

替代产品价格和服务竞争的在线渠道决策与协调

王滔, 颜波*, 李鸿媛

(华南理工大学经济与贸易学院, 广东广州 510006)

摘要: 在加盟商产品和亚马逊产品间存在替代效应的条件下, 研究了价格和服务相互竞争时在线渠道的决策和协调问题. 分别运用博弈论理论和最优化理论得到了分散和集中决策模型下的最优决策, 并分析了产品替代率对整个在线渠道以及参与者的影响. 结果表明, 分散决策下, 亚马逊为自有产品提供的服务并不一定优于为加盟商产品提供的服务, 随着产品替代率的增大, 亚马逊会降低对自有产品的服务质量而提高加盟商产品的服务质量, 集中决策的情况刚好相反; 只有当产品替代率较大时集中决策对整个在线渠道才是最优的, 但是该替代率的范围会受到消费者对服务的敏感系数的影响. 最后, 借鉴纳什议价模型来协调在线渠道.

关键词: 在线渠道; 替代产品; 价格与服务竞争

中图分类号: F274; F713

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2018)04-0536-15

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2018.04.010

Decision and coordination of online channels with competition of substitute product's price and service

Wang Tao, Yan Bo*, Li Hongyuan

(School of Economics and Commerce, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Considering the substitution effect between the product of franchisee and Amazon, this paper studies the decision and coordination of online channels where price and service compete mutually. The optimal decisions of decentralized and centralized circumstances are acquired by using game theory and optimization theory respectively. Furthermore, the impact of substitute rate on the whole channel and participants are analyzed. Results show that the service provided by Amazon for its own product is not always superior to that of the franchisee's, and that it will reduce its own service quality and increase the franchisee's with the increase of the substitute rate. But the situation under the centralized situation is the opposite. The centralized circumstance can get more total channel profit only when the substitute rate is relatively large, but the range of the substitute rate is influenced by the coefficient of service sensitivity. At last, it refers to the Nash Bargain Model to coordinate the online channel.

Key words: online channel; substitute product; competition of price and service

收稿日期: 2015-09-29; 修订日期: 2016-09-12.

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(2017A030313415; 2016A030313485); 广东省哲学社会科学“十三五”规划项目(GD17XGL34); 广东省普通高校青年创新人才类项目(2016WQNCX017).

* 通信作者

1 引言

2015年上半年中国网络零售市场交易规模达16 140亿元, 同比增长48.7%, 占社会消费品零售总额的11.4%, 中国网购用户规模达4.17亿人^[1]. 因此, 为了更好地借助在线销售来提高竞争力, 越来越多的企业开通了在线渠道^[2-4]. 有实力的企业会自建直销渠道, 如海尔、DELL等, 而大部分企业只能借助在线零售平台(亚马逊、天猫和京东等)作为自己的在线渠道. 随着电子商务的不断成熟, 一些电商企业不仅吸纳企业加盟到自己的平台中, 也销售自有产品^[5]. 这样, 在线零售商和加盟的企业之间就形成了一种既竞争又合作的竞合关系. 伴随着在线销售的深入发展, 该领域的研究得到不断的丰富.

目前, 针对在线销售的研究主要集中在以下几个方面: 影响消费者渠道选择的因素分析, 在线与传统渠道结合下的决策、协调与渠道选择. 较早关于在线销售的研究主要集中在影响消费者渠道选择的影响因素分析上, 如崔楠等^[6]从自我决定理论出发, 研究在线销售中的情景因素和市场因素对顾客购买决定的影响. 陈洁等^[7]通过构建动态多项Logit离散选择模型来研究消费者品牌忠诚因子和单品忠诚因子对消费者渠道选择的影响. 随着研究的深化, 越来越多的学者将目光集中在传统和在线渠道结合的双渠道研究上. 陈云等^[8]利用一个两阶段的博弈模型来研究在线零售商和传统零售商的价格竞争问题. Yao等^[9]则研究了参与者在不同权利结构下的双渠道最优定价问题. 丁正平等^[10]研究了线上和线下渠道存在价格竞争以及服务搭便车情况下的决策与协调问题. 陈远高等^[11]则从消费者视角出发研究差异性产品的混合渠道协调问题. 张霖霖等^[12]则将退货问题引入到在线销售环境中来研究产品的定价和订货策略. 熊中楷等^[13]在由一个制造商和一个在线零售商所组成的在线供应链中研究产品的定价和供应链的协调问题. Cai^[14]研究了双渠道环境下渠道的结构和渠道的选择对供应链参与者以及整个供应链的影响. Wei等^[15]研究了由一个风险规避的供应商和制造商所组成的双渠道供应链中的生产、定价以及渠道的选择问题. 而刘家国等^[16]则从消费者服务搭便车行为出发, 研究了制造商渠道选择的问题.

已有文献主要集中在线下和线上的对比上, 而单独关于在线渠道的研究则很少从渠道决策的角度来进行. 相关研究应当考虑在线销售出现的新特征, 顺应在线销售发展的实际情况. 然而, 上述研究只考虑到双渠道中同一产品的竞争, 忽视了产品间的替代效应. 但是, 产品的差异、渠道等因素都会产生替代效应^[17-18], 而产品的替代效应对供应链的均衡又会产生直接影响^[19]. 同时, 由于在线销售时服务的作用, 越来越多的消费者对服务的重视超过了价格^[20-21]. 但是, 现有的关于在线渠道的研究要么没有认识到服务的作用, 要么认为服务在影响需求方面的作用要弱于价格. 本文借鉴电商营运模式, 将价格和服务相竞争的特点引入到在线渠道交叉决策竞合模型中, 研究参与者产品间存在替代效应时的决策以及渠道的协调问题. 这不仅对在线渠道的研究是一种补充, 而且交叉决策模式能够为双渠道的研究提供借鉴.

2 价格和服务竞争的在线渠道交叉决策模型

2.1 问题描述和假设

本文构建的是由一个加盟商和电商企业所组成的在线渠道交叉决策模型, 加盟商在电商企业的平台上销售自己的产品, 并决定产品的价格, 而将产品的服务交由电商企业来执行, 但需要向电商企业提供固定的加盟费和销售收入的一定比率作为介绍费^[22]¹. 电商企业在为加盟商的产品提供销售平台和服务的同时, 还销售与加盟商产品存在一定替代程度的自有产品. 为了更加贴近实际, 指定模型中的电商企业是亚马逊. 所以, 该在线渠道模型中的加盟商只决定自己产品的价格 p_1 , 而亚马逊除了决定自己产品的价格 p_2 和服务

¹说明: 很多研究渠道选择的文献将加盟费和介绍费纳为电商企业的决策变量, 目的是为加盟商进驻电商平台与否, 以及电商企业接受加盟商进驻与否提供参考. 但是本文研究的是加盟商在接受电商企业制定的加盟费和介绍费的条件下参与者如何为替代品做出最好的价格和服务决策, 因此不将上述两费用当作决策变量进行分析, 只是会根据亚马逊官网上的相关数据在数值分析部分对其进行设定以辅助相关分析.

质量 s_2 外,还决定为加盟商产品提供的服务质量 s_1 .在线渠道交叉决策具体的运营模式如图1所示.

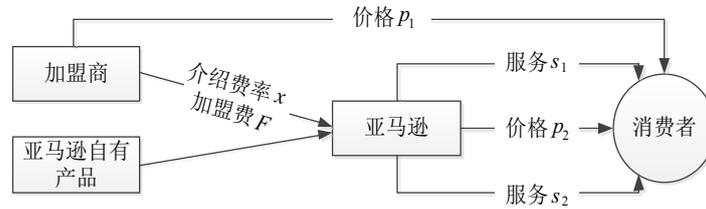


图1 在线渠道运营模式

Fig. 1 The operation mode of online channel

为了便于研究,有以下假设:1)两参与者完全理性且风险偏好为中性,他们以收益最大化为目标;2)市场中的产品供求平衡,不会产生缺货或滞销;3)产品需求是关于价格和服务的线性函数.

2.2 函数和符号说明

根据上述问题描述,引用经济学中需求与价格典型的线性关系,将其扩展到需求与服务的关系中,引入两产品间的替代率,得到加盟商产品和亚马逊自有产品的需求函数分别为

$$\begin{aligned} D_1 &= q - ap_1 + ka(p_2 - p_1) + bs_1 + kb(s_1 - s_2), \\ D_2 &= q - ap_2 + ka(p_1 - p_2) + bs_2 + kb(s_2 - s_1). \end{aligned} \tag{1}$$

参考Dan等^[23]、Yao等^[24]的研究,假定服务成本是服务 s_i 的二次函数,即 $C(s_i) = \frac{ts_i^2}{2}$, t 为服务的成本系数.文中符号及其含义见表1.

