

基于零售商创新投入的双渠道供应链协调策略

李宗活^{1†}, 杨文胜¹, 陈信同²

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211106)

摘要: 针对制造商在传统实体渠道的基础上积极开辟网络渠道的双渠道供应链,从消费者效用理论角度构建单一渠道和双渠道供应链 Stackelberg 博弈模型,在零售商创新投入和消费者渠道偏好扰动因素下,探讨制造商开辟网络渠道形成的渠道竞争效应,寻求供应链系统的组合优化策略,通过一个双重协调机制改善供应链运作效率. 研究表明:批发价格、零售价格及创新投入水平的最优组合策略可实现供应链优化;制造商和零售商利润均与创新投入水平呈特定函数关系;网络渠道的引进可降低零售商定价和利润,减少实体渠道市场份额,但总需求增加;双重协调机制可缓解渠道冲突. 最后通过数值仿真结果验证了协调机制的可行性.

关键词: 效用理论; 创新投入; 双渠道供应链; 协调机制; Stackelberg 博弈; 竞争效应

中图分类号: F272

文献标志码: A

Coordination strategy based on retailer innovative input in dual-channel supply chains

LI Zong-huo^{1†}, YANG Wen-sheng¹, CHEN Xin-tong²

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China; 2. School of Economic and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China)

Abstract: Aiming at the double-channel supply chain where the manufacturer adds a network channel together with the traditional entity channel, the Stackelberg game models of single-channel and dual-channel supply chains are constructed from the perspective of consumer utility theory. Under the disturbance of retailer innovation input level and consumer channel preference, the channel competition effect formed by the open up of network channel is analyzed and the optimization strategy in supply chain is found. Then a double coordination mechanism is proposed to improve the operations efficiency of supply chain. The results show that there is an optimal combination of wholesale price, retail price and innovation input level to achieve supply chain optimization. Manufacturer and retailers' profits have a certain function relationship with the innovation input. With the introduction of network channel, the retailer pricing, profit and the market share of entity channel will be cut down while the total demand is increased. The channel conflict can be alleviated through the double coordination mechanism which is verified by a numerical simulation.

Keywords: utility theory; innovative input; dual-channel supply chains; coordination mechanism; Stackelberg game; competition effect

0 引言

随着电子商务和信息技术的迅猛发展,消费群体个性化需求不断增强,单一实体供应渠道已经不能满足转型的消费需求,快速、便捷、高效的网络销售渠道迎合了消费者的个性偏好,越来越多的制造企业在巩固传统销售渠道的基础上积极开拓网络销售渠道. 网络直销渠道不仅在成本、价格上存在优势,还可提高实体店服务水平,减少实体店单方面控制作用^[1]. 在此环境下,网络渠道与传统实体渠道并存的双渠道模式已成为当今企业营销的一大特点,这对供

应链管理提出了更高的要求.

双渠道供应链管理问题首先应明确供应链主导者. 大多数研究将制造商视为主导者,零售商视为跟随者^[2-3]. 不同主导者下的双渠道供应链研究集中于最优定价及销售策略问题^[4-5]. 最优定价往往以集中决策为基准寻求均衡策略,因此,对比集中决策与分散决策以挖掘潜在盈利方式成为研究热点^[6]. 实际上,集中式和分散式决策分歧点在于理性经济人的利己行为,其在双渠道供应链中演变为渠道竞争问题. 制造商引进网络直销渠道必然给传统零售渠

收稿日期: 2018-01-13; 修回日期: 2018-03-13.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71771122); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(15YJA630087).

[†]通讯作者. E-mail: lizonghuo@163.com.

道带来冲击, 引发供应链上下游企业间的双重边际化^[7]. 探索缓解渠道冲突和双重边际化的方法成为双渠道供应链节点企业面临的难题. 在此背景下, 双渠道供应链协调应运而生.

学者们运用不同的协调方式处理渠道冲突和双重边际化问题. 梁昌勇等^[8]从成本分担视角通过技术努力成本和赔偿成本分摊机制协调云服务供应链; 徐朗等^[9]采用改进的成本分担契约使双渠道供应链中再制造商的减排水平达到集中决策水平; Kong等^[10]从收益共享视角通过收益共享契约协调供应链成员的利益关系. 其他的协调方式有批发价契约^[11]、两部收费协调契约^[12]、补偿契约^[13]等.

