价策略下的消费者选择不预订购买更可取.所以不考虑消费者购买行为的折价策略有明显的局限性.

在考虑战略购买行为下,学者们在销售机制与定价,及容量控制等方面进行了深入研究.在销售机制和定价方面,文献[7]认为在跨期定价时,战略与非战略消费者的构成比例是厂商选择升价或降价机制的根据.文献[8]从消费者估价基于信息完全和不完全视角,研究战略购买下的多级降价机制,表明两价制是多产品需求下的最优降价机制.文献[9]在考虑销售应变能力与战略购买行为下,认为快速市场反应可降低战略购买导致的损失,零售商即便能承诺价格路径,也最好采取无承诺的降价策略.考虑再制造比制造速度快,文献[10]认为,利用再制造柔性补货方式可弥补顾客策略行为带来的损失.在战略行为程度和易逝品都不同的寡头市场,文献[11]认为,公司和消费者行为策略间存在博弈均衡,公司理性反应也仅能部分弥补战略购买导致的损失,限制消费者获取最佳购买信息是改善公司收益的关键.文献[12]还对垄断市场下类似情况进行了研究.在战略消费者和投机者共存的垄断市场,文献[13]认为,公司在不变价下利用市场投机行为,既可分享动态定价的好处,又可维护公司信誉

和分散公司风险,但这种销售方式会弱化公司长期扩容投资动力.另有一些文献从战略购买行为的信息依赖性研究易逝品销售问题.如文献[14,15]研究了价格信息影响下的定价策略选择问题,文献[16,17]研究了商品剩余量信息影响下的销售方式选择问题.

在容量控制方面,文献[18]认为,在容量剩余可观察情况下,市场竞争和消费者对产品可得性态度影响容量配给效果,在可得性风险(因等待买不到商品的风险)中性下,公司实施容量配给策略无法改善收益状况.文献[19]认为,在战略消费者可观察公司剩余产品容量的情况下,如果价格是外生给定的,两期销售的容量配给策略可提高公司收益;如果价格是内生确定的,只是折扣价格比正常价格低很多情况下,容量配给策略对改善收益才起重要辅助作用.文献[20]的研究表明,在剩余容量不可观察情况下,战略消费者凭借与销售者的互动不断调整可得性预期,预期更新速度和消费者类型构成影响最优定价策略,通过容量配给消除过度剩余的好处,强于消费者等待习惯下的降价销售.文献[21]也认为,高低端消费者的构成比例是确定价格和库存的依据,通过合理库存消除过度剩余方式,增加等待购买不到产品的风险,有利于改善垄断厂商的收益状况.以上研究是基于厂商风险中性假设,这与诸多公司力求规避风险的现实不完全相符.

也有一些文献考虑了风险因素的影响.文献[22]将价格变化引起的销量方差作为风险引入收益管理,由期望收益和方差惩罚项共同构成目标函数,实现决策者既定风险敏感度下的收益最大化.文献[23]认为非风险中性下应用 EMSR 法则会遇到障碍,建议以 EMSU (期望边际座位效用) 替代 EMSR,用期望效用理论研究风险厌恶下的收益管理问题.文献[24]通过对含有风险敏感度的期望指数效用函数研究发现,越是风险敏感的供应商,其定价策略越是趋于保守.文献[25]通过在期望收益最大化目标函数中引入风险约束项,以期实现可接受最低收益的发生概率在允许条件下的最优动态定价.这些涉及风险因素的收益管理研究没有考虑消费者行为.

上述相关研究,要么仅考虑消费者战略购买行为,要么仅考虑厂商风险敏感性,罕有同时考虑

两者的。为此,在同时考虑消费者行为和厂商风险敏感性因素下,本文对易逝品销售定价问题进行深入探讨。由于是从不同角度研究同类问题,所以无论是在问题的处理方式,还是在问题的研究结论上,本文都与相关文献既有区别又有联系。

在处理战略行为依据方面,文献[18]和[9]假设战略消费者保留价服从共知的分布函数,所不同的是,前者销售期内保留价不变,后者销售期内保留价逐渐减小,相同的是二者都以仅与自己有关的消费者剩余为战略购买依据。文献[13]假设(消费者中固定量的)战略消费者保留价为已知常量,并以均衡期望价格为战略购买依据(注:文献体现两阶段价格均衡思想,只是把投机量作决策变量,而把战略购买量作常量,致使战略购买行为依据不明)。本文假设战略消费者保留价为共知常量,选择反应彼此行为影响的期望价格为购买行为依据。

在处理战略购买风险方面,文献[18]假定需求确定下降价路径固定,在全价可买到与折价后可能买到之间权衡的消费者,冒降价幅度确定下的可得性风险安排购买。文献[9]设定需求不确定,作两阶段消费者剩余权衡的消费者,购买冒降价幅度不确定的价格风险。文献[13]选定需求不确定,作两阶段(期望)价格选择的消费者,购买冒降价幅度不确定的价格风险。本文假定需求不确定,基于期望价格安排购买的消费者,冒升降趋势不明的价格风险。

文献[18]表明,期初商品库存量影响商品可得性,较低期初库存可吸引提前购买,通过容量配给可改善期望收益。文献[9]表明,期初保守库存可降低战略购买量,快速反应不仅可实现较好供求匹配,而且可降低战略购买所导致的损失。文献[13]表明,既使公司实行静态定价,只要利用投机者的投机行为,也可获得动态定价的收益好处。本文表明期初售价影响战略购买行为,通过信息引导合理战略购买,可实现既定风险的预定收益目标。尽管本文与这些文献研究角度不同,但都把销售过程分两段差别定价。

此外,涉及厂商收益问题也有不同处理方式。在处理目标函数方面,考虑主观效用函数确定和应用存在的问题,根据相关战略购买行为函数确定有限理性^[26]目标策略。文献[27]也认为,基于

有限理性方式研究收益管理问题的时机已成熟。在处理收益风险方面,选择承担无法规避的市场需求风险,有条件地消除战略购买行为风险。这与文献[22,24,25]规避市场需求风险情况不同。

在研究问题的结论方面,文献[9,13,25]认为,战略购买行为使厂商收益能力降低,文献[24]认为风险敏感的厂商趋于定价保守。本文结论除支持这些观点外,还表明动态定价下的战略购买行为改变了各交易主体的收益或支付,增大了厂商收益不确定性风险,期初售价与战略转移需求量(等待购买量)、期望收益及风险均呈正向关系,通过价格调控可实现既定风险的厂商收益目标,但既定目标的实现需要透明交易信息的引导。

2 模型描述

本文模型描述的是垄断厂商考虑战略消费者(不引起混淆时简称消费者)行为和风险因素情况下,在需求不确定的有限期内销售定量易逝商品。市场上存在销售商品的厂商、消费商品的高端消费者(保留价较高的消费者,包括战略消费者和随机消费者)和低端消费者(保留价较低的消费者)。相应高端消费者的购买需求称为高端需求(包括战略消费者的固定需求和随机消费者的不确定需求),低端消费者的购买需求称为低端需求。

在高端需求不确定情况下,静态最优价格为高低端消费者的两保留价之一。鉴于价格可将高低端消费者撇开(如时尚品的入时高价把低端消费者撇到销售后期,航空票价的折扣把低端消费者掠至更早预售期),分段按消费者保留价销售无疑增加收益机会。因此动态定价对厂商改善收益更有利。

在厂商采取动态定价策略下,战略消费者以战略购买方式应对,相关问题为本文所研究。由于多阶段定价下会出现消费者行为策略网络化,因此本文基于避繁就简考虑,采用两阶段动态定价形式研究。具体市场主体供求情况和行为差异分述如下。

厂商 供给市场上的商品销售者. 厂商在有限期内供给商品总量为 c 单位, 逾期剩余商品价值量为零. 厂商采取两阶段动态定价, 第 t ($t = 1, 2$) 时段商品销售价格以 P_t 表示. 在 $t = 1$ 阶段基于追求目标确定商品价格 P_1 , 在 $t = 2$ 阶段视剩余供求选择商品价格 P_2 . 若剩余商品供剩余高端需求所获收益大, 则选择售价 V_H ; 若剩余商品供低端需求所获收益大, 则选择售价 V_L ($V_L < V_H$). 厂商追求有限理性目标, 表现为根据行为风险、收益及价格函数, 确定既定风险的期望收益及其定价策略.