表1 文中的符号及其含义

Table 1 The notations and its meaning in the paper

符号	含义	符号	含义
D_i	参与者 i 的产品需求, $i = 1, 2$,其中,1为加盟商,2为亚马逊	π_i^j	参与者 i 在 j 情况下的收益, $j = d$ 为分散决策情况, $j = c$ 为集中决策情况
q	每种产品的潜在市场需求	p_i^{j*}	参与者 i 的产品在 j 决策情况下的最优价格决策
s_i^{j*}	参与者 i 的产品在 j 情况下的最优服务质量	k	两产品间的替代率, $0 \leq k \leq 1$
c	加盟商产品的单位成本,考虑到该成本包括产品运送到亚马逊仓库的运费,因此有 $w < c < p_1$	x	亚马逊对加盟商销售收入收取的介绍费率, $0 \leq x \leq 1$
w	亚马逊自有产品的单位成本, $w < p_2$	t	服务的成本系数
F	亚马逊对加盟商收取的固定加盟费	b	消费者对服务的敏感系数
a	消费者对价格的敏感系数	$u_i(\varphi_i)$	参与者 i 关于 φ_i 的效用函数
φ_i	协调时参与者 i 分配到的总收益增加的份额	β_i	参与者 i 的议价能力
α_i	参与者 i 在渠道中的地位	$1 - \rho$	参与者议价能力所占的分配权重
ρ	参与者的地位所占的分配权重	π_i^m	经过协调后参与者 i 的收益

2.3 分散决策模型的分析

分散决策下,亚马逊作为整个在线渠道的主导者,在决策的第一阶段,首先决定自有产品的价格和自有产品以及加盟商产品的服务质量,而加盟商作为市场跟随者会依据亚马逊的决策来制定最优的产品价格,该情况就构成了一个Stackelberg博弈.依据前文假设和建立的需求函数,有如下分散决策模型

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi_1^d &= [(1-x)p_1 - c][q - ap_1 + ka(p_2 - p_1) + be_1 + kb(s_1 - s_2)] - F, \\ \text{Max } \pi_2^d &= xp_1D_1 + (p_2 - w)[q - ap_2 + ka(p_1 - p_2) + be_2 + kb(s_2 - s_1)] + F - \frac{t(s_1^2 + s_2^2)}{2}, \\ \text{s. t. } & p_1 \geq c, p_2 \geq w. \end{aligned} \tag{2}$$

为了使两参与者在已有条件下利润达到最大化,有如下结论.

命题1 加盟商的收益函数 π_1^d 是自己产品价格 p_1 的严格凹函数; 只有当两产品的替代率 k 同时满足 $h_1(k) > 0$ 和 $h_2(k) < 0$ 的条件时, 亚马逊的收益函数 π_2^d 才会是 (p_1, s_1, s_2) 的联合凹函数, 其中 $h_1(k) = 8at(2k + 1) - 2ak^2t(x + 2) - b^2(1 + k)[4x(2k + 1) + k^2]$, $h_2(k) = 4ab^2t(1 + x)(4x + 1) + ab^2k^2[2t(k + 5)(k + x) + 21] + 2a^2t^2(k + 1)[k^2x - 2(k^2 + 4k + 2)] - 2b^4x[(k + 1)(2k + 1)^2 + 1]$.

证明 见附录.

该结果与禹爱民等^[25], 黄宗盛等^[26]以及代建生^[27]的研究类似, 即供应链参与者并不是在所有情况下都能实现收益的最优. 由命题1可知, 在线渠道竞争下, 尽管市场主导者能够依靠自己的市场地位来获得先动优势, 但是能否实现收益的最优还要受到自己产品与竞争对手产品间的替代程度的影响. 而市场跟随者总能够依据领导者的决策来使自身受益. 由此得到如下管理启示: 在线渠道分散决策情况下, 市场主导者应该利用自己的优势尽可能的掌握各产品间的竞争关系以及替代程度, 从而更好的平衡各因素间的关系; 跟随者只需时刻紧盯领导者的行动和决策, 从而最大化自己的收益.

命题2 在命题1关于 π_2^d 是 (p_1, s_1, s_2) 的联合凹函数的条件成立的情况下, 两参与者能够分别做出关于价格和服务的最优决策 $p_1^{d^*}$ 和 $(p_2^{d^*}, s_1^{d^*}, s_2^{d^*})$, 使整个在线渠道达到Stackelberg均衡. 均衡解为

$$p_1^{d^*} = \frac{tx(x - 1)[b^2q(A_4^2 + A_3(2k - 3)) + a^2kt^2w(A_3^2 + A_4) - ab^2ktw(xA_1 + A_2A_3A_4)] + a^2ct^2A_3(2A_3^2 + A_3 + 1) + b^4cx A_3 + 2ab^2cA_3[3k^3 + t(1 - k)] + 2aqt(5k + 2)}{(x - 1)[2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3)]}, \quad (3)$$

其中 $A_1 = 12k^3 + 12k^2 + 5k + 3$, $A_2 = 2k^2 + k + 1$, $A_3 = k + 1$, $A_4 = 2k + 1$, $B_1 = 2k^4 + 10k^3 + 21k^2 + 16k + 4$, $B_2 = k^3 + 5k^2 + 3k + 2$.

$$p_2^{d^*} = w + \frac{tb^2A_3[2x(1 - x)(q - aw - 3awk) + 8qkx(1 - x)(1 + k^2) + 2ack^2xA_3 + ackx] + tA_3[4a^2tw(1 - x)(A_3^2 - k^2x) + 2aqt(x - 1)(2 - k(x + 3)) + 2a^2cktA_3]}{(x - 1)[2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3)]}, \quad (4)$$

$$s_1^{d^*} = \frac{b^3A_3[2qx(1 - x)(1 + 4kA_3) + ack^2xA_4] + tbA_3[a^2ck^2(1 - x)A_3 + a^2kw((3A_3 - A_3^3) - 2x^2A_4)] + aq[k(3A_3 - 1) + 2x^2(2A^2 + k) - x(7k + 4)A_3]}{(x - 1)[2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3)]}, \quad (5)$$

$$s_2^{d^*} = \frac{b^3[2x(1 - x)(q - aw)C_1 + ackxA_3^2A_4] + bt[[aq(3k + 2)(k^2 + 4k + 2) - xC_2 + 2kx^2(2k^2 + 3k - 1)] + a^2wC_3(x - 1) + a^2ckC_4]}{(x - 1)[2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3)]}, \quad (6)$$

其中 $C_1 = 4k^3 + 8k^2 + 5k + 1$, $C_2 = 7k^3 + 20k^2 + 16k + 4$, $C_3 = k^4 + 8k^3 - 20k^2 + 16k + 4$, $C_4 = k^3 + 5k^2 + 16k + 2$.

证明 见附录.

为了更好地分析价格和服务决策, 分别将两价格和两服务进行对比, 得到命题3和命题4.

命题3 分散决策下, 必存在一个 \tilde{k} , 当 $k = \tilde{k}$ 时使得作为领导者的亚马逊为自有产品提供的服务与为加盟商产品提供的服务相同, 即 $s_2^{d^*} = s_1^{d^*}$, 当 $k \in [0, \tilde{k}]$ 时有 $s_2^{d^*} > s_1^{d^*}$, 当 $k \in (\tilde{k}, 1]$ 时有 $s_2^{d^*} < s_1^{d^*}$. 临界值 \tilde{k} 满足

$$E(\tilde{k}) = ab^3xA_3(2wA_4 + c\tilde{k}) + a^2btw[(\tilde{k}^2 + 4\tilde{k} + 2)Y_4 + xY_1 - 2\tilde{k}A_3(4\tilde{k}^2 + 2\tilde{k} + 1)] + abqt[xY_3 + (18\tilde{k}^3 + 21\tilde{k} - 4) - x^2Y_2] + a^2bct\tilde{k}[\tilde{k}xA_3A_4 - A_3Y_4] = 0, \quad (7)$$

其中 $Y_1 = 14\tilde{k}^4 + 39\tilde{k}^3 + 28\tilde{k}^2 - 4$, $Y_2 = 16\tilde{k}^3 + 28\tilde{k}^2 + 15\tilde{k} + 4$, $Y_3 = 2 - 6\tilde{k}^2 - 3\tilde{k}$, $Y_4 = -2\tilde{k}^3 + 7\tilde{k}^2 + 16\tilde{k} + 8$.

证明 见附录.