整理以上文献发现仍有需要深入分析的问题: 1) 渠道协调策略多从单一协调方式展开, 基于双方共同努力的协调模式可能有不一样的效果; 2) 开辟网络渠道产生的渠道效应较少通过对比单一渠道与双渠道的策略异同进行揭示; 3) 双渠道供应链研究较少将零售商创新投入作为传统实体渠道应对网络渠道的手段. Cho等^[14]认为, 零售商创新投入可有效协调渠道; Kim等^[15]将上游供应商创新投入成本问题纳入到供应链收益分析中. 实际上, 相关研究对创新投入的价值界定比较模糊, 这里将创新投入定义为决策者进行技术创新、营销模式创新, 以及不断在内部物流、库存等模式上投入的努力. 例如: 电商平台投入大数据新型分析技术来进行个性化商品推荐, 联想直接面对客户进行营销模式创新^[16]、海尔对“一流三网”的物流及库存模式的创新^[17]等. 这些创新投入在一定程度上能挖掘顾客潜在需求, 在激烈的渠道竞争中生存并寻得更大的利润空间.

对此, 本文将零售商创新投入引入到渠道竞争中. 在以消费为导向的“拉动式”供应链管理模式下, 切实从消费者效用出发分析供应链策略是应有的研究路径. 由此, 基于消费者效用理论, 拓展消费者需求函数, 构建单一渠道和双渠道供应链 Stackelberg 博弈模型, 探讨零售商创新投入和消费者渠道偏好扰动下的渠道竞争效应, 并通过一个双方共同努力的双重协调策略改善供应链运作效率.

1 问题描述和模型假设

研究由一个主导型制造商、一个零售商及消费者组成的供应链系统, 如图1所示. 制造商一方面通过实体零售渠道以批发价格 p_w 将产品分销给零售商, 零售商据此以零售价格 p_r 卖给消费者; 另一方面, 制造商积极开拓网络直销渠道, 以价格 p_e 在网络渠道销售产品. 不失一般性, 实体渠道的零售价格大于

网络渠道产品价格, 即 $p_r > p_e$. 零售商通过创新投入应对网络渠道的冲击, 与制造商进行基于各自利益的 Stackelberg 博弈. 为协调渠道冲突, 制造商与零售商达成双重协调契约, 其作用机制为: 制造商对零售商的创新投入进行投资, 以比例 $(1 - \varphi)$ 分担零售商创新投入成本, 为提高制造商投资积极性, 零售商以固定的 f 补偿给制造商.

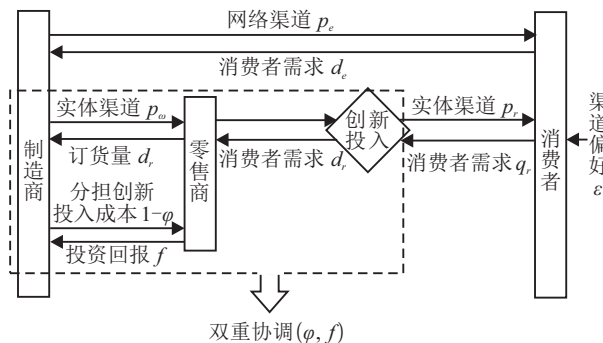


图1 双渠道供应链系统

2 双渠道共存的市场格局

根据 Chiang^[18] 效用模型, 假设市场规模为1, 消费者通过实体渠道购买产品获得的效用为 $U_r = V - p_r$, 其中消费者对产品的估价 V 服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布. 消费者通过网络渠道购买产品获得的效用为 $U_e = \varepsilon\lambda V - p_e$. 其中: $\varepsilon(0 \leq \varepsilon \leq 1)$ 为消费者对网络渠道的偏好系数^[3]; $\lambda(0 < \lambda \leq 1)$ 为损失规避系数, 刻画因产品的外观或质量与预期存在差异而产生的风险规避行为^[19].