消费者 需求市场上的商品购买者. 按最高可支付保留价的高低, 消费者大体可分为高低端两类. 高端消费者都具有战略购买能力, 仅有确定和不确定(随机)需求差异, 由于在两阶段均衡状态下, 若 $t = 1$ 阶段多一个随机需求消费者 ($t = 2$ 阶段少一个随机消费者), 则会多一个确定需求消费者等至 $t = 2$ 阶段购买, 结果对研究问题没有影响, 只是为解决研究问题的方便, 视 $t = 1$ 阶段到达者为确定需求的战略消费者, $t = 2$ 阶段到达者为不确定需求的随机消费者. 每个消费者都只需一单位商品, 不同类消费者因支付意愿不同而购买行为不同.

1) 战略消费者 战略消费者在 $t = 1$ 阶段出现, 具有战略行为能力和意愿, 构成相应固定需求部分 w (w 表示战略消费者量 $w < c$), 愿支付商品的最高保留价为 V_H , 购买行为受最高保留价和参考点——预期价格 $E(P_2)$ 限制 ($E(P_2)$ 表示 $t = 2$ 阶段商品随机价格 P_2 的期望值, 且 $E(P_2) \leq V_H$), 在价格满足 $P_1 \leq E(P_2)$ 条件下, 选择在 $t = 1$ 阶段购买, 否则等待至 $t = 2$ 阶段购买 (w_2 表示 $t = 2$ 阶段战略消费者量 $w_2 \leq w$).

2) 随机消费者 随机消费者在 $t = 2$ 阶段初出现, 已无购买等待时间, 构成相应随机需求部分 X (X 表示随机消费者量 X 的概率密度函数为 $f(x)$, 随机分布函数为 $F(x)$, 当 $x > 0$ 时 $F(x) > 0$; 当 $x \leq 0$ 时 $F(x) = 0$), 愿支付商品的最高保留价为 V_H , 只要商品价格 $P_2 \leq V_H$, 随机消费者就愿意购买商品.

3) 低端消费者 低端消费者在 $t = 2$ 阶段初

出现, 没有战略行为意愿, 构成消费需求中的低端需求部分, 愿支付商品的最高保留价为 V_L . 只要商品价格满足 $P_2 \leq V_L$ 条件, 市场上足够多的低端消费者能购完所有剩余商品. 顺便说明, 由于 $t = 1$ 阶段随机需求尚不明朗, 相应价格 $P_1 = E(P_2) > V_L$ (见第 4 节), 所以 $t = 1$ 阶段低端消费者仅潜伏于市场.

行为时序 厂商采取两阶段动态定价销售方式, 相应主体交易过程体现明显阶段状态和需求时序见图 1.

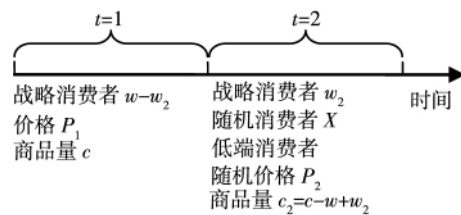


图 1 需求时序和商品数量及价格

Fig. 1 Temporal sequence of demand, quantity of goods and price

$t = 1$ 阶段初商品总量为 c , 厂商首先确定商品价格 P_1 , 战略消费者此后根据当时期望价格作出相应判断, 决定是现在购买还是等到 $t = 2$ 阶段购买. 在两阶段之间, 随机消费者出现在需求市场, 随机需求 X 成为可观察的需求量. $t = 2$ 阶段初商品剩余量为 c_2 , 厂商根据市场剩余需求选择价格 P_2 为 V_H 或 V_L , 销售剩余商品给各潜在购买者 (包括 $t = 2$ 阶段的战略消费者、随机消费者和低端消费者).

不管商品属性是否完全相同, 消费者购买商品都有挑选习惯 (如自选式购买), 且商品属性越多挑选习惯越明显 (如选靠窗车票). 也不管满足这些需求出于何种目的, 不少厂商愿意提供购物参考信息, 如在国外航空公司许多订票系统, 可据剩余座位信息挑选座位 (可追踪剩余容量)^[11], 中铁客服中心已提供余票信息, 相关网络售票也将全面推开^③. 结合这些实情, 基于信息可引导厂商目标实现这一理念, 假定厂商与消费者对分布函数 $F(x)$ 和保留价 (V_H 和 V_L) 认知一致, 商品剩余量 (包括 c 和 c_2) 和固定需求量信息透明, 两阶段动态定价为默认销售方式. 此外, 假定高价销售出现商品剩余绝非常态 (即也存在高端消费者

③ 2011 年 4 月 13 日人民网消息 7 月 1 日起, 铁路部门推出两种票价两种时速的客车同线运行模式 (以线路为单元的收益管理).

购买不到商品的可能)。

市场主体各方在相关信息透明基础上,按各自定价和购买行为标准交易.行为约束下的交易最终形成均衡状态,据此可分析行为价格依赖关系,确定行为收益和行为风险特性.

3 消费者行为的价格依赖

厂商和战略消费者博弈行为关系最终会反应为需求和价格关系.为分析需求(行为)和价格关系方便,根据前文模型描述内容作出需求—价格关系图(如图 2).OC 轴表示商品数量或容量,OP₁或OP₂轴表示商品价格,V_H与V_L水平线分别是中高端需求线d₁和d₂的理论简化(需求弹性很大).t-t是两阶段分界线,右侧t=2阶段价格线V_H与V_L是或者关系,左侧t=1阶段P̄价格线在[V_L,V_H]区间上升或下降,可引发t-t位置纵向价格台阶在[0,w]范围左移或右移,相应t=2阶段转移需求增加或减少.

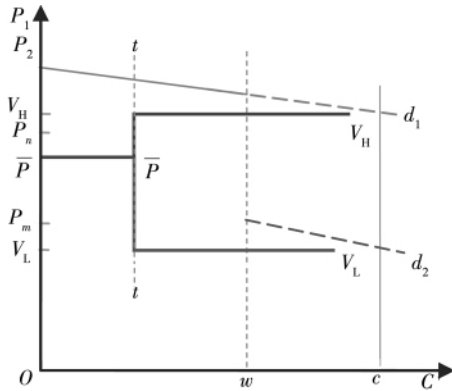


图 2 市场消费需求与商品价格

Fig. 2 Consumer demand and prices of goods in the market

厂商在 t = 1 阶段确定价格 P₁ 后,战略消费者根据价格 P₁ 和商品剩余作出购买或等待判断,判断结果影响 t = 2 阶段的需求数量,剩余需求数量又影响价格 P₂ 的抉择和 t = 2 阶段的收益,显然价格 P₁ 成为改善收益的关键决策变量.不过可变的预期价格是引导购买的信号,故先从 t = 2 阶段价格谈起.

在 t = 2 阶段开始,厂商根据商品剩余信息和市场需求(包括 X 观察值)选择价格 P₂,具体定价选择标准依据判别式^[13]

$$P_2 = \begin{cases} V_L & X + w_2 < \frac{V_L}{V_H}(c - w + w_2) \\ V_H & X + w_2 \geq \frac{V_L}{V_H}(c - w + w_2) \end{cases} \quad (1)$$

记 c₂ = c - w + w₂,它表示 t = 2 阶段初商品剩余量.式(1)表示若剩余商品供高端需求收益大,则选择售价 P₂ = V_H;若剩余商品供低端需求收益大,则选择售价 P₂ = V_L.根据 X 的分布规律和式(1)标准知,随机价格 P₂ 的期望值 E(P₂) 为

$$E(P_2) = V_L F(z) + V_H \bar{F}(z) = V_L + \Delta \bar{F}(z) \quad (2)$$

其中 z = $\frac{V_L}{V_H}(c - w) - \frac{\Delta}{V_H}w_2 \geq 0$, Δ = V_H - V_L > 0, $\bar{F}(z) = 1 - F(z)$.根据 z ≥ 0 和 w₂ ≤ w 条件知,战略消费者转移至 t = 2 阶段购买的总量不超过

max w₂ = min(w, $\frac{V_L}{\Delta}(c - w)$).若供求结构显示

$\frac{w}{c} \leq \frac{V_L}{V_H}$,则转移量不超过 w;若供求结构显示

$\frac{w}{c} > \frac{V_L}{V_H}$,则转移量不超过 $\frac{V_L}{\Delta}(c - w)$.显然最大战略转移需求量受供求结构约束.