由命题3可知,产品替代率较小时,亚马逊给自己的产品提供的服务质量要优于为加盟商产品提供的服务,而当替代率超过一定范围后,将会为加盟商产品提供较自己产品更优的服务.由此得到的管理启示是,在线渠道下,当加盟商选择将服务交由亚马逊来提供时不必过分担心自己产品的服务质量,该服务质量的好坏在一定程度上取决于自己产品与亚马逊产品的替代程度.所以,当市场对服务质量有一定要求时,加盟商可以根据两产品间的替代率来选择是否将服务交由亚马逊来提供.

命题4 在线渠道参与者制定的最优产品价格之间的差异不仅受到产品替代率的影响,还会受到其他因素的影响,具体表现为以下情况

1) 当 $U_1(k) > 0$,且 $U_2(k) < 0$ 时,在 $k \in [0, \bar{k}_i)$ 内有 $p_2^{d^*} > p_1^{d^*}$,在 $k \in (\bar{k}_i, 1]$ 内有 $p_2^{d^*} < p_1^{d^*}$,在 $k = \bar{k}_i$ 处有 $p_2^{d^*} = p_1^{d^*}$.

2) 当 $U_1(k) < 0$ 且 $U_2(k) < 0$ 时,在 $k \in [0, \bar{k}_i)$ 内有 $p_2^{d^*} < p_1^{d^*}$,在 $k \in (\bar{k}_i, 1]$ 内有 $p_2^{d^*} > p_1^{d^*}$,在 $k = \bar{k}_i$ 处有 $p_2^{d^*} = p_1^{d^*}$.

$$U_1(k) = 2b^4wx(1-x-x^2) - 8a^2ct^2 - b^4cx + 4a^2t^2w(1-x) + 2b^2qt(1-x)^2 + 2ab^2ct(x-1) + 2ab^2tw(x+2)(x-1), \quad (8)$$

$$U_2(k) = 2b^4wx(2+x)(1-x) + 2a^2ct^2(x-11) - 2b^4cx + 21a^2t^2w(1-x) + 2ab^2ct(19x+4) + ab^2tw(48x^2 - 43x - 21) + aqt(1-x)(3x+4) + b^2qt(12x^2 - 6x - 7). \quad (9)$$

符合条件的产品替代率临界值 \bar{k}_i 满足以下表达式

$$U(\bar{k}_i) = 2b^4wx[A_3 - x(x+1)] + a^2ct^2A_3[k^2x - (k^2 + 6k + 4)] - b^4cxA_3 + a^2t^2w(1-x)(k+2)(k^2 + 4k + 2) + aqkt(1-x)[2(1+x) + k(2x+1)] + b^2qt[x(x-4)A_3 + 2x^2A_4A_3 - (6k^2 + 3k - 2)] + ab^2ctA_3[6k^3 - 2 + xT_1] + ab^2tw[T_2 + xT_3 + 2x^2A_3A_4(2k^2 + k + 1)] = 0, \quad (10)$$

其中 $T_1 = 6k^3 + 6k^2 + 5k + 2$, $T_2 = -(6k^4 + 6k^3 + 8k^2 - 3k + 4)$, $T_3 = 2 - 11k - 22k^2 - 10k^3 - 2k^4$.

证明 见附录.

由命题4可知,在线渠道下,尽管产品间的价格差异受到很多因素的综合影响,但是主要的还是由产品间的成本差异以及产品间的竞争强度来决定.由此得到的管理启示是:即使是整个在线渠道的主导者也不能任意制定自己产品的价格,并且还需要时刻关注整个市场中产品间的竞争效应来调整价格间的差异,以获得尽可能多的收益.

综合命题3和命题4可知,两产品间的替代率对于在线渠道的定价决策以及相关服务的提供起着重要的影响作用,参与者如何根据产品间的替代率来制定最优的决策是保持竞争力的重要条件.

为了分析整个在线渠道参与者在不同决策下的具体情况,引入集中决策情况,然后,通过对比两决策情况下在线渠道的总收益情况,为参与者决策方式的选择提供参考,也为整个在线渠道的协调提供基础.

2.4 集中决策模型的分析

集中决策下,假定两种产品共同由一个参与者来销售和提供相关服务,鉴于亚马逊在整个在线渠道中的地位,这些决策的制定都是由亚马逊来执行.这时两参与者的目标是使渠道收益最大化,得到如下集中决策优化模型

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi^c &= (p_1 - c)D_1 + (p_2 - w)D_2 - \frac{t(s_1^2 + s_2^2)}{2} \\ \text{s. t. } & p_1 \geq c, p_2 \geq w. \end{aligned} \quad (11)$$

命题5 当 $k^3 + [b^2 + (b+1)^2]k^2 - 2at(2k+1) < 0$ 且 $(2b+1)k^4 + 4a^2t^2(2k+1) - 4atk^2[k+b^2+(b+1)^2] > 0$ 时, 集中决策下的整体收益函数 π^c 会是两产品价格 (p_1, p_2) 和服务质量 (s_1, s_2) 的联合凹函数.

证明 见附录.

集中决策下, 作为唯一决策者的亚马逊会综合利用价格和服务等手段来实现整体收益的最优. 但是, 与分散决策类似, 由于此时需要综合平衡各因素之间的关系, 整体最优收益并不一定总能实现. 所以, 作为决策者, 为了尽可能的使整体收益最大化, 仅仅将目光集中在价格和服务上是不够的, 只有在更好的协调产品间关系的同时综合考虑整体的投入与产出才是集中决策实现最优的关键.

在命题5关于 π^c 是 (p_1, p_2) 和 (s_1, s_2) 的联合凹函数的条件成立的情况下, 亚马逊能够做出使渠道整体收益最大化的最优决策.

命题6 满足渠道整体收益最大化的两产品价格 p_1^{c*}, p_2^{c*} 和服务质量 s_1^{c*}, s_2^{c*} 如下

$$\begin{aligned} p_1^{c*} &= \frac{c}{2} - \frac{b^2(c+w) - 4qt}{4(2at - b^2)} + \frac{b^2(2k+1)(c-w)}{4[(2k+1)b^2 - 2at]}, \\ p_2^{c*} &= \frac{w}{2} - \frac{b^2(c+w) - 4qt}{4(2at - b^2)} - \frac{b^2(2k+1)(c-w)}{4[(2k+1)b^2 - 2at]}, \\ s_1^{c*} &= \frac{b^3(2k+1)(q-ac) - abt[2q-ac+2ak(w-c)]}{(2at-b^2)[(2k+1)b^2-2at]}, \\ s_2^{c*} &= \frac{b^3(2k+1)(q-aw) - abt[2q-aw+2ak(c-w)]}{(2at-b^2)[(2k+1)b^2-2at]}. \end{aligned} \quad (12)$$

证明 见附录.

由命题6可知, 集中决策下, 此时市场上只存在唯一的参与者, 尽管两种产品在某种程度上相互替代, 但是决策者不用考虑其他参与者的竞争影响. 同时, 尽管最优决策的制定还会受到很多因素的影响, 但是此时决策者更多的是通过不同产品的成本来制定价格和提供服务. 命题7和命题8详细的展示了两产品间价格和服务的差异以及其具体的变化情况.

命题7 由命题6知道, 产品成本影响着两产品的服务质量, 而产品替代率则决定了两产品间服务质量的差异. 两产品的成本和替代率对服务的共同作用具体表现为以下情况:

- 1) 当 $c > w$ 时, 在 $k \in (0, \underline{k})$ 内有 $s_1^{c*} < s_2^{c*}$, 在 $k \in (\underline{k}, 1)$ 内有 $s_1^{c*} > s_2^{c*}$.
- 其中 $\underline{k} = \frac{at}{b^2} - \frac{1}{2}$.
- 2) 当 $c < w$ 时, 在 $k \in (0, \underline{k})$ 内有 $s_1^{c*} > s_2^{c*}$, 在 $k \in (\underline{k}, 1)$ 内有 $s_1^{c*} < s_2^{c*}$.
- 3) 当 $c = w$ 或 $k = \underline{k}$ 时, 有 $s_1^{c*} = s_2^{c*}$.

证明 见附录.

命题8 在线渠道的集中决策下, 亚马逊为两种存在一定替代程度的产品所提供的服务质量之间的差异随两者间替代率的变化情况满足如下关系:

- 1) 当 $k < \underline{k}$ 时, 若 $c > w$, 有 $\frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} > 0$, 若 $c < w$, 有 $\frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} < 0$.
- 2) 当 $k > \underline{k}$ 时, 若 $c > w$, 有 $\frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} < 0$, 若 $c < w$, 有 $\frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} > 0$.
- 3) 当 $c = w$ 时, 有 $\frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} = 0$.