通过消费者的产品效用函数刻画消费者基本需求, 消费者购买渠道的选择取决于效用大小. 当 $U_r > U_e > 0$, 即 $V > \max\{p_r, \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda}\}$ 时, 消费者通过实体渠道购买产品, 此时实体渠道基本需求为 $q_r = \int_{\max\{p_r, \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda}\}}^1 1dv = 1 - \max\{p_r, \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda}\}$; 当 $U_e > U_r > 0$, 即 $\frac{p_e}{\varepsilon\lambda} < V < \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda}$ 时, 推导可得 $p_r > \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$, 消费者通过网络渠道购买产品, 此时网络渠道基本需求为 $q_e = \int_{\frac{p_e}{\varepsilon\lambda}}^{\frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda}} 1dv = \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} - \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$; 当 $U_r = U_e$ 时, 消费者在两个渠道购买产品的效用无差异; 当 $U_r < 0$ 且 $U_e < 0$ 时, 消费者不购买, 并退出市场.

零售商通过创新投入吸引消费者, 设每单位水平创新投入对需求变动的的影响系数为 δ , 零售商创新投入成本^[20] 为 $0.5be^2$. 其中: e 为创新投入水平, b 为创新投入成本系数, 通过 δe 刻画零售商创新投入给实体渠道带来的需求增量. 因此, 总需求函数在基本需求的基础上扩展为基本需求与创新投入获得的需求增长之和. 由此可得实体渠道和网络渠道的消费者需求函数

$$d_r = \begin{cases} 1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + \delta e, & p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}; \\ 1 - p_r + \delta e, & p_r < \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}. \end{cases} \quad (1)$$

$$d_e = \begin{cases} \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} - \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}, & p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}; \\ 0, & p_r < \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}. \end{cases} \quad (2)$$

当 $p_r < \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$ 时,所有的消费者从实体渠道购买产品,为单一零售渠道市场格局;当 $p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$ 时,消费者可根据效用选择相应的渠道,为双渠道市场格局。

3 模型构建和分析

3.1 单一零售渠道博弈模型

根据需求函数,当 $p_r < \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$ 时,市场为单一零售渠道格局,市场需求为 $(1 - p_r + \delta e)$. 制造商和零售商博弈机理为:制造商首先在第1阶段进行 p_w 决策;给定 p_w ,零售商在第2阶段进行 p_r 和 e 决策. 制造商决策问题为

$$\begin{aligned} \max_{p_w} \pi_m &= (1 - p_r + \delta e)p_w. \\ \text{s.t. } \max_{p_r, e} \pi_r &= (1 - p_r + \delta e)(p_r - p_w) - 0.5be^2; \\ p_w > 0, p_r > 0, e &\geq 0, p_r < \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}. \end{aligned} \quad (3)$$

由逆向归纳法求解最优反应. 解的唯一性证明过程比较简单,故略。

海塞矩阵表明 π_r 是 (p_r, e) 的严格凹函数,其一阶最优反应为

$$p_r^* = \frac{(b - \delta^2)p_w + b}{2b - \delta^2}, e^* = \frac{\delta(1 - p_w)}{2b - \delta^2}. \quad (4)$$

由此可得制造商利润函数

$$\pi_m = \frac{b(1 - p_w)p_w}{2b - \delta^2}. \quad (5)$$

再通过 π_m 对 p_w 的一阶条件及变量反代,最终可得博弈系统的优化结论如下:单一零售渠道存在 $p_r^{S*} = \frac{3b - \delta^2}{2(2b - \delta^2)}$ 与 $e^{S*} = \frac{\delta}{2(2b - \delta^2)}$ 的组合策略,可使供应链利润最大,且有 $\pi_r^{S*} = \frac{b}{8(2b - \delta^2)}$, $\pi_m^{S*} = \frac{b}{4(2b - \delta^2)}$, $\pi_T^{S*} = \frac{3b}{8(2b - \delta^2)}$.

命题1 零售商创新投入水平越高,零售商定价越高;零售商利润和供应链总利润均随创新投入水平的增大先增后减,制造商利润则先减后增。

证明 通过逆向归纳及一阶条件获得 e 与 p_r 、 π_r 、 π_m 、 π_T 的函数关系,即

$$\begin{aligned} p_r^* &= \frac{3b(\delta e + 1)}{4}, \pi_r^* = \frac{(\delta e + 1)^2 - 8be^2}{16}, \\ \pi_m^* &= \frac{(\delta e + 1)^2}{8}, \pi_T^* = \frac{3(\delta e + 1)^2 - 8be^2}{16}. \end{aligned} \quad (6)$$