由于期望价格关于 w₂ 的导函数满足

$$\frac{dE(P_2)}{dw_2} = \frac{\Delta}{V_H} f(z) > 0 \quad (3)$$

因此期望价格 E(P₂) 是 w₂ 的增函数(V_L ≤ E(P₂) ≤ V_H),即随着转移至 t = 2 阶段消费者量的增加, E(P₂) 的值相应增大,同时 t = 2 阶段供求比有所改变.可 w₂ 是与战略消费者购买行为相关的量,而战略购买行为受 t = 1 阶段价格 P₁ 支配,因此只有弄清战略购买行为受价格作用范围,才能确保定价策略符合消费者行为实际情况.

P₁ 和 P₂ 的确定,及调价时机的选择,都是厂商的独立行为,战略消费者不能通过跟踪 X 来推断 P₂.对厂商动态定价策略行为,战略消费者根据参考点安排购买时机应对,彼此策略行为使价格 P₁ 和参考价格产生联系,表现为从 P₁ ≠ E(P₂) 到 P₁ = E(P₂) 逐渐实现价格均衡,当然不同 P₁ 所实现的均衡点也不相同.为确定购买行为受价格作用范围,现在从价格 P₁ 连续上升过程中,按“去等存购”(去掉等待的余下都是购买的)方式分析,即按转移至 t = 2 阶段战略消费者 w₂ 增加

方向分析.

当价格 P_1 从 V_L 升至某 P_m , 首次满足 $P_1 = E(P_2)$ 条件时, 将开始有消费者转移至 $t = 2$ 阶段, 这一战略转移临界始点为

$$P_m = E(P_2) = V_L + \Delta \bar{F}(z_1) \quad (4)$$

其中 $z_1 = \frac{V_L}{V_H}(c - w)$

在 P_1 升至临界始点之前, 仅随机需求就使 $t = 2$ 阶段预期价格达到 P_m , 若转移至 $t = 2$ 阶段“承受”预期价格比现价 P_1 高, 转移不只预期支付不划算, 毕竟 $t = 2$ 阶段还有购买风险, 因此没有消费者转移需求, 即 $w_2 = 0$. 从式(4) 可发现 w 值越大战略转移临界始点越高. 当 $w = c$ 时, 战略转移临界始点为 $P_m = V_H$, 即使价格 P_1 升高到 V_H , 也无战略消费者转移至 $t = 2$ 阶段.

厂商在利益驱动下可能提高 $E(P_2)$, 由式(2) 知, 消费者转移至 $t = 2$ 阶段必伴有 $E(P_2)$ 增加, 而驱使消费者转移的手段是提高 P_1 , 当 P_1 升到 P_m 之后, 随着 P_1 的继续上升, 消费者也相应逐渐转移到 $t = 2$ 阶段. 当价格 P_1 从 P_m 上升到最后一次满足 $P_1 = E(P_2)$ 条件的某 P_n 时, 战略消费者向 $t = 2$ 阶段转移过程结束, 这一战略转移临界终点为

$$P_n = V_L + \Delta \bar{F}(z_2) \quad (5)$$

其中 $z_2 = \begin{cases} \frac{V_L}{V_H}c - w & \frac{w}{c} \leq \frac{V_L}{V_H} \\ 0 & \frac{w}{c} > \frac{V_L}{V_H} \end{cases}$

式(5) 表示在 $P_1 = P_n$ 点, 若供求结构表明 $\frac{w}{c} \leq \frac{V_L}{V_H}$, 则所有战略消费者全部转至 $t = 2$ 阶段,

即 $w_2 = w$, 且 $P_n \leq V_H$; 若供求结构表明 $\frac{w}{c} > \frac{V_L}{V_H}$,

则转至 $t = 2$ 阶段的战略消费者量 $w_2 = \frac{V_L}{\Delta}(c - w)$, 且 $P_n = V_H$.

实际上无论 P_1 升至 P_m 与 P_n 之间任何价格点上, 只要 P_1 高于战略购买参考点, 就有消费者转移至 $t = 2$ 阶段, 随着转移量的不断增加, 期望价格(参考点) 不断上升, 两阶段供求不断调整, 转移过程持续到 $P_1 = E(P_2)$ 为止, 因此在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围, 可实现两阶段(预期) 价格和转移

需求均衡状态. 不妨把价格 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围称为均衡价格范围, 相应范围内关于 w_2 的价格函数称为行为价格函数

$$P_1 = V_L + \Delta \bar{F}(z) \quad (6)$$

其中 $z = \frac{V_L}{V_H}(c - w) - \frac{\Delta}{V_H}w_2$

由式(2)、(3) 和(6) 可发现, 战略消费者的转移需求随价格 P_1 的上升而增加.

当 P_1 上升到 P_n 后, 无论 P_n 是否达到最高保留价 V_H , 所有战略消费者全部选定相应购买阶段. 若 $P_n < V_H$, 由于确定需求已全部转至 $t = 2$ 阶段, 即使继续提升 P_1 也不能增加收益; 若 $P_n = V_H$, 由于期望价格高至战略消费者保留价, 所有战略消费者转移过程全部结束(可能存在不转移的).

4 消费者行为下的收益特性

从上述价格变化过程分析看, 厂商在 $t = 1$ 阶段确定价格后, 战略消费者自动分配两阶段需求, 只是两阶段购买行为的参考点不相同, 根据各阶段行为价格变化规律可以求出相应厂商期望收益.

在 $t = 2$ 阶段, 由于高端购买参考价是保留价, 因此在 $P_1 \in [V_L, V_H]$ 范围内, 厂商收益可表示为 $\pi_2 = \min(\max(c_2 V_L, (X + w_2) V_H), c_2 V_H)$, 结合 X 的分布规律, 可得 $t = 2$ 阶段相应期望收益

$$E(\pi_2) = c_2 V_L F(z) + V_H \times \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + c_2 V_H \bar{F}(c - w) \quad (7)$$

由于战略消费者是百分之百购买, 随机消费者是依概率可能购买, 所以在战略消费者转至 $t = 2$ 阶段, 厂商定价策略式(1) 标准不变下, 势必增加随机消费者高价购买的机会, 减少低端消费者的购买机会, 这种推测可从 w_2 增加导致式(7) 中 x 积分区间扩大和 $F(z)$ 减小得到证实, 所以战略购买行为改变了支付分配规则.

结论 1 战略购买行为可能使战略消费者自身购买支付减少, 但却使随机消费者高价购买机会增加, 低端消费者消费机会减少.

在 $t = 1$ 阶段, 由于战略购买参考点为期望价

格不同 P_1 范围下的战略消费者分布阶段不同, 致使不同价格范围收益表示不同. 在 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 范围没有战略转移需求, 相应 $t = 1$ 阶段厂商收益表示为

$$\pi_1 = wP_1 \quad (8)$$

在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围任何价格点, 均可实现(预期)价格均衡, 相应 $t = 1$ 阶段厂商期望收益表示为

$$\pi_1 = (w - w_2)(V_L + \Delta \bar{F}(z)) \quad (9)$$

根据两阶段不同价格范围的(期望)收益, 可得销售期内不同价格下的总期望收益(简称期望收益). 在 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 区间, 由式(7)和式(8)可得厂商期望收益函数

$$E(\pi_{1m}) = wP_1 + (c - w)V_L F(z_1) + V_H \int_{z_1}^{c-w} x dF(x) + (c - w)V_H \bar{F}(c - w) \quad (10)$$

在 $P_1 \in [P_m, P_n] \subseteq [P_m, V_H]$ 区间, 由式(7)和式(9)可得厂商期望收益函数(见附录 A)

$$\begin{aligned} E(\pi_{1m}) &= (w - w_2)(V_L F(z) + V_H \bar{F}(z)) + \\ &c_2 V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + \\ &c_2 V_H \bar{F}(c - w) \\ &= cV_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w) dF(x) + \\ &cV_H \bar{F}(c - w) \end{aligned} \quad (11)$$

不妨把在 $w_2 \in [0, \max w_2]$ 范围, 关于 w_2 的期望收益函数式(11)称为行为收益函数. 从消费者行为角度看, 式(10)中战略行为没有表现出来, 期望收益仅是价格 P_1 的函数, 而式(11)中战略购买行为得以体现, 期望收益变成 $t = 2$ 阶段战略消费者量 w_2 的函数.