证明 见附录.

综合命题7和命题8可知, 集中决策下, 成本较小的产品在既定的替代率范围内能够得到更好的服务, 并且在该替代率范围内亚马逊会不断地在服务质量上区分两产品. 当两产品间的替代率超过某一临界值时, 成本较大的产品能够获得更高质量的服务, 并且此时亚马逊为两者提供的服务间的差异会不断缩小. 得到的管理启示是: 在线渠道的集中决策情况下, 决策者, 也就是这里的亚马逊, 应当对两种产品间的替代程度

和成本间的差异有一个清楚的认识, 在一定的产品替代率范围内给成本较小的产品提供更高质量的服务, 并且随着替代率的增加来扩大产品间服务的差异, 进而更好地突出该产品的优势, 从而吸引更多消费者。

既然产品间的成本和替代率对服务质量会产生如此大的影响, 那成本和替代率对两产品间价格差异的影响是否会和服务相类似呢? 命题9和命题10回答这个问题。

命题9 成本和替代率对两产品价格差异的影响与命题7中对服务差异的影响有一定的区别. 具体表现为如下情况

1) 当 $c > w$ 时, 在 $k \in (\underline{k}, \tilde{k})$ 内有 $p_1^{c*} < p_2^{c*}$, 在 $k \in (0, \underline{k})$ 或 $k \in (\tilde{k}, 1)$ 内有 $p_1^{c*} > p_2^{c*}$.

其中 $\tilde{k} = \frac{at}{2b^2} - \frac{1}{2}$.

2) 当 $c < w$ 时, 在 $k \in (\underline{k}, \tilde{k})$ 内有 $p_1^{c*} > p_2^{c*}$, 在 $k \in (0, \underline{k})$ 或 $k \in (\tilde{k}, 1)$ 内有 $p_1^{c*} < p_2^{c*}$.

3) 当 $c = w$ 时, 有 $p_1^{c*} = p_2^{c*}$.

证明 见附录.

由命题9可知两产品价格在本成本和替代率的共同作用下的大小变化情况, 接下来对产品间成本和替代率对两产品价格差异的变化情况的影响情况进行更深入的分析。

命题10 在线渠道的集中决策下, 亚马逊为两种存在一定替代程度的产品所制定的价格之间的差异随两者间替代率的变化情况满足如下关系:

1) 当 $k < \underline{k}$ 或 $k > \tilde{k}$ 时, 若 $c > w$, 有 $\frac{\partial (p_1^{c*} - p_2^{c*})}{\partial k} < 0$, 若 $c < w$, 有 $\frac{\partial (p_1^{c*} - p_2^{c*})}{\partial k} > 0$.

2) 当 $\underline{k} < k < \tilde{k}$ 时, 若 $c > w$, 有 $\frac{\partial (p_1^{c*} - p_2^{c*})}{\partial k} > 0$, 若 $c < w$, 有 $\frac{\partial (p_1^{c*} - p_2^{c*})}{\partial k} < 0$.

3) 当 $c = w$ 或 $t = 0$ 时, $\frac{\partial (p_1^{c*} - p_2^{c*})}{\partial k} = 0$.

证明 见附录.

综合命题9和命题10可知, 集中决策下, 当产品替代率处于较小或较大的范围时, 亚马逊会为成本更高的产品制定较高的价格, 但是两价格间的差异会随产品替代率的增大而减小; 而当两产品间的替代率大小适度时, 亚马逊会为成本较高的产品制定较低的价格, 并且两价格间的差异会随产品替代率的增加而增加. 亚马逊所制定的两产品间的价格差异会随着替代率的增大而减小. 得到的管理启示是: 在线渠道集中决策情况下, 亚马逊在制定产品的价格决策时, 要对两产品的成本和两者间的替代率有清楚的认识, 当产品成本不同时应当允许价格差异的存在, 但是具体的差异程度则应当依据两者间的替代率来决定。

3 数值分析

鉴于本文得到的最优决策表达式较为复杂, 在此基础上研究替代率对在线渠道的影响的难度较大, 而借鉴数值分析可以更好地验证前文的结论以及对文章进行更深入的分析. 为了更加贴近实际, 借鉴亚马逊官网中有关加盟费用以及介绍费率的设置情况, 设定 $x = 0.15$, $F = 100$ [22], 其他参数借鉴相关文献有如下设置 $q = 500$, $a = 3$, $c = 21$, $w = 20$, $t = 50$, $k \in [0, 1]$. 为了更好地比较价格敏感系数和服务敏感系数间的大小关系对相关决策的影响, 并且使不同参数间的差异尽可能相同, 令 $b = \{2, 3, 5\}$ (选2, 3, 5, 而不选4是因为2/3与3/5之间的差距较2/3与3/4的差距小).

3.1 最优决策分析

如文献综述中所讲, 很多学者认为价格在对需求方面的作用要大于服务, 区别于已有研究, 本文将探讨消费者服务敏感系数 b 与消费者价格敏感系数 a 在三种不同关系下的在线渠道情况, 即服务敏感系数小于价格敏感系数 $b < a$ 、服务敏感系数等于价格敏感系数 $b = a$ 和服务敏感系数大于价格敏感系数 $b > a$. 具体情况如表2.

表 2 两决策情况下在线渠道的决策情况
Table 2 The decisions of online channel under two modes

b	k	分散决策				集中决策			
		p_1^{d*}	p_2^{d*}	s_1^{d*}	s_2^{d*}	p_1^{c*}	p_2^{c*}	s_1^{c*}	s_2^{c*}
2	0.0	95.853	94.324	0.501	2.974	97.818	97.324	1.953	1.973
	0.2	89.933	88.886	1.383	2.066	97.816	97.326	1.949	1.977
	0.4	84.604	84.865	2.164	1.235	97.815	97.327	1.944	1.981
	0.6	80.655	81.694	2.877	0.944	97.813	97.329	1.940	1.986
	0.8	77.448	79.111	3.540	0.743	97.812	97.330	1.936	2.990
	1.0	74.508	76.966	4.167	0.624	97.811	97.331	1.932	1.994
3	0.0	96.063	95.601	0.753	4.538	98.086	97.601	3.505	3.563
	0.2	90.051	89.622	2.092	3.132	98.083	97.605	3.499	3.543
	0.4	85.464	85.506	3.279	1.870	98.079	97.608	3.492	3.549
	0.6	81.966	82.516	4.378	1.277	98.076	97.611	3.485	3.556
	0.8	79.299	80.312	5.427	0.937	98.073	97.615	3.478	2.563
	1.0	77.289	78.706	6.452	0.724	98.069	97.618	3.371	3.570
5	0.0	100.002	96.741	1.266	8.001	104.455	104.001	5.946	6.002
	0.2	92.083	91.712	3.591	5.408	104.444	104.010	5.933	6.012
	0.4	87.649	88.344	5.655	4.279	104.432	104.021	5.920	6.026
	0.6	85.314	86.315	7.656	3.216	104.421	104.033	5.905	6.040
	0.8	85.119	85.815	9.728	2.100	104.408	104.046	5.890	6.056
	1.0	84.537	85.466	11.990	1.211	104.393	104.061	5.873	6.073

由表2可知: 1) 不管服务敏感系数 b 是否小于价格敏感系数 a , 集中决策时的价格一定会大于分散决策时的价格. 因为集中决策时的价格决策更多地是依据产品成本来制定的, 而分散决策时的价格要兼顾成本和市场的影响. 这与肖剑等^[28]认为Stackelberg 博弈竞争下的价格比所有竞争情形下的价格都要低的观点相似. 2) 分散决策下的两产品价格同时会随着替代率 k 的增加而下降. 这与Yao等^[29]认为Stackelberg 博弈竞争下的产品价格不具备单一增减性的观点不同. 而集中决策下, 亚马逊自有产品的价格会随着 k 的增加而上升. 这与Hua等^[2]和Chen等^[30]认为某一渠道价格要随着消费者对该渠道偏好或需求的增加而提高, 但是降低另一渠道价格的观点相似. 因为分散决策下两参与者为了扩大自己产品的需求而降低价格, 集中情况下亚马逊为了实现利润最大化, 不需要考虑两产品的竞争因素, 只需要保证什么样的行为能够最大限度地增加整体收益. 随着 k 增加, 亚马逊在对自有产品提价的同时也提升自有产品的服务质量, 而给加盟商产品降价的同时也降低给它的服务质量. 此外集中决策下, 尽管价格和服务会发生变化, 但是变化的幅度却比较小. 3) 两决策情况下的服务呈现相反的变化情况. 随着 k 的增加, 分散决策下加盟商产品的服务质量不断提高, 亚马逊自有产品服务质量却不断降低. 因为随着 k 的增加, 加盟商产品的需求不断增加并且大大超过自有产品的需求, 见图2. 这时亚马逊能够从加盟商处获得较大的介绍费. 集中决策下, 亚马逊自有产品的服务质量不断提高, 而为加盟商产品提供的服务质量却不断降低. 因为亚马逊自有产品的成本较小, 随着 k 的增加, 自有产品就越能获得更大的利润空间. 这与Dan等^[23]认为分散决策情况下若一渠道的需求比较大时应该提高该渠道服务质量的观点相同. 图2很好地解释了表2中最优决策的变化情况.