1) $\frac{\partial p_r^*}{\partial e} = \frac{3\delta}{4} > 0$,零售商创新投入水平越高,零

售商定价越高。

2) $\frac{\partial \pi_r^{*2}}{\partial e^2} = \frac{\delta^2 - 8b}{8}$,根据以上分析可知,存在 $2b -$

$\delta^2 > 0$,推导可得 $\delta^2 - 8b < 0$,即 $\frac{\partial \pi_r^*}{\partial e} < 0$,零售商利润与创新投入水平呈现凸函数关系. 因创新投入成本呈指数增加,当创新投入水平较低时,成本较小,由创新投入带来的增量收益大于创新投入成本,利润增大;反之,成本增速较大时,增量收益无法抵偿创新投入成本,利润降低。

3) $\frac{\partial \pi_m^{*2}}{\partial e^2} = \frac{\delta(1 + \delta e)}{4} > 0$,制造商利润与创新投入呈凹函数关系. 当创新投入水平较低时,零售商以较低创新投入成本获得较高的收益,具有优势地位,而制造商处于弱势地位,利润减小. 当创新投入水平较高时,零售商创新投入成本较大,处于弱势地位,制造商获得更多的创新投入溢出效应,利润增大。

4) $\frac{\partial \pi_T^{*2}}{\partial e^2} = \frac{3\delta^2 - 8b}{8}$,推导可得 $3\delta^2 - 8b < 0$,即

$\frac{\partial \pi_T^*}{\partial e^2} < 0$,供应链总利润与创新投入水平呈凸函数关系. 当创新投入水平较低时,零售商利润增大幅度大于制造商利润减少幅度,供应链总利润增加;反之,零售商利润降低幅度大于制造商利润升高幅度,供应链总利润降低. □

3.2 制造商引进网络渠道的双渠道博弈模型

由需求函数可知,当 $p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$ 时,市场为双渠道供应链格局,实体和网络渠道的需求分别为 $d_r = 1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + \delta e$, $d_e = \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} - \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}$. 制造商和零售商博弈机理为:制造商首先在第1阶段进行 p_w 和 p_e 决策;给定 p_w 和 p_e ,零售商在第2阶段进行 p_r 和 e 决策. 制造商决策问题为

$$\begin{aligned} \max_{p_e, p_w} \pi_m &= \left(1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + \delta e\right)p_w + \\ &\quad \left(\frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} - \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}\right)p_e. \\ \text{s.t. } \max_{p_r, e} \pi_r &= \\ &\quad \left(1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + \delta e\right)(p_r - p_w) - 0.5be^2; \\ p_r > p_e > 0, p_w > 0, e &\geq 0, p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}. \end{aligned} \quad (7)$$

由逆向归纳法求解最优反应. 解的唯一性证明过程比较简单,故略。

海塞矩阵表明 π_r 是 (p_r, e) 的严格凹函数,其一阶最优反应为

$$\begin{aligned} p_r^* &= \frac{(b - \delta^2 + \varepsilon\lambda\delta^2)p_w + bp_e + b(1 - \varepsilon\lambda)}{2b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}, \\ e^* &= \frac{\delta(p_e - p_w + 1 - \varepsilon\lambda)}{2 - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}. \end{aligned} \quad (8)$$

由 p_r^*, e^* 表达式可知, 在给定 p_e, p_w 的情况下, 存在以下推论.

推论 1 1) $\frac{\partial p_r^*}{\partial \delta} > 0$, 2) $\frac{\partial p_r^*}{\partial \varepsilon} > 0$, 3) $\frac{\partial e^*}{\partial \delta} > 0$.

证明 1) $\frac{\partial p_r^*}{\partial \delta} = [2\delta(1 - \varepsilon\lambda)(p_e - p_w) + 2\delta(1 - \varepsilon\lambda)] / (2 - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2 > 0$, 即单位创新投入对需求变动的的影响系数越大, 零售商的产品定价越高. 创新投入迎合了消费者的产品需求, 需求量越大, 产品供不应求, 零售商定价越高.

2) $\frac{\partial p_r^*}{\partial \varepsilon} = -\frac{2\lambda + \lambda\delta^2(p_e - p_w)}{(2 - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} < 0$, 即消费者对网络渠道的偏好越高, 零售商的产品定价越低. 当消费者更倾向于通过网络渠道购买产品时, 实体渠道零售商通过降价策略吸引顾客, 增加市场需求.