现在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围, 考察期望收益的行为反应特性(期望收益与 w_2 的关系). 因行为收益函数关于 w_2 的导函数满足(见附录 A)

$$\frac{dE(\pi_{1m})}{dw_2} = \frac{\Delta^2}{V_H} (w - w_2) f(z) \geq 0 \quad (12)$$

因此在均衡价格范围, 期望收益是战略消费者转移需求 w_2 的增函数($w_2 = w$ 时不等式中的等号成立). 所以厂商即便有意对消费者购买行为施加影响, 把 P_1 确定在 $[P_m, P_n]$ 范围也比确定在 $[V_L, P_m]$ 范围的期望收益高.

同时在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围, 考察期望收益的价

格反应特性. 因期望收益函数对价格 P_1 的导函数满足(见附录 A)

$$\frac{dE(\pi_{1m})}{dP_1} = w - w_2 \geq 0 \quad (13)$$

所以提高价格 P_1 , 尽管可以增加收益, 但价格 P_1 升到 P_n 后, 再提高价格(若有提价空间)也不增加期望收益. 即 $P_1 = P_n$ 和 $P_1 = V_H$ 时的期望收益相同. 显然价格差 $V_H - P_n \geq 0$ 是战略购买行为导致的直接损失. 因此, 在 $P_1 \in [P_n, V_H]$ 范围, 与没有战略购买行为相比, 有战略购买行为时, 厂商收益往往减少.

结论 2 在均衡价格状态下 ($P_1 \in [P_m, P_n]$), 厂商的期望收益随战略消费者转移需求的增加而增大, 但在战略消费者保留价范围内, 战略购买行为通常使厂商最大期望收益能力降低.

在考虑风险因素下, 厂商不再纯粹追求期望收益最大化, 因为高收益下可能隐藏着高风险, 现转向消费者行为下的收益风险讨论.

5 消费者行为下的风险特性

风险就是未来收益的不确定性, 未来收益与预期(期望)收益的偏离程度(本文以收益标准差 σ 度量风险). 随机消费者购买行为的不确定性是构成厂商收益不确定性风险的基础, 这部分因市场总需求量变化产生的收益不确定风险是无法消除的市场需求风险; 而战略消费者等待购买行为导致厂商收益不确定性风险增大, 这部分因价格变化导致转移需求的收益不确定风险是能够消除的战略行为风险. 在上述行为价格和行为收益关系基础上, 现在转向行为风险分析.

在 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 范围确定价格, 没有消费者转移至 $t = 2$ 阶段, 消费者战略购买行为未表现出来, 厂商仅面临市场需求风险. 根据式(1)、(8)、(10)和 X 的分布规律知, 厂商的收益方差为

$$\begin{aligned} \sigma_{1m}^2 &= [wP_1 + (c - w)V_L - E(\pi_{1m})]^2 \times F(z_1) + \\ &\int_{z_1}^{c-w} [wP_1 + xV_H - E(\pi_{1m})]^2 dF(x) + \\ &[wP_1 + (c - w)V_H - E(\pi_{1m})]^2 \bar{F}(c - w) \end{aligned} \quad (14)$$

据式(14)可得相应价格下厂商风险函数(见附录 C)

$$\sigma_{Lm} = \sqrt{\gamma_1 - \gamma_2} \tag{15}$$

其中

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= (c - w)^2 V_L^2 F(z_1) + V_H^2 \int_{z_1}^{c-w} x^2 dF(x) + \\ &\quad (c - w)^2 V_H^2 \bar{F}(c - w) \\ \gamma_2 &= [(c - w) V_L F(z_1) + V_H \int_{z_1}^{c-w} x dF(x) + \\ &\quad (c - w) V_H \bar{F}(c - w)]^2 \end{aligned}$$

在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围确定价格, 厂商不仅面临市场需求风险, 而且还面临消费者的战略行为风险. 根据式(1)、(9)、(11)和 X 的分布规律知, 均衡价格下厂商的收益方差为

$$\begin{aligned} \sigma_{mn}^2 &= [(w - w_2) P_1 + c_2 V_L - E(\pi_{mn})]^2 \times \\ &\quad F(z) + \int_z^{c-w} [(w - w_2) P_1 + (x + w_2) V_H - \\ &\quad E(\pi_{mn})]^2 dF(x) + [(w - w_2) P_1 + \\ &\quad c_2 V_H - E(\pi_{mn})]^2 \bar{F}(c - w) \end{aligned} \tag{16}$$

据式(16)可得相应均衡价格下厂商风险函数, 不妨把这对应于 $w_2 \in [0, \max w_2]$ 范围关于 w_2 的风险函数称为行为风险函数(见附录B)

$$\sigma_{mn} = \sqrt{\delta_1 - \delta_2} \tag{17}$$

其中

$$\begin{aligned} \delta_1 &= c_2^2 V_L^2 F(z) + V_H^2 \int_z^{c-w} (x + w_2)^2 dF(x) + \\ &\quad c_2^2 V_H^2 \bar{F}(c - w), \\ \delta_2 &= [c_2 V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + \\ &\quad c_2 V_H \bar{F}(c - w)]^2 \end{aligned}$$

从式(15)可发现, 在 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 范围定价, 虽然仅面临市场需求风险, 但是在该范围定价, 既不能调控市场需求风险, 也不能实现较高收益, 因此厂商不会选在此区间定价. 基于风险控制和较高收益考虑, 将 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 选为可定价范围.

现在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围, 考察风险的行为反应特性(风险与 w_2 的关系). 因行为风险函数关于 w_2 的导函数满足(见附录B)

$$\frac{d\sigma_{mn}}{dw_2} = \frac{\Delta}{\sigma_{mn}} [E(\pi_2) - c_2 V_L] F(z) > 0 \tag{18}$$

因此在均衡价格范围, 厂商面临的战略消费者转移需求 w_2 的增函数, 只要厂商有意对战略购买行为施加价格影响, 就可以改变在此范围所承担的风险.

由式(15)知, 在价格 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 范围, 厂商面临的风险为常量 σ_m (σ_m 表示临界始点的收益标准差); 如果所有消费者都没有战略行为能力或意识, 那么在 $P_1 \in [V_L, V_H]$ 范围, 厂商仅面临市场需求风险 σ_m . 显然在均衡范围内, 战略购买行为增加了厂商收益风险.

结论3 在均衡价格状态下 ($P_1 \in [P_m, P_n]$), 战略购买行为扩大了收益不确定性风险, 厂商所面临的风险随战略消费者转移需求的增加而增大.

6 动态定价策略

在价格与转移需求、期望收益及风险关系确定基础上, 可寻求既定风险的期望收益及其定价策略. 假定厂商是风险厌恶型的, 于是追求高收益低风险定价策略. 然而高收益往往伴有高风险, 在收益和风险冲突下进行价格决策, 其结果不仅取决于决策技术方法, 还与厂商自身因素(风险敏感程度和理性程度)有关.

由于厂商只在均衡价格范围 ($P_1 \in [P_m, P_n]$) 确定 P_1 , 因此根据行为风险、收益及价格函数关系可知, 厂商相应承担的风险范围为 $[\sigma_m, \sigma_n]$, 预期收益范围为 $[E(\pi_m), E(\pi_n)]$. 其中 σ_m 和 σ_n 分别表示临界始点和终点的收益标准差, $E(\pi_m)$ 和 $E(\pi_n)$ 分别表示临界始点和终点的期望收益. 处于这些指标值范围内的决策与实际战略购买行为相一致.