由图2可知, 分散决策下两产品的需求都会增加, 但是加盟商产品的需求会在 k 达到一定程度后超过亚马逊产品的需求, 并且该趋势会随着 b 的增大而更加明显, 而集中决策下两产品需求则是此消彼长. 这是由表2中两产品的价格和服务的变化决定的. 同时, b 的大小不会改变需求的变化趋势, 只是改变需求的大小.

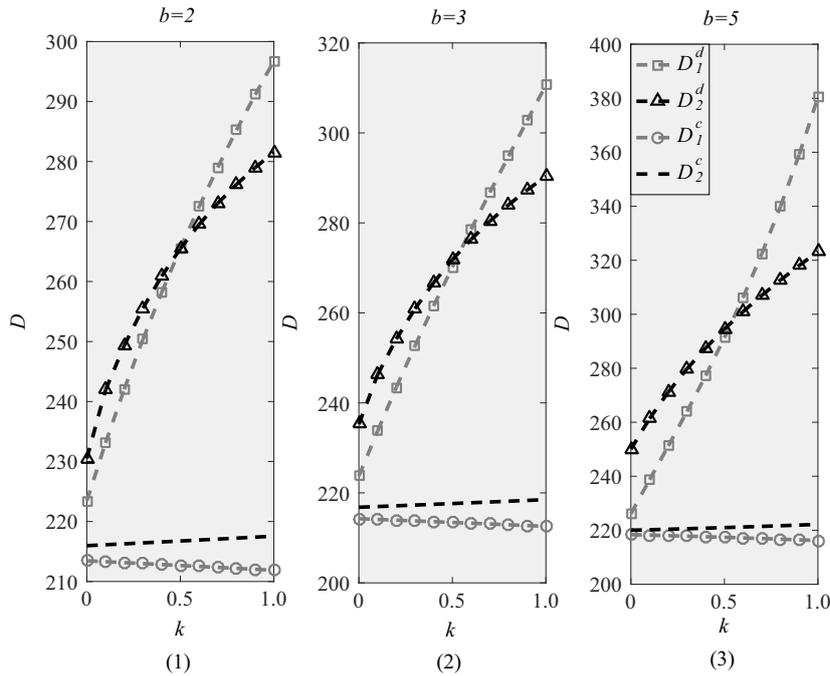


图2 两决策情况下不同产品的需求
Fig. 2 The demands of two products under different modes

3.2 收益分析

3.1节的价格和服务以及需求的变化情况共同决定了参与者和整个在线渠道的收益情况, 接下来主要分析收益的变化情况. 收益情况具体见图3.

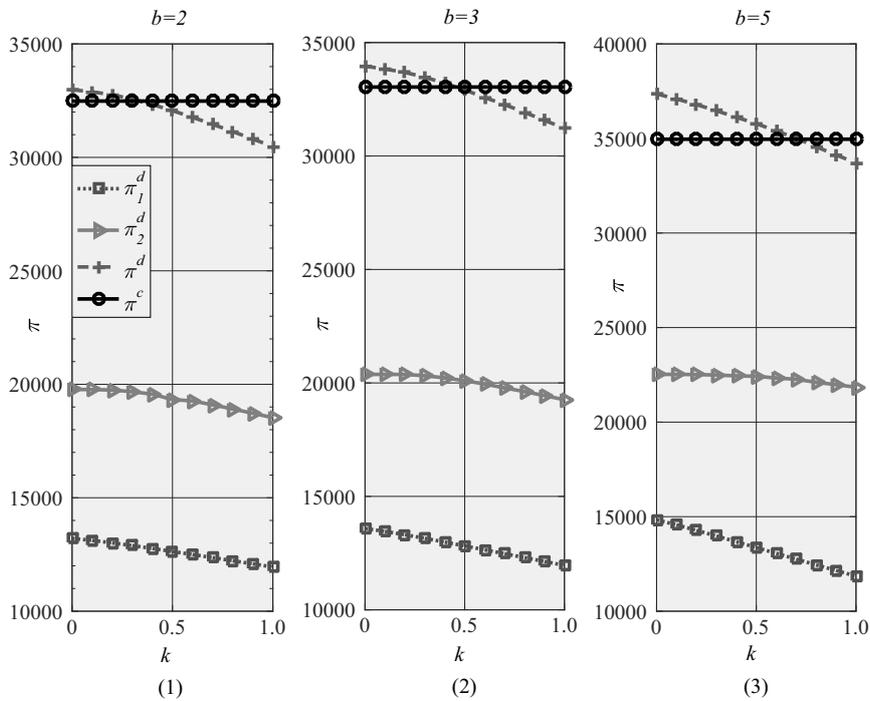


图3 两决策情况下的收益
Fig. 3 The profits under different modes

由图3可知: 1) 分散决策下, 参与者的收益都会随 k 的增加而减少, 从而造成渠道总收益的减少, 但集中决策下的渠道总收益基本上保持不变. 因为分散决策下, 尽管两产品的需求都有较大幅度的提高, 但产品价格会有大幅度的降低. 这与现实中产品竞争强度加强, 造成价格降低, 市场需求扩大, 而企业收益降低的实

际相符. 而集中决策下, 两产品的价格、服务和需求都是此消彼长, 一产品的收益增加刚好弥补另一产品的收益损失. 2) 分散决策下, 加盟商收益的减幅要大于亚马逊的收益减幅. 因为, 随着 k 的不断增大, 亚马逊可以从加盟商处获得更多的因需求增加而带来的介绍费, 从而使得收益缓慢减少.

从渠道总收益情况看: 1) 不管服务敏感系数 b 如何变化, 集中决策的优势只有在产品替代率 k 较大时才能体现. 因为当 k 较小时产品间的竞争程度低, 分散决策下参与者有更大的决策空间; 2) 随着 b 的增加, 收益差异的变化更加明显. 因为当消费者对服务比较敏感时, 一个单位服务质量的变动会带动更多需求的改变; 3) 在不同的 b 下, 能够使集中决策下的总收益大于分散决策下总收益的 k 的范围也不同, 并且这个可决策的范围会随着 b 的增大而减小. 因为分散决策时因 b 的变化而引起的参与者收益的变化较集中决策时大.

由此可知, 在线渠道的替代产品间的竞争中, 集中决策并不总是能收获到较分散决策更多的渠道总收益; 集中决策只有在一定的产品替代率范围内才能实现渠道总收益的增加, 而该范围又是随着服务敏感系数的变化而变化的. 为此, 引入新的契约形式来协调产品替代率较大情况下的在线渠道. 这与赵礼强等^[31]在不同的在线购物机会成本的范围内分别采用批发价格契约和两部定价契约来协调双渠道参与者, 以及赵礼强等^[32]在不同的消费者对电子渠道的接受程度范围内分别采用批发价格契约和收益共享契约来协调双渠道相关问题的做法类似.

4 在线渠道协调

4.1 部分协调

通过3.2节的分析发现, 在 k 较大的情况下集中决策下的渠道总收益要大于分散决策下的总收益. 为了使参与者获得更多的收益, 引入改进的收益共享契约来协调整个在线渠道.

本文改进的收益共享契约是, 通过引入合同机制, 两参与者之间信息实现互通. 为了在特定的条件下能够实现收益最大, 两参与者将集中决策时的最优决策引入到分散决策中, 即在能够实现总收益增加的时, 两参与者约定将自己的决策与集中决策的值保持一致, 这样就获得了更多的渠道总收益. 按照契约的设计, 两参与者共享实行协调后总收益增加的部分. 具体的机制设计如下

$$\begin{cases} p_i^{d*} = p_i^c, & i = 1, 2, \\ s_i^{d*} = s_i^c, & i = 1, 2, \\ x = 0, \\ F = 0. \end{cases} \quad (13)$$

通过式(13)的协调, 在能够实现协调的 k 的范围内, 分散决策下整个在线渠道实现了收益的增加. 而参与者的利润分配应满足如下的条件

$$\begin{cases} \pi_1^{m*} = \pi_1^{d*} + \varphi_1 Z, \\ \pi_2^{m*} = \pi_2^{d*} + \varphi_2 Z, \\ Z = \pi^c - \pi^d, \\ \varphi_1 + \varphi_2 = 1, \end{cases} \quad (14)$$

其中 Z 为整个在线渠道收益的增加部分. 由于参与者在分配增加的总收益时受到很多因素的影响, 为此需要进一步讨论增加的总收益的具体分配方案.