3) $\frac{\partial e^*}{\partial \delta} = \frac{(2 + \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))(p_e - p_w + 1 - \varepsilon\lambda)}{(2 - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} > 0$, 即单位创新投入对需求变动的的影响系数越大, 零售商的创新投入水平越高. 当单位创新投入带来较大的市场需求时, 零售商愿意提高创新投入水平赢取更大的市场份额. □

将 p_r^*, e^* 代入制造商利润函数, 并通过一阶条件以及变量反代可以得到如下博弈系统的优化结论: 双渠道供应链存在 $p_r^{D*} = \frac{2b(3 - \varepsilon\lambda)}{8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}$, $p_e^{D*} = \frac{4b\varepsilon\lambda}{8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}$ 和 $e^{D*} = \frac{\delta(1 - \varepsilon\lambda)}{8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}$ 组合策略使供应链利润最大, 其中有

$$\begin{aligned} \pi_r^{D*} &= \frac{b(1 - \varepsilon\lambda)}{2(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))}, \\ \pi_m^{D*} &= \frac{8b^2(1 + \varepsilon\lambda)}{(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2}, \\ \pi_T^{D*} &= \frac{16b^2(1 + \varepsilon\lambda) + b(1 - \varepsilon\lambda)(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))}{(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2}. \end{aligned}$$

3.3 制造商引进网络渠道的渠道效应

3.3.1 创新投入的扰动作用

推论 2 1) $\frac{\partial e^{D*}}{\partial b} < 0$, 2) $\frac{\partial p_r^{D*}}{\partial b} < 0$, 3) $\frac{\partial p_e^{D*}}{\partial b} < 0$.

证明 1) $\frac{\partial e^{D*}}{\partial b} = -\frac{8\delta(1 - \varepsilon\lambda)}{(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} < 0$, 即消费者创新投入成本系数越大, 零售商的创新投入水平越低. 较高的创新投入成本系数降低了零售商创新投入积极性, 进而降低了创新投入水平.

2) $\frac{\partial p_r^{D*}}{\partial b} = -\frac{2\lambda^2(1 - \varepsilon\lambda)(3 - \varepsilon\lambda)}{(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} < 0$, 即消费者创新投入成本系数越大, 零售商的产品定价越低. 在渠道竞争环境下, 较高的创新投入成本系数使零售商的创新投入竞争力较低, 创新投入积极性降低, 较低的创新投入水平迫使其通过降价来吸引消费者.

3) $\frac{\partial p_e^{D*}}{\partial b} = -\frac{4\varepsilon\lambda\delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}{(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} < 0$, 即消费

者创新投入成本系数越大, 制造商的网络渠道定价越低. 创新投入成本系数较高时, 零售商会降低实体渠道的产品定价, 这就会引发渠道间的价格竞争, 网络渠道的产品价格也会降低. □

命题 2 随着创新投入水平的增大, 零售商利润先增后减, 制造商利润先减后增; 供应链总利润与创新投入水平的关系随 $\delta^2(3 + \varepsilon\lambda) - 8b$ 的正负性而定.

证明 1) 由以上分析可得零售商利润与创新投入水平的函数关系为

$$\pi_r^{D*} = \frac{(1 - \varepsilon\lambda)(1 + \delta e)^2 - 8be^2}{16}. \quad (9)$$

二阶偏导 $\frac{\partial^2 \pi_r^{D*}}{\partial e^2} = \frac{\delta^2(1 - \varepsilon\lambda) - 8b}{8}$, 又存在 $8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda) > 0$, 则 $\frac{\partial^2 \pi_r^{D*}}{\partial e^2} < 0$, 即零售商利润与零售商创新投入水平呈凸函数关系, 其经济原理与单一供应渠道情形一致, 在此不再赘述.

2) 制造商利润与创新投入水平的函数关系为

$$\pi_m^{D*} = \frac{(1 + \varepsilon\lambda)(1 + e\delta)^2}{8}. \quad (10)$$

二阶偏导 $\frac{\partial^2 \pi_m^{D*}}{\partial e^2} = \frac{\delta(1 + \varepsilon\lambda)}{4} > 0$, 即制造商利润与创新投入水平呈凹函数关系, 同理其经济原理与单一供应渠道情形一致.