在不能完全理性表达关于收益和风险的主观效用函数下, 厂商可追求有限理性下的定价决策. 因在 $P_1 \in [P_m, P_n]$ 范围, 价格 P_1 与战略转移需求、厂商的期望收益和风险呈正向关系, 于是基于公司风险承受力(满意条件), 根据行为价格(收益、风险)函数关系, 可得相应条件下的最优定价策略. 假如把风险看作厂商首要控制的问题, 那么先在 $[\sigma_m, \sigma_n]$ 范围选择“满意”风险(记 $\bar{\sigma}$), 后根据行为风险函数式(17)得最优控制转移量 w_2^* , 再结合行为价格函数式(6)得相应最优定价 P_1^* . 结合行为收益函数式(11)得满意期望收益 $E(\pi_{mn}^*)$. 至此可得厂商承担“满意”风险 $\bar{\sigma}$ 下的最优动态定价策略和相应期望收益分别为

$$\begin{aligned} P_1^* &= V_L + \bar{\Delta F}(z) \\ P_2^* &= \begin{cases} V_L & X < \bar{z} \\ V_H & X \geq \bar{z} \end{cases} \end{aligned}$$

其中

$$\bar{z} = \frac{V_L}{V_H}(c - w) - \frac{\Delta}{V_H}w_2^*$$

$$E(\pi_{mn}^*) = cV_L F(\bar{z}) + V_H \int_{\bar{z}}^{c-w} (x + w) dF(x) + cV_H \bar{F}(c - w)$$

风险敏感的厂商所选择的 $\bar{\sigma}$ 值较小, 由于战略转移量变化与风险变化同向, 价格变化又与战略转移量变化同向, 所以风险敏感的厂商定价一般趋于保守。

若取 $\bar{\sigma} = \sigma_n$, 表明厂商追求既定最大风险的期望收益最大化。由于价格 P_1 升到 P_n 后, 继续提高价格不再增加期望收益, 价格 $P_1 = P_n$ 和 $P_1 = V_H$ 时的期望收益相同, 于是厂商风险中性的最优动态定价策略和相应最大期望收益值分别为

$$P_1^* = V_H; \\ P_2^* = \begin{cases} V_L & X < z_2 \\ V_H & X \geq z_2 \end{cases}$$

其中 $z_2 = \frac{V_L}{V_H}c - w$ (19)

$$E(\pi_{mn}^*) = E(\pi_n) = cV_L F(z_2) + V_H \times \int_{z_2}^{c-w} (x + w) dF(x) + cV_H \bar{F}(c - w) \quad (20)$$

实际上这一策略及其期望收益也是风险中性假设下, 厂商追求期望收益最大化的策略和相应期望收益。由此可看, (期望收益最大的) 风险中性状态恰是风险最大状态, 厂商风险中性仅是厂商风险敏感性情况的一个特例。

从厂商有限理性的决策过程发现, 寻求定价策略过程其实也是寻求销量控制策略过程。由于在均衡状态下 $t = 1$ 和 $t = 2$ 阶段的战略消费者量分别为 $w - w_2^*$ 和 w_2^* , 于是可把两阶段间均衡销量点作为调价参考时机, 通过销量控制辅助动态定价方式, 以实现厂商要达到的预期目标。

上述研究基于参考点信息透明假设, 现在考察该假设是否有存在的合理性。不妨从信息对行为激励角度考虑, 按“去购存等”(去掉购买的余下都是等待的) 思路分析, 即按 $t = 1$ 阶段购买者 $w - w_2$ 增加方向分析。实际在销售开始前, 所有潜在消费者都可理解为 $t = 2$ 阶段的等待购买者。假如期初售价 $P_1 = \bar{P}$ 不高于(最高) 预期价格 $E(P_2) = P_n$, 则必有消费者转移至 $t = 1$ 阶段购

买。随着购买量的不断增加, $t = 2$ 阶段的等待购买者 w_2 逐渐减少, 预期价格 $E(P_2)$ (参考点) 不断降低, $E(P_2) - \bar{P}$ (预期消费者剩余) 不断减小, 随着交易向 $\bar{P} = E(P_2)$ 均衡逼近, 预期边际消费者剩余逐渐减小, 购买越迟所获预期效用越少, 相应商品剩余逐渐减少, 可得性风险逐渐增加, 有参考点的消费者会提前购买, 结果完成均衡量销售所需的时间缩短。因此透明必要的商品交易信息, 不会激励消费者盲目等待购买, 而缺乏信息未必能阻断战略购买, 盲目等待购买使厂商既定目标难以实现, 所以交易信息透明假设具有现实的合理性。

7 算例分析及管理启示

本文研究主要适用于易逝品销售问题, 为了便于直观理解研究的经济意义, 现结合管理背景进行数值分析。某公司要策划预售某场球赛门票。比赛场馆容量 $c = 20\,000$; 调查及资料显示, 高收入人群购票保留价 $V_H = 600$, 相应确定购票球迷(战略消费者) $\mu = 12\,000$ 视赛日情况(如天气阴晴、有无时间) 随意购票者(随机消费者) 量 $X \sim U(0, 10\,000)$; 低收入人群购票保留价 ① $V_L = 420$ ② $V_L = 360$ ③ $V_L = 300$ (分别属于 $\frac{w}{c} < \frac{V_L}{V_H}, \frac{w}{c} = \frac{V_L}{V_H}, \frac{w}{c} > \frac{V_L}{V_H}$ 三种互斥情况, 图表中以相应序号标记)。

当 $V_L = 420$ 或 $V_L = 360$ 时, 战略转移需求 $w_2 \in [0, 12\,000]$; 当 $V_L = 300$ 时, 战略转移需求 $w_2 \in [0, 8\,000]$ 。在战略转移需求变化范围内, 据式(6)、(11) 和(17) 可得相应具体的行为价格、收益及风险函数(见附录 D), 于是根据各函数可得不同价格下的转移需求、期望收益及风险值(见表 1)。从表 1 发现, 在 ① 情况下, P_1 刚刚升至 564, 所有战略消费者就已全部转移; 在 ② 情况下, P_1 刚好升至 600, 所有战略消费者恰好全部转移; 在 ③ 情况下, P_1 即便升至 600, 也有 4 000 战略消费者不会转移。这一方面表明供求结构对战略购买行为有最终约束作用; 另一方面也表明透明信息可引导合理的战略购买行为。因此, 公司在短期不能改变供求结构下, 最好以透明信息引导

合理战略购买,不然一旦球迷都盲目最后购票,整个动态定价售票机制失效,公司丧失低收入人群带来增加收益的机会,当然球迷也失去低于保留价购票的机会。

若所有消费者都无战略购买行为能力或意识,且 $P_1 = 600$ 时,据式(10)右端项可得厂商最大潜在收益能力。结合表1中三种情况的最大期望收益值,可得相应战略行为导致的收益损失率分别为 7.45%、6.42%、4.9%。这表明战略购买行为降低了厂商最大潜在收益能力。同时表中价格 P_1 (均衡状态 $P_1 = E(P_2)$) 与战略转移量 w_2 呈正向关系,伴随 $E(P_2)$ 升高的战略购买行为无疑

增加了随机消费者的高价购买机会,减少了低端消费者的购买机会。因此,在战略购买可改变各方收益或支付下,公司适当调整等待购票的高价机率,同时抑制低价售票机率,既可防止高收入人群习惯最后购票,也可诱使低收入人群调高保留价。从表1还可发现,在定义的均衡范围内,三种情况下的高收益都伴有相应的高风险,且它们都与价格 P_1 呈同向关系。表明可通过定价方式实现愿承担风险的相应收益,风险敏感的厂商可通过较低定价规避较高风险。所以,在高收益必伴有高风险下,公司确定票价必须考虑自身风险承受能力,选择最适合自身的定价就是最优定价。

表 1 价格与转移需求、期望收益及风险关系的数值表

Table 1 Numerical table of relationship between price and transfer needs, expected revenue and risk