4.2 φ_1 和 φ_2 的确定

假设影响分配份额的因素主要是参与者在渠道中的地位和自身的议价能力. 因此, 参与者的地位系数和议价能力能够用来确定最后的分配份额.

为了更好地分析两参与者在利润分配中的所得,引入亚马逊和加盟商关于在线渠道总收益增加额分配比率的效用函数来进行研究,同时,假设任一参与者的效用函数只与自己所分配到的比例有关,而与其他参与者所得份额无关.借鉴Yue等^[33]关于Stackelberg情景下的议价模型,假定两参与者的效用函数分别为

$$\begin{aligned} u_1(\varphi_1) &= 1 - e^{-\varphi_1}, \\ u_2(\varphi_2) &= 1 - e^{-\varphi_2}. \end{aligned} \quad (15)$$

则整个在线渠道的效用函数为

$$u(\varphi_1, \varphi_2) = [\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1]u_1(\varphi_1) + [\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2]u_2(\varphi_2), \quad (16)$$

将式(15)代入式(16)中得

$$u(\varphi_1, \varphi_2) = [\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1](1 - e^{-\varphi_1}) + [\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2](1 - e^{-\varphi_2}), \quad (17)$$

由于 $\varphi_1 = 1 - \varphi_2$,整个在线渠道的效用函数变为

$$u(\varphi_2) = [\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1](1 - e^{\varphi_2-1}) + [\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2](1 - e^{-\varphi_2}). \quad (18)$$

由于亚马逊是主导者,为了使得自己能够分配到更多的总收益增加的份额,通过使得整个渠道的效用最大,从而使得自己能够得到更大的效用.则分别求式(18)关于 φ_2 的一阶导数和二阶导数得

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(\varphi_2)}{\partial \varphi_2} &= -[\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1]e^{\varphi_2-1} + [\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2]e^{-\varphi_2}, \\ \frac{\partial^2 u(\varphi_2)}{\partial \varphi_2^2} &= -[\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1]e^{\varphi_2-1} - [\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2]e^{-\varphi_2}. \end{aligned} \quad (19)$$

由 $\frac{\partial^2 u(\varphi_2)}{\partial \varphi_2^2} < 0$ 可知存在最优的 φ_2 使得 $u(\varphi_2)$ 达到最大,从而令 $\frac{\partial u(\varphi_2)}{\partial \varphi_2} = 0$ 可得最优的 φ_2 为

$$\varphi_2^* = \frac{1 + \ln[\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2] - \ln[\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1]}{2}.$$

由于 $\varphi_1 = 1 - \varphi_2$,可得最优的 φ_1 为

$$\varphi_1^* = \frac{1 - \ln[\rho\alpha_2 + (1 - \rho)\beta_2] + \ln[\rho\alpha_1 + (1 - \rho)\beta_1]}{2}.$$

由 φ_1^* 和 φ_2^* 的表达式可知,在线渠道参与者可以通过提升自己在市场中的地位和提高自己的议价能力来实现收益的增加.由于亚马逊是Stackelberg博弈领导者,这就决定了加盟商的地位不可能超过它.但是,加盟商也可以通过运用新技术、新方法来改进产品和提高企业的实力,提升自己的地位.此外,虽然加盟商的地位不会超过亚马逊,但是它的议价能力却不一定比亚马逊低.加盟商可以通过以下措施来提高自己的议价能力:1)提高生产弹性,从而更好地响应市场需求;2)加强相关信息的搜集.根据波特的竞争力理论,加盟商如果能够清楚地了解自己的供应商以及亚马逊的供应商的议价能力、自己行业的潜在进入者、替代产品以及互补产品的供给和销售情况,就能够在与亚马逊的谈判过程中占据优势.

5 结束语

本文借鉴电商企业的运营模式及其为加盟商提供服务的交叉决策模式,来研究替代产品的价格和服务竞争下决策及协调问题.通过分散决策下的Stackelberg博弈和集中决策下的在线渠道总收益最大决策,得到了两决策情况下分别实现均衡和收益最大化的条件.结果发现:分散决策下,亚马逊为自有产品提供的服务并不一定优于为加盟商产品提供的服务,随着产品替代率的增大,亚马逊会降低对自己产品的服务质量而提高加盟商产品的服务质量,而集中决策下的情况刚好相反;尽管参与者的收益会随着产品替代率的增加而降低,但是无论是从在线渠道参与者角度来说还是从整个在线渠道来说都更受益于具有较高消费者服务

敏感度的市场. 同时还发现, 集中决策只有在产品替代率较大的情况下才能获得更大的整体收益. 为此引入了改进的收益共享契约来协调在线渠道, 并借鉴Nash的议价模型来寻求最优的收益分配方案.

参考文献:

- [1] 中国电子商务研究中心. 2015年(上)中国网络零售市场数据监测报告. 杭州: 中国电子商务研究中心, 2015: 1-41.
China Electronic Commerce Research Center. Monitoring report of Chinese e-retail market data in the first half of 2015. Hangzhou: China Electronic Commerce Research Center, 2015: 1-41. (in Chinese)
- [2] Hua G, Wang S, Cheng T E. Price and lead time decisions in dual-channel supply chains. *European Journal of Operational Research*, 2010, 205(1): 113-126.
- [3] Yan R. Managing channel coordination in a multi-channel manufacturer-retailer supply chain. *Industrial Marketing Management*, 2011, 40(4): 636-642.
- [4] Chiang W Y K, Chhajed D, Hess J D. Direct marketing, indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design. *Management Science*, 2003, 49(1): 1-20.
- [5] Ryan J K, Sun D, Zhao X. Competition and coordination in online marketplaces. *Production and Operations Management*, 2010, 21(6): 997-1014.
- [6] 崔楠, 崔庆安, 汪涛. 在线零售情境因素对顾客惠顾意愿的影响研究. *管理科学学报*, 2013, 16(1): 42-58.
Cui N, Cui Q A, Wang T. Effect of contextual factors of online retailing on customer patronage intentions. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(1): 42-58. (in Chinese)
- [7] 陈洁, 杨升荣. 品牌和单品忠诚对在线消费者选择行为的影响研究. *中国管理科学*, 2009, 17(4): 115-120.
Chen J, Yang S R. Research on impact of brand loyalty and SKU loyalty on online consumer choice behavior. *Chinese Journal of Management Science*, 2009, 17(4): 115-120. (in Chinese)
- [8] 陈云, 王浣尘, 沈惠璋. 电子商务零售商与传统零售商的价格竞争研究. *系统工程理论与实践*, 2006(1): 35-41.
Chen Y, Wang H C, Shen H Z. Study on the price competition between e-commerce retailer. *Systems Engineering: Theory & Practice*, 2006(1): 35-41. (in Chinese)
- [9] Yao D Q, Liu J J. Competitive pricing of mixed retail and e-tail distribution channels. *Omega: International Journal of Management Science*, 2005, 33(3): 235-247.
- [10] 丁正平, 刘业政. 存在搭便车时双渠道供应链的收益共享契约. *系统工程学报*, 2013, 28(3): 370-376.
Ding Z P, Liu Y Z. Revenue sharing contract in dual channel supply chain in case of free riding. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 28(3): 370-376. (in Chinese)
- [11] 陈远高, 刘南. 具有服务差异的双渠道供应链竞争策略. *计算机集成制造系统*, 2010, 16(11): 2484-2489.
Chen Y G, Liu N. Dual-channel supply chain competition strategy with service differentiation. *Computer Integrated Manufacture System*, 2010, 16(11): 2484-2489. (in Chinese)
- [12] 张霖霖, 姚忠. 考虑顾客退货时在线企业的定价与订货策略. *管理科学学报*, 2013, 16(6): 10-21.
Zhang L L, Yao Z. Pricing and order decisions with customer returns in online retailing. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(6): 10-21. (in Chinese)
- [13] 熊中楷, 李根道, 唐彦昌, 等. 网络环境下考虑动态定价的渠道协调问题研究. *管理工程学报*, 2007, 21(3): 49-55.
Xiong Z K, Li G D, Tang Y C, et al. Research on channel coordination problem on the internet with dynamic pricing. *Journal of Industrial Engineering & Engineering Management*, 2007, 21(3): 49-55. (in Chinese)
- [14] Cai G G. Channel selection and coordination in dual-channel supply chains. *Journal of Retailing*, 2010, 86(1): 22-36.
- [15] Wei X, Liu L, Wang S. More than a second channel: Supply chain strategies in B2B spot markets. *European Journal of Operational Research*, 2014, 239(3): 699-710.
- [16] 刘家国, 周笛, 刘咏梅, 等. 搭便车行为影响下制造商渠道选择研究. *系统工程学报*, 2014, 29(6): 813-823.
Liu J G, Zhou D, Liu Y M, et al. Research on manufacturer's channel selection based on free-riding. *Journal of Systems Engineering*, 2014, 29(6): 813-823. (in Chinese)
- [17] 浦徐进, 诸葛瑞杰, 范旺达. 考虑横向和纵向公平的双渠道供应链均衡策略. *系统工程学报*, 2014, 29(4): 527-536.
Pu X J, Zhu Ge R J, Fan W D. Impact of horizontal fairness and vertical fairness on strategies in dual-channel supply chain. *Journal of Systems Engineering*, 2014, 29(4): 527-536. (in Chinese)
- [18] 毕功兵, 王怡璇, 丁晶晶. 存在替代品情况下考虑消费者策略行为的动态定价. *系统工程学报*, 2013, 28(1): 47-54.
Bi G B, Wang Y X, Ding J J. Dynamic pricing based on substitutes and strategic consumers. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 28(1): 47-54. (in Chinese)