3) 供应链总利润与创新投入水平的函数关系为

$$\pi_T^{D*} = \frac{(3 + \varepsilon\lambda)(1 + e\delta)^2 - 8be^2}{16}. \quad (11)$$

二阶导数 $\frac{\partial^2 \pi_T^{D*}}{\partial e^2} = \frac{\delta^2(3 + \varepsilon\lambda) - 8b}{8}$, 当 $\delta^2(3 + \varepsilon\lambda) - 8b > 0$ 时, 两者呈凹函数关系, 当 $\delta^2(3 + \varepsilon\lambda) - 8b < 0$ 时, 两者呈凸函数关系. 观察表达式 $\delta^2(3 + \varepsilon\lambda) - 8$, 当单位创新投入获得的需求变动系数和消费者网络渠道偏好较大, 且创新投入成本系数较小时, 表达式为正, 此时随着创新投入水平增大, 供应链总利润先减后增. 原因在于零售商创新投入的前期回报主要用于抵偿耗用的创新投入成本, 还无法获取盈余收益, 总利润减少, 但随着创新投入的增加, 零售商的创新投入带来可观的市场需求, 获得较高的投资收益, 供应链总利润提高, 因此呈现凹函数关系, 反之则呈现凸函数关系. □

3.3.2 渠道竞争效应

命题 3 制造商引进网络渠道后, 实体渠道的市场需求减小, 但供应链总需求增大.

证明 下面对比双渠道与单一零售渠道的需求表达式:

$$1) d_r^{D*} - d_r^{S*} = \frac{-b\delta^2(3 + \varepsilon\lambda)}{2(2b - \delta^2)(8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))} <$$

0. 制造商引进网络渠道后, 网络渠道瓜分了有限的市场份额, 实体渠道需求量减少.

$$2) d_T^{D*} - d_T^{S*} = \frac{8b^2(1-\delta^2) + b\delta^2(1-\varepsilon\lambda)}{2(2b-\delta^2)(8b-\delta^2(1-\varepsilon\lambda))} >$$

0. 制造商引进网络渠道后, 市场总需求增加. 网络渠道的引进迎合了消费者偏好, 网络渠道的需求增量大于实体渠道的需求减量, 即 $|\Delta d_e| > |\Delta d_r|$, 总需求增加. \square

命题4 制造商引进网络渠道后, 零售商实体渠道产品定价降低, 创新投入水平降低, 零售商利润降低.

证明 下面对比双渠道与单一零售渠道的产品定价、创新投入和零售商利润表达式:

$$1) p_r^{D*} - p_r^{S*} = -\frac{2\delta^2(1-\varepsilon\lambda)(b+\delta^2) + 16\varepsilon\lambda b^2}{2(2b-\delta^2)(8b-\delta^2(1-\varepsilon\lambda))} <$$

0. 制造商引入网络渠道后, 零售商通过低价策略来维系实体渠道竞争力, 零售商产品定价降低.

$$2) e^{D*} - e^{S*} = -\frac{2b\delta(4-2(1-\varepsilon\lambda)) + \delta^3(1-\varepsilon\lambda)}{2(2b-\delta^2)(8b-\delta^2(1-\varepsilon\lambda))}$$

< 0 . 零售商在单一零售渠道的创新投入可获得预期收益, 而网络渠道的开辟使制造商获得零售商创新投入利好, 渠道竞争环境下, 创新投入存在的溢出效应使零售商创新投入积极性降低. 可见, 作为追随者, 在提高自身竞争力的同时, 会给主导者带来一定的收益.

$$3) \pi_r^{D*} - \pi_r^{S*} = -\frac{b\delta^2(7-3\varepsilon\lambda)}{8(2b-\delta^2)(8b-\delta^2(1-\varepsilon\lambda))} <$$

0. 制造商网络渠道的引进降低了零售商的利润. \square

综上可知, 制造商引进网络渠道迎合了消费者偏好, 增加了市场需求, 但网络渠道的引入对传统实体渠道造成了较大的冲击. 有必要探索有效的双渠道利益协调策略, 以减轻网络渠道对实体渠道的冲击, 维系双渠道供应链生态均衡.