转移需求 w_2	价格 P_1			期望收益 $E(\pi_{mn})$			风险 σ_{mn}		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
0	499.2	484.8	480	9 811 200	9 388 800	9 120 000	606 854	807 922	999 200
1 000	504.6	494.4	495	9 873 300	9 499 200	9 292 500	683 047	905 141	1 111 190
2 000	510.0	504.0	510	9 930 000	9 600 000	9 450 000	758 353	999 200	1 215 525
3 000	515.4	513.6	525	9 981 300	9 691 200	9 592 500	832 483	1 089 353	1 310 513
4 000	520.8	523.2	540	10 027 200	9 772 800	9 720 000	905 141	1 174 814	1 394 274
5 000	526.2	532.8	555	10 067 700	9 844 800	9 832 500	976 021	1 254 742	1 464 665
6 000	531.6	542.4	570	10 102 800	9 907 200	9 930 000	1 044 813	1 328 227	1 519 177
7 000	537.0	552.0	585	10 132 500	9 960 000	10 012 500	1 111 190	1 394 274	1 554 781
8 000	542.4	561.6	600	10 156 800	10 003 200	10 080 000	1 174 814	1 451 771	1 567 673
9 000	547.8	571.2		10 175 700	10 036 800		1 235 327	1 499 458	
10 000	553.2	580.8		10 189 200	10 060 800		1 292 350	1 535 880	
11 000	558.6	590.4		10 197 300	10 075 200		1 345 478	1 559 316	
12 000	564.0	600.0		10 200 000	10 080 000		1 394 274	1 567 673	

此外,根据各行为函数关系可模拟战略转移需求变化与价格、期望收益及风险变化关系的路径,如图3、图4、图5,其中图5中纵轴截距为市场需求风险,曲线显示部分为可规避的战略行为风险。厂商据图可直观选择合意风险的定价和收益。如在①情况下,若选择图5中C点风险值(1 044 813)作为可接受的满意条件,则对应图3中A点价格值(531.6)即为 $t = 1$ 阶段所确定的价格,相应图4中B点期望收益值(10 102 800)即为既定风险下的期望收益,相应均衡销售量(6 000)可作调价参考时机。

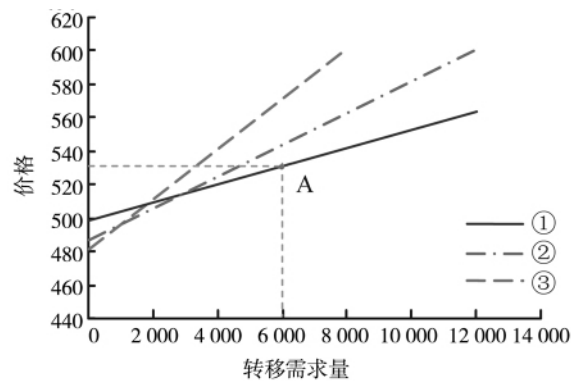


图 3 转移需求量与价格

Fig. 3 Transfer demand quantity and price

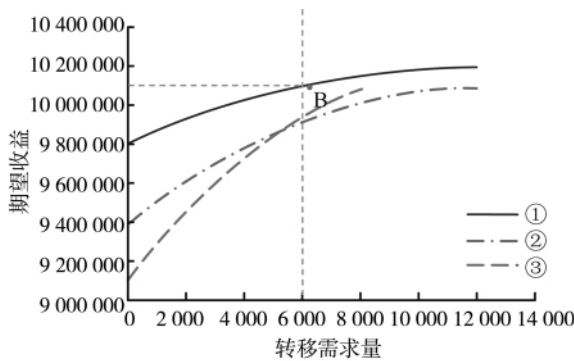


图 4 转移需求量与期望收益

Fig. 4 Transfer demand quantity and expected revenue

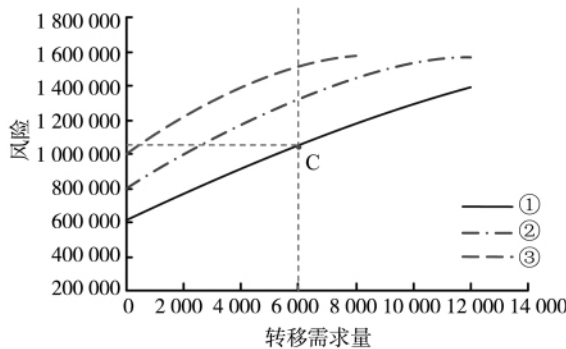


图 5 转移需求量与风险

Fig. 5 Transfer demand quantity and risk

为越来越具有战略性,表现为试图等到价格最低时候购买,实现购买商品的最小价格支付,这使厂商不得不考虑消费者行为影响。在网络时代获取信息较方便下,本文考虑了基于参考价格购买的消费者行为情况。通过对厂商两期可变价销售和消费者择机购买模型的研究,找到一条经价格调控风险和收益目标的路径。

研究结果还表明,厂商和消费者的行为策略间存在博弈均衡,在均衡价格范围,战略消费者的购买行为使厂商的最大潜在收益减少,随机消费者的高价购买机会增加,低端消费者的购买机会减少。等待购买量随期初售价的上升而增加,期望收益和风险随等待购买量的增加而增大,期初售价与期望收益及风险均呈正向关系。战略购买行为使厂商的收益风险增大,风险敏感的厂商定价趋于保守。

本文在市场垄断和时段两期下,研究考虑消费者行为和风险因素的定价问题。通过对简单问题的研究,得到一些有意义的结果。鉴于不同环境下消费者行为不同,本文模型还可以作多方面的拓展研究。比如,可拓展到考虑消费者保留价多级(或连续)的情形,也可拓展到考虑收入差距和购买行为的定价策略和容量决策。此外,考虑投机和消费行为及风险因素的定价策略和容量配给也有理论和实际意义。

8 结束语

在需求不确定的易逝品市场,消费者购买行

参考文献:

- [1] Anderson C K, Wilson J G. Wait or buy? The strategic consumer: Pricing and profit implications [J]. Journal of the Operational Research Society, 2003, 54(3): 299 - 306.
- [2] Belobaba P P. Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control [J]. Operations Research, 1989, 37(2): 183 - 197.
- [3] Zhou Y P, Fan M, Cho M. On the threshold purchasing behavior of customers facing dynamically priced perishable products [R]. University of Washington, Seattle, 2005.
- [4] Zhou Y P, Fan M, Cho M. Strategic Consumer Response to Dynamic Pricing of Perishable Products, Consumer-Driven Demand and Operations Management Models [M]. Germany: Springer-Verlag, 2009, 435 - 458.
- [5] Gallego G, van Ryzin G. Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand over finite horizons [J]. Management Science, 1994, 40(8): 999 - 1020.
- [6] Elmaghraby W, Lippman S A, Tang C S, et al. Will more purchasing options benefit customers? [J]. Production and Operations Management, 2009, 18(4): 381 - 401.
- [7] Su X. Intertemporal pricing with strategic customer behavior [J]. Management Science, 2007, 53(5): 726 - 741.
- [8] Elmaghraby W, Gulcu A, Keskinocak P. Designing optimal preannounced markdowns in the presence of rational customers with multiunit demands [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2008, 10(1): 126 - 148.
- [9] Cachon G P, Swinney R. Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers [J]. Management

Science ,2009 ,55(3) : 497 – 511.