- [19] 高尚, 滕春贤, 孙嘉轶. 混合式结构多供应链竞争研究. 系统工程学报, 2015, 30(2): 218–224.
Gao S, Teng C X, Sun J Y. Research on multi-supply chains competition of hybrid structure. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(2): 218–224. (in Chinese)
- [20] Devaraj S, Fan M, Kohli R. Antecedents of B2C channel satisfaction and preference: Validating e-commerce metrics. Information Systems Research, 2002, 13(3): 316–333.
- [21] Rohm A J, Swaminathan V. A typology of online shoppers based on shopping motivations. Journal of Business Research, 2004, 57(7): 748–757.
- [22] https://sellercentral.amazon.com/gp/seller/registration/participationAgreement.html?itemID=200336920&language=en_US.
- [23] Dan B, Xu G, Liu C. Pricing policies in a dual-channel supply chain with retail services. International Journal of Production Economics, 2012, 139(1): 312–320.
- [24] Yao D Q, Yue X, Liu J. Vertical cost information sharing in a supply chain with value-adding retailers. Omega: International Journal of Management Science, 2008, 36(5): 838–851.
- [25] 禹爱民, 刘丽文. 随机需求和联合促销下双渠道供应链的竞争与协调. 管理工程学报, 2012, 26(1): 151–155.
Yu A M, Liu L W. Competing and coordination strategies for the dual channel under stochastic demand and cooperative promotion. Journal of Industrial Engineering & Engineering Management, 2012, 26(1): 151–155. (in Chinese)
- [26] 黄宗盛, 聂佳佳, 胡培. 具竞争性零售商的闭环供应链微分对策模型. 系统工程学报, 2015, 30(6): 779–789.
Huang Z S, Nie J J, Hu P. Differential game model in closed-loop supply chain with competing retailers. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(6): 779–789. (in Chinese)
- [27] 代建生. 风险规避供应链的最优两部定价契约. 系统工程学报, 2016, 31(1): 66–77.
Dai J S. Optimal two-part pricing contract of a risk-averse supply chain. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(1): 66–77. (in Chinese)
- [28] 肖剑, 但斌, 张旭梅. 双渠道供应链中制造商与零售商的服务合作定价策略. 系统工程理论与实践, 2010, 30(12): 2203–2211.
Xiao J, Dan B, Zhan X M. Service cooperation pricing strategy between manufactures and retailers in dual-channel supply chain. Systems Engineering: Theory & Practice, 2010, 30(12): 2203–2211. (in Chinese)
- [29] Yao D Q, Liu J J. Competitive pricing of mixed retail and e-tail distribution channels. Omega: International Journal of Management Science, 2005, 33(3): 235–247.
- [30] Chen J, Zhang H, Sun Y. Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain. Omega: International Journal of Management Science, 2012, 40(5): 571–583.
- [31] 赵礼强, 徐家旺, 王建国. B2C电子商务模式下供应链双渠道冲突与协调的契约设计. 工业工程, 2013, 16(6): 113–120.
Zhao L Q, Xu J W, Wang J M. Contract design for coordination of dual-channel conflict under B2C e-commerce. Industrial Engineering Journal, 2013, 16(6): 113–120. (in Chinese)
- [32] 赵礼强, 徐家旺. 基于电子市场的供应链双渠道冲突与协调的契约设计. 中国管理科学, 2014, 22(5): 61–68.
Zhao L Q, Xu J W. Contract design for coordination of dual-channel supply chain based on e-market. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(5): 61–68. (in Chinese)
- [33] Yue J, Austin J, Wang M C, et al. Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount. European Journal of Operational Research, 2006, 168(1): 65–85.

作者简介:

王滔(1989—), 男, 江西高安人, 博士生, 研究方向: 供应链协调, Email: wt18@mail.scut.edu.cn;

颜波(1970—), 男, 湖南怀化人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 物流与供应链管理, Email: yanbo@scut.edu.cn;

李鸿媛(1989—), 女, 广东茂名, 硕士生, 研究方向: 供应链管理, Email: 594166110@qq.com.

附录

命题1 的证明

首先求出 π_1^d 关于价格 p_1 的二阶导数, 由 $\frac{\partial^2 \pi_1^d}{\partial p_1^2} < 0$ 得加盟商产品的收益函数是自己产品销售价格的凹函数. 其次, 对 π_1^d 求关于 p_1 的一阶导数, 并令其为零. 求出 p_1 , 将其代入 π_2^d 中. 然后, 分别求出 π_2^d 关于 s_1, s_2, p_2 的混合二阶偏导数,

得Hesse矩阵

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}^d(p_2, s_1, s_2) &= \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial p_2^2} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial p_2 \partial s_1} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial p_2 \partial s_2} \\ \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_1 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_1 \partial s_2} \\ \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_2 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_2 \partial s_1} & \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial s_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-a(8k+4+2k^2-xk^2)}{2(k+1)} & \frac{bk(x-1)}{2} & \frac{b(2+4k+k^2-xk^2)}{2(k+1)} \\ \frac{bk(x-1)}{2} & \frac{x(k+1)b^2}{2a} - t & \frac{-b^2kx}{2a} \\ \frac{b(2+4k+k^2-xk^2)}{2(k+1)} & \frac{-b^2kx}{2a} & \frac{b^2k^2x}{2a(k+1)} - t \end{bmatrix}. \\
 \frac{\partial^2 \pi_2^d}{\partial p_2^2} &= \frac{-a(8k+4+2k^2-xk^2)}{2(k+1)} < 0, |\mathbf{H}_2| = \frac{-b^2(1+k)[4x(2k+1)+k^2]+8at(2k+1)-2ak^2t(x+2)}{4(k+1)}, \\
 |\mathbf{H}_3| &= \frac{4ab^2t(1+x)(4x+1)+ab^2k^2[2t(k+5)(k+x)+21]+2a^2t^2(k+1)[k^2x-2(k^2+4k+2)]-2b^4x[(k+1)(2k+1)^2+1]}{4a(k+1)^2}.
 \end{aligned}$$

要使得 π_2^d 是关于 s_1, s_2, p_2 的联合凹函数, 就必须存在 $|\mathbf{H}_2| > 0$, 并且 $|\mathbf{H}_3| < 0$. 证毕.