- [10]彭志强,熊中楷,李根道. 考虑顾客策略行为的易逝品定价与再制造柔性补货机制研究[J]. 中国管理科学,2010 , 18(2) : 32 – 40.
Peng Zhiqiang , Xiong Zhongkai , Li Gendao. The pricing policy and remanufacturing flexible replenishment mechanism of perishable goods in the presence of strategic customer behavior [J]. Chinese Journal of Management Science , 2010 , 18 (2) : 32 – 40. (in Chinese)
- [11]Levin Y , McGill J , Nediak M. Dynamic pricing in the presence of strategic consumers and oligopolistic competition [J]. Management Science , 2009 , 55(1) : 32 – 46.
- [12]Levin Y , McGill J , Nediak M. Optimal dynamic pricing of perishable items by a monopolist facing strategic consumers [J]. Production and Operations Management , 2009 , 19(1) : 40 – 60.
- [13]Su X. Optimal pricing with speculators and strategic consumers [J]. Management Science , 2010 , 56(1) : 25 – 40.
- [14]Aviv Y , Pazgal A. Optimal pricing of seasonal products in the presence of forward-looking consumers [J]. Manufacturing & Service Operations Management , 2008 , 10(3) : 339 – 359.
- [15]Dasu S , Tong C. Dynamic pricing when consumers are strategic: Analysis of posted and contingent pricing schemes [J]. European Journal of Operational Research , 2010 , 204(3) : 662 – 671.
- [16]Yin R , Aviv Y , Pazgal A , et al. Optimal markdown pricing: Implications of inventory display formats in the presence of strategic customers [J]. Management Science , 2009 , 55(8) : 1391 – 1408.
- [17]Jerath K , Netessine S , Veeraraghavan S K. Revenue management with strategic customers: Last-minute selling and opaque selling [J]. Management Science , 2010 , 56(3) : 430 – 448.
- [18]Liu Q , van Ryzin G. Strategic capacity rationing to induce early purchases [J]. Management Science , 2008 , 54(6) : 1115 – 1131.
- [19]Zhang D , Cooper W L. Managing clearance sales in the presence of strategic customers [J]. Production and Operations Management , 2008 , 17(4) : 416 – 431.
- [20]Gallego G , Phillips R , Sahin Ö. Strategic management of distressed inventory [J]. Production and Operations Management , 2008 , 17(4) : 402 – 415.
- [21]刘晓峰,黄沛. 基于策略型消费者的最优动态定价与库存决策 [J]. 管理科学学报, 2009 , 12(5) : 18 – 26.
Liu Xiaofeng , Huang Pei. Optimal dynamic pricing and inventory policy under strategic customers [J]. Journal of Management Sciences in China , 2009 , 12(5) : 18 – 26. (in Chinese)
- [22]Feng Y , Xiao B. Maximizing revenues of perishable assets with a risk factor [J]. Operations Research , 1999 , 47(2) : 337 – 341.
- [23]Weatherford L R. EMSR versus EMSU: Revenue or utility? [J]. Journal of Revenue and Pricing Management , 2004 , 3 (3) : 277 – 284.
- [24]Feng Y , Xiao B. A risk-sensitive model for managing perishable products [J]. Operations Research , 2008 , 56(5) : 1305 – 1311.
- [25]Levin Y , McGill J , Nediak M. Risk in revenue management and dynamic pricing [J]. Operations Research , 2008 , 56 (2) : 326 – 343.
- [26]Simon H A. A behavioral model of rational choice [J]. The Quarterly Journal of Economics , 1955 , 69(1) : 99 – 118.
- [27]Shen Z J M , Su X. Customer behavior modeling in revenue management and auctions: A review and new research opportunities [J]. Production and Operations Management , 2007 , 16(6) : 713 – 728.

Dynamic pricing strategies in the presence of strategic consumer behavior risks

LI He , ZHANG Yu-lin , ZHONG Wei-jun

School of Economics and Management , Southeast University , Nanjing 211189 , China

Abstract: This paper studies the dynamic pricing strategies in the presence of strategic consumer behavior risks. On the one hand , the monopolistic firm sells a fixed capacity of perishable goods within a limited time

when the demand is uncertain, in the hope of maximizing expected revenue at a certain risk; On the other hand, strategic consumers set the chance of purchase on the basis of reference prices in the dynamic pricing. We find that: the game-perfect equilibrium is existent between the behavior strategies of monopolists and those of consumers; within the scope of balanced price, strategic purchase behavior changes the payments or payoffs among transaction counterparties and increases the uncertainty of firm's profits. As a response, the risk-sensitive firm tends to price conservatively and they realize the set goal of price with trading information transparency as the guide.

Key words: dynamic pricing; strategic consumers; strategic purchase; profit; risk

附录 A:

结论 2 在均衡价格状态下 ($P_1 \in [P_m, P_n]$) 厂商的期望收益随战略消费者转移需求的增加而增大,但在战略消费者保留价范围内,战略购买行为通常使厂商最大期望收益能力降低.

证明: $E(P_2) = V_L F(z) + V_H \bar{F}(z) = V_L + \Delta \bar{F}(z)$ $P_1 = E(P_2)$

$E(\pi_{mn}) = \pi_1 + E(\pi_2)$

$$= (w - w_2) P_1 + c_2 V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w_2} (x + w_2) dF(x) + c_2 V_H \bar{F}(c - w_2)$$

$$= (w - w_2) (V_L F(z) + V_H \bar{F}(z)) + c_2 V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + c_2 V_H \bar{F}(c - w)$$

$$= [(w - w_2) V_L F(z) + c_2 V_L F(z)] + (w - w_2) V_H \bar{F}(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + c_2 V_H \bar{F}(c - w)$$

$$= c V_L F(z) + (w - w_2) V_H \left[\int_z^{c-w} dF(x) + \bar{F}(c - w) \right] + V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) + c_2 V_H \bar{F}(c - w)$$

$$= c V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w) dF(x) + c V_H \bar{F}(c - w)$$

$$\frac{dE(\pi_{mn})}{dw_2} = \frac{d}{dw_2} [c V_L F(z) + V_H \int_z^{c-w} (x + w) dF(x) + c V_H \bar{F}(c - w)]$$

$$= \frac{d}{dw_2} [c V_H - \Delta c F(z) - V_H \int_z^{c-w} (c - w - x) dF(x)]$$

$$= \frac{\Delta^2}{V_H} c f(z) - \Delta (c - w - z) f(z) = \frac{\Delta^2}{V_H} (w - w_2) f(z) \geq 0$$

$$\frac{dE(\pi_{mn})}{dP_1} = \frac{dE(\pi_{mn})}{dw_2} \frac{dw_2}{dP_1} = w - w_2 \geq 0$$

由于在转移临界终点 $P_1 = P_n$ 和消费者保留价 $P_1 = V_H$ 时的期望收益相同,价格差 $V_H - P_n \geq 0$ 是战略购买行为导致的直接损失,因此有战略消费者时的厂商收益往往要比没有战略消费者时的厂商收益要少. (证毕).

附录 B:

结论 3 在均衡价格状态下 ($P_1 \in [P_m, P_n]$) 战略购买行为扩大了收益不确定性风险,厂商所面临的风险随战略消费者转移需求的增加而增大.

证明: 因为 $E(P_2) = V_L F(z) + V_H \bar{F}(z) = V_H + \Delta \bar{F}(z)$ $P_1 = E(P_2)$

$$\sigma_{mn}^2 = [(w - w_2) P_1 + c_2 V_L - E(\pi_{mn})]^2 F(z) + \int_z^{c-w} [(w - w_2) P_1 + (x + w_2) V_H - E(\pi_{mn})]^2 dF(x) + [(w - w_2) P_1 + c_2 V_H - E(\pi_{mn})]^2 \bar{F}(c - w) = g_1 + g_2 + g_3$$

其中

$$g_1 = [(w - w_2) (V_L + \Delta \bar{F}(z)) + c_2 V_L - E(\pi_{mn})]^2 F(z)$$

$$= [(w - w_2) (V_L F(z) + V_H \bar{F}(z)) + c_2 V_L - c V_L F(z) - V_H \int_z^{c-w} (x + w) dF(x) - c V_H \bar{F}(c - w)]^2 F(z)$$

$$= [c_2 V_L - c_2 V_L F(z) - V_H \int_z^{c-w} (x + w_2) dF(x) - c_2 V_H \bar{F}(c - w)]^2 F(z) = [E(\pi_2) - c_2 V_L]^2 F(z)$$

$$\begin{aligned}
g_2 &= \int_z^{c-w} [(w-w_2)(V_L + \Delta\bar{F}(z)) + (x+w_2)V_H - E(\pi_{mn})]^2 dF(x) \\
&= \int_z^{c-w} [(x+w_2)V_H - c_2V_LF(z) - V_H \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) - c_2V_H\bar{F}(c-w)]^2 dF(x) \\
&= \int_z^{c-w} [E(\pi_2) - (x+w_2)V_H]^2 dF(x) \\
g_3 &= [(w-w_2)(V_L + \Delta\bar{F}(z)) + c_2V_H - E(\pi_{mn})]^2 \bar{F}(c-w) \\
&= [c_2V_H - (c_2V_LF(z) + V_H \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) + c_2V_H\bar{F}(c-w))]^2 \bar{F}(c-w) \quad \text{于是有} \\
&= [c_2V_H - E(\pi_2)]^2 \bar{F}(c-w) \\
\sigma_{mn}^2 &= g_1 + g_2 + g_3 \\
&= [E(\pi_2) - c_2V_L]^2 F(z) + \int_z^{c-w} [E(\pi_2) - (x+w_2)V_H]^2 dF(x) + [c_2V_H - E(\pi_2)]^2 \bar{F}(c-w) \\
&= c_2^2V_L^2F(z) - 2c_2V_LE(\pi_2)F(z) + V_H^2 \int_z^{c-w} (x+w_2)^2 dF(x) - 2V_HE(\pi_2) \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) + (E(\pi_2))^2 + \\
&\quad c_2^2V_H^2\bar{F}(c-w) - 2c_2V_HE(\pi_2)\bar{F}(c-w) \\
&= c_2^2V_L^2F(z) + V_H^2 \int_z^{c-w} (x+w_2)^2 dF(x) + c_2^2V_H^2\bar{F}(c-w) - (E(\pi_2))^2 = \delta_1 - \delta_2
\end{aligned}$$