命题2的证明

由于两参与者间是Stackelberg博弈, 所以采用逆向推导法. 亚马逊先制定 s_1^{d*}, s_2^{d*} 和 p_2^{d*} 的最优决策, 加盟商根据亚马逊的上述决策来制定对自己最优的价格决策 p_1^{d*} . 采用逆向推导方法, 由式(2)中加盟商的收益函数, 求得其关于 p_1 的偏导数为

$$\frac{\partial \pi_1^d}{\partial p_1} = (c + p_1(x-1))(a + ak) - (x-1)(q + bs_1 - ap_1 + bk(s_1 - s_2) - ak(p_1 - p_2)). \tag{20}$$

令 $\frac{\partial \pi_1^d}{\partial p_1} = 0$, 可得

$$p_1 = \frac{(x-1)(q - bs_1 + akp_2 + bk(s_1 - s_2) - ca(1+k))}{2a(x-1)(k+1)}. \tag{21}$$

然后, 将式(21)代入 π_2^d 中, 并分别求 π_2^d 关于 s_1, s_2, p_2 的偏导数 $\frac{\partial \pi_2^d}{\partial s_1}, \frac{\partial \pi_2^d}{\partial s_2}, \frac{\partial \pi_2^d}{\partial p_2}$, 分别令它们为0, 求解方程组并化简即得 $(s_1^{d*}, s_2^{d*}, p_2^{d*})$. 将 $(s_1^{d*}, s_2^{d*}, p_2^{d*})$ 代入 π_1^d , 求它关于 p_1 的一阶导, 令其为0, 求出关于 p_1 的表达式并化简可得 p_1^{d*} . 证毕.

命题3的证明

将命题2中求得的最优决策 s_2^{d*}, s_1^{d*} 相减得

$$\begin{aligned}
 s_2^{d*} - s_1^{d*} &= \frac{-ab^3xA_3(2wA_4 + ck) - a^2btw[-(6k^2 + 3k - 2)(k^2 + 4k + 2) + x(14k^4 + 39k^3 + 28k^2 - 4) - 2kA_3(4k^2 + 2k + 1)] - abqt[x(-2k^3 + 7k^2 + 16k + 8) - (18k^3 + 21k - 4) + x^2(16k^3 + 28k^2 + 15k + 4)] - a^2bctk[kxA_3A_4 + A_3(6k^2 + 3k - 2)]}{(x-1)(2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3))}.
 \end{aligned}$$

令

$$\begin{aligned}
 E(k) &= -ab^3xA_3(2wA_4 + ck) - a^2btw[-(6k^2 + 3k - 2)(k^2 + 4k + 2) + x(14k^4 + 39k^3 + 28k^2 - 4) - 2kA_3(4k^2 + 2k + 1)] - abqt[x(-2k^3 + 7k^2 + 16k + 8) - (18k^3 + 21k - 4) + x^2(16k^3 + 28k^2 + 15k + 4)] - a^2bctk[kxA_3A_4 + A_3(6k^2 + 3k - 2)]. \\
 G(k) &= 2b^4xA_4^2A_3 + ab^2t(B_1 + 4xA_1^2A_2) + 4a^2t^2(B_1 - k^2xA_3).
 \end{aligned}$$

有

$$s_2^{d*} - s_1^{d*} = \frac{E(k)}{(x-1)G(k)}. \tag{22}$$

首先分析式(22)中分母的具体情况. 求 $G(k)$ 关于 k 的四阶导数, 得 $G_k''''(k) > 0$, 可知 $G_k'''(k)$ 是 k 的增函数, 且 $G_k'''(1) < 0$, 可知 $G_k''(k) < 0$, 即 $G''(k)$ 为 k 的减函数. 同理可得 $G'(k)$ 和 $G(k)$ 同为 k 的减函数, 由于 $G(0) < 0$, 可知 $G(k) < 0$ 恒成立. 所以式(22)的分母大于0. 利用上述方法来分析分子的情况, 得 $E(k)$ 为 k 的减函数, 且 $E(0) > 0, E(1) < 0$. 所以 $E(k)$ 在 $k \in [0, 1]$ 内为连续的单调减函数, 由此可知必存在一点 \tilde{k} 使得 $E(\tilde{k}) = 0$. 证毕.

命题4的证明

分母的情况同命题3的证明, 不做赘述, 主要研究分子的情况. 令

$$\begin{aligned}
 U(k) &= 2b^4wx[A_3 - x(x+1)] + a^2ct^2A_3[k^2x - (k^2 + 6k + 4)] - b^4cxA_3 + a^2t^2w(1-x)(k+2)(k^2 + 4k + 2) + b^2qt[x(x-4)A_3 + 2x^2A_4A_3 - (6k^2 + 3k - 2)] + ab^2ctA_3[6k^3 - 2 + xT_1] + ab^2tw[T_2 + xT_3 + 2x^2A_3A_4(2k^2 + k + 1)] + aqkt(1-x)[2(1+x) + k(2x+1)],
 \end{aligned}$$

$$U_1(k) = U(0) = 2b^4wx(1-x-x^2) - 8a^2ct^2 - b^4cx + 4a^2t^2w(1-x) + 2b^2qt(1-x)^2 + 2ab^2ct(x-1) + 2ab^2tw(x+2)(x-1),$$

$$U_2(k) = U(1) = 2b^4wx(2+x)(1-x) + 2a^2ct^2(x-11) - 2b^4cx + 21a^2t^2w(1-x) + 2ab^2ct(19x+4) + ab^2tw(48x^2 - 43x - 21) + aqt(1-x)(3x+4) + b^2qt(12x^2 - 6x - 7).$$

当 $U_1(k) > 0, U_2(k) < 0$ 时, $U(k)$ 在两端点异号. 由于 $U(k)$ 为在 $k \in [0, 1]$ 内是连续函数, 所以至少存在一点 \bar{k}_i , 使得 $U(\bar{k}_i) = 0$. 证毕.

同理可证(2).

命题5的证明

分别求出式(11)中 π^c 关于 p_1, p_2, s_1, s_2 的混合二阶偏导, 得Hesse矩阵

$$\mathbf{H}(p_1, p_2, s_1, s_2) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_1 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_1 \partial s_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_1 \partial s_2} \\ \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_2^2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_2 \partial s_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_2 \partial s_2} \\ \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_1 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_1 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_1^2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_1 \partial s_2} \\ \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_2 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_2 \partial s_1} & \frac{\partial^2 \pi^c}{\partial s_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2a(k+1) & 2k & k(b+1) & -kb \\ 2ak & -2a(k+1) & -kb & k(b+1) \\ k(b+1) & -kb & -t & 0 \\ -kb & k(b+1) & 0 & -t \end{bmatrix}.$$

由于 $\frac{\partial^2 \pi^c}{\partial p_1^2} < 0, |\mathbf{H}_2| > 0$, 而 $|\mathbf{H}_3| = -8a^2tk - 4a^2t + 4ab^2k^2 + 4abk^2 + 2ak^3 + 2ak^2, |\mathbf{H}_4| = 8a^2tk^2 + 4a^2t^2 - 8ab^2k^2t - 8abtk^2 - 4atk^3 - 4atk^2 + 4b^2k^4 + 4bk^4 + k^4$. 要使得达到整体最优, 必须有 $|\mathbf{H}_3| < 0$ 和 $|\mathbf{H}_4| > 0$ 同时成立. 求解不等式组, 可得. 证毕.

命题6的证明

分别求出 π^c 关于 p_1, p_2, s_1, s_2 的一阶偏导数, 同时令它们为0, 求解方程组

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi^c}{\partial p_1} = 0, \\ \frac{\partial \pi^c}{\partial p_2} = 0, \\ \frac{\partial \pi^c}{\partial s_1} = 0, \\ \frac{\partial \pi^c}{\partial s_2} = 0, \end{cases} \quad (23)$$

即可得式(12). 证毕.

命题7的证明

将式(12)中两产品的最优服务相减, 得

$$s_1^{c*} - s_2^{c*} = \frac{-ab(c-w)(1+2k)}{2at - b^2(2k+1)}. \quad (24)$$

只需要综合分析 $c-w$ 和 $b^2(2k+1) - 2at$ 的情况. 令 $b^2(2k+1) - 2at = 0$, 得 $k = \frac{at}{b^2} - \frac{1}{2} = \underline{k}$. 当 $c-w > 0$, 且 $k > \frac{at}{b^2} - \frac{1}{2}$ 时, $s_1^{c*} - s_2^{c*} > 0$; 而当 $k < \frac{at}{b^2} - \frac{1}{2}$ 时, $s_1^{c*} - s_2^{c*} < 0$. 同理可证 $c-w < 0$ 的情况. 证毕.

同理可证命题9

命题8的证明

对式(24)的绝对值求关于产品替代率 k 的一阶导数得

$$\text{当 } c-w > 0 \text{ 且 } k < \underline{k} \text{ 时, } \frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} = \frac{2at(c-w)}{[2at - (2k+1)b^2]^2} > 0;$$

$$\text{当 } c-w > 0 \text{ 且 } k > \underline{k} \text{ 时, } \frac{\partial (s_1^{c*} - s_2^{c*})}{\partial k} = \frac{-2at(c-w)}{[2at - (2k+1)b^2]^2} < 0.$$

同理可求 $c-w < 0$ 的情况. 证毕.

同理可证命题10.