其中 $\delta_1 = c_2^2V_L^2F(z) + V_H^2 \int_z^{c-w} (x+w_2)^2 dF(x) + c_2^2V_H^2\bar{F}(c-w)$,

$$\delta_2 = [c_2V_LF(z) + V_H \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) + c_2V_H\bar{F}(c-w)]^2.$$

$\sigma_{mn} = \sqrt{\delta_1 - \delta_2}$ 求关于 w_2 的导函数

$$\begin{aligned}
2\sigma_{mn} \frac{d\sigma_{mn}}{dw_2} &= \frac{d}{dw_2} [c_2^2V_L^2F(z) + V_H^2 \int_z^{c-w} (x+w_2)^2 dF(x) + c_2^2V_H^2\bar{F}(c-w) - (E(\pi_2))^2] \\
&= 2c_2V_L^2F(z) - \frac{\Delta}{V_H}c_2^2V_L^2f(z) + V_H^2 [2 \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) + \frac{\Delta}{V_H}(z+w_2)^2 f(z)] + 2c_2V_H^2\bar{F}(c-w) - \\
&\quad 2E(\pi_2) [V_LF(z) - \frac{\Delta}{V_H}c_2V_Lf(z) + V_H \int_z^{c-w} dF(x) + \Delta(z+w_2)f(z) + V_H\bar{F}(c-w)] \\
&= 2c_2V_L^2F(z) + 2V_H [E(\pi_2) - c_2V_LF(z)] - 2(V_H - \Delta F(z))E(\pi_2) = 2\Delta [E(\pi_2) - c_2V_L]F(z)
\end{aligned}$$

$E(\pi_2)$ 是 $t = 2$ 阶段不同价格下的期望收益 c_2V_L 是 $t = 2$ 阶段极端最低价下的收益 因此

$$\frac{d\sigma_{mn}}{dw_2} = \frac{\Delta}{\sigma_{mn}} [E(\pi_2) - c_2V_L]F(z) > 0 \quad (\text{证毕}).$$

注: $c_2 = c - w + w_2$ $z = \frac{V_L}{V_H}(c - w) - \frac{\Delta}{V_H}w_2$,

$$E(\pi_2) = E(\min(\max(c_2V_L, (X+w_2)V_H), c_2V_H)) = c_2V_LF(z) + V_H \int_z^{c-w} (x+w_2) dF(x) + c_2V_H\bar{F}(c-w)$$

$$\begin{aligned}
\frac{dE(\pi_2)}{dw_2} &= V_LF(z) - \frac{\Delta}{V_H}c_2V_Lf(z) + V_H \int_z^{c-w} dF(x) + \Delta(z+w_2)f(z) + V_H\bar{F}(c-w) \\
&= V_LF(z) + V_H \int_z^{c-w} dF(x) + V_H\bar{F}(c-w) = V_LF(z) + V_H [F(c-w) - F(z)] + V_H\bar{F}(c-w) \\
&= V_LF(z) + V_H\bar{F}(z) = V_L + \Delta\bar{F}(z) = E(P_2) = P_1
\end{aligned}$$

附录 C:

$$\sigma_{Lm}^2 = [wP_1 + (c-w)V_L - E(\pi_{Lm})]^2 F(z_1) + \int_{z_1}^{c-w} [wP_1 + xV_H - E(\pi_{Lm})]^2 dF(x) + [wP_1 + (c-w)V_H - E(\pi_{Lm})]^2 \times \bar{F}(c-w)$$

对比附录 B 中 σ_{mn}^2 表达式可看出,当 $w_2 = 0$ 即 $P_1 \in [V_L, P_m]$ 范围 没有战略消费者转移至 $t = 2$ 阶段时 σ_{mn}^2 表达式便转变成 σ_{Lm}^2 的表达式,于是有相应价格范围的厂商风险函数: $\sigma_{Lm} = \sqrt{\gamma_1 - \gamma_2}$

其中 $\gamma_1 = (c-w)^2V_L^2F(z_1) + V_H^2 \int_{z_1}^{c-w} x^2 dF(x) + (c-w)^2V_H^2\bar{F}(c-w)$,

$$\gamma_2 = [(c-w)V_L F(z_1) + V_H \int_{z_1}^{c-w} x dF(x) + (c-w)V_H \bar{F}(c-w)]^2, z_1 = \frac{V_L}{V_H}(c-w).$$

附录 D: 算例分析

① 当 $V_L = 420$ 时, 由 $\frac{w}{c} < \frac{V_L}{V_H}$ 知 $\mu_{\max} w_2 = w$. 于是在 $w_2 \in [0, 12\ 000]$ 范围有

$$P_1 = 499.2 + 0.0054w_2, E(\pi_{mn}) = 9.8112 \times 10^6 + 64.8w_2 - 0.0027w_2^2,$$

$$\sigma_{mn} = (8\ 000 + w_2) \sqrt{5\ 754.24 + 0.01296w_2 - (0.0027w_2)^2}$$

若所有消费者没有战略行为能力(或意识) $P_1 = V_H$ 时, 则最大潜在期望收益为

$$E(\pi_H) = wP_1 + (c-w)V_L F(z_1) + V_H \int_{z_1}^{c-w} x dF(x) + (c-w)V_H \bar{F}(c-w) = 1.10208 \times 10^7$$

(上式与文中式(10)右边项同)

相应战略购买行为导致的损失率为 $\frac{E(\pi_H) - E(\pi_n)}{E(\pi_H)} \times 100\% \approx 7.45\%$

② 当 $V_L = 360$ 时, 由 $\frac{w}{c} = \frac{V_L}{V_H}$ 知 $\mu_{\max} w_2 = w$. 于是在 $w_2 \in [0, 12\ 000]$ 范围有

$$P_1 = 484.8 + 0.0096w_2, E(\pi_{mn}) = 9.3888 \times 10^6 + 115.2w_2 - 0.0048w_2^2$$

$$\sigma_{mn} = (8\ 000 + w_2) \sqrt{10\ 199.04 - 0.06144w_2 - (0.0048w_2)^2}$$

若所有消费者没有战略行为能力(或意识) $P_1 = V_H$ 时, 则最大潜在期望收益为

$$E(\pi_H) = 1.07712 \times 10^7 \text{ 相应战略购买行为导致的损失率约为 } 6.42\%$$

③ 当 $V_L = 300$ 时, 由 $\frac{w}{c} > \frac{V_L}{V_H}$ 知 $\mu_{\max} w_2 = \frac{V_L}{\Delta}(c-w)$. 于是在 $w_2 \in [0, 8\ 000]$ 范围有

$$P_1 = 480 + 0.015w_2, E(\pi_{mn}) = 9.12 \times 10^6 + 180w_2 - 0.0075w_2^2$$

$$\sigma_{mn} = (8\ 000 + w_2) \sqrt{15\ 600 - 0.3w_2 - (0.0075w_2)^2}$$

若所有消费者没有战略行为能力(或意识) $P_1 = V_H$ 时, 则最大潜在期望收益为

$$E(\pi_H) = 1.10208 \times 10^7 \text{ 相应战略购买行为导致的损失率约为 } 4.9\%.$$