4 双渠道供应链双重协调策略

4.1 双重协调策略模型

采用一个基于博弈双方共同努力的双重协调策略实现供应链生态均衡, 双方以契约形式 (φ, f) 进行渠道协调. 制造商与零售商的 Stackelberg 博弈机理为: 双方达成双重协调契约后, 制造商在第1阶段进行 p_w 和 p_e 决策; 给定 p_w 和 p_e , 零售商在第2阶段进行 p_r 和 e 决策. 则制造商决策问题为

$$\begin{aligned} \max_{p_e, p_w} \pi_m &= \left(1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + e\delta\right)p_w + \\ &\quad \left(\frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} - \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}\right)p_e - 0.5(1 - \varphi)be^2 + f. \\ \text{s.t. } \max_{p_r, e} \pi_r &= \left(1 - \frac{p_r - p_e}{1 - \varepsilon\lambda} + e\delta\right)(p_r - p_w) - \\ &\quad 0.5\varphi be^2 - f; \\ p_r &> p_e > 0, p_w > 0, e \geq 0, p_r \geq \frac{p_e}{\varepsilon\lambda}. \end{aligned} \quad (12)$$

根据逆向求解法可知, π_r 对 p_r 和 e 的一阶最优反

应为(解的存在唯一性同上, 在此不作详述)

$$\begin{aligned} p_r^* &= \frac{(b\varphi - \delta^2 + \varepsilon\lambda\delta^2)p_w + bp_e\varphi + b\varphi(1 - \varepsilon\lambda)}{2b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}, \\ e^* &= \frac{\delta(p_e - p_w + 1 - \varepsilon\lambda)}{2b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}. \end{aligned} \quad (13)$$

将 p_r^* 、 e^* 代入制造商利润函数, 并通过利润函数对 p_e 、 p_w 的一阶条件和变量反代解得双重协调策略下的最优解, 即

$$\begin{aligned} p_r^{D*'} &= \frac{2b\varphi(3 - \varepsilon\lambda)}{8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}, \\ e^{D*'} &= \frac{\delta(1 - \varepsilon\lambda)}{8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}, \\ p_e^{D*'} &= \frac{4b\varepsilon\lambda\varphi}{8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)}. \end{aligned} \quad (14)$$

可得零售商、制造商和供应链总利润为

$$\begin{aligned} \pi_r^{D*'} &= \frac{b\varphi(1 - \varepsilon\lambda)}{2(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))} - f, \\ \pi_m^{D*'} &= \frac{16b^2\varphi^2(1 + \varepsilon\lambda) - b\delta^2(1 - \varphi)(1 - \varepsilon\lambda)^2}{2(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} + f, \\ \pi_T^{D*'} &= \frac{16b^2\varphi^2(1 + \varepsilon\lambda) + b(1 - \varepsilon\lambda)(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))}{2(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2}. \end{aligned} \quad (15)$$

命题5 存在最优创新投入成本分担比例和投资补偿区间, 使制造商、零售商和供应链总利润均增大.

证明 1) 供应链总利润的变化量为 $\Delta\pi = \pi_T^{D*'} - \pi_T^{D*}$, 令 $\Delta\pi > 0$, 解得 φ 的取值范围为 $(\underline{\varphi}, \bar{\varphi})$, 其中有

$$\begin{aligned} \underline{\varphi} &= \frac{[8b(1 - \varepsilon\lambda)(bA^2 + 2B\delta^2) - \sqrt{64b^2(1 - \varepsilon\lambda)^2(bA^2 + 2B\delta^2)^2 - C}]}{(128b^2(1 - \varepsilon\lambda)^2(bA^2 + 2B\delta^2)^2)}, \\ \bar{\varphi} &= \frac{[8b(1 - \varepsilon\lambda)(bA^2 + 2B\delta^2) + \sqrt{64b^2(1 - \varepsilon\lambda)^2(bA^2 + 2B\delta^2)^2 - C}]}{(128b^2(1 - \varepsilon\lambda)^2(bA^2 + 2B\delta^2)^2)}. \end{aligned} \quad (16)$$

这里

$$\begin{aligned} A &= 8b - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda), \\ B &= 16b^2(1 + \varepsilon\lambda) + bA(1 - \varepsilon\lambda), \\ C &= 4(64Bb^2 - 16b^2A^2(1 + \varepsilon\lambda))(bA^2\delta^2(1 - \varepsilon\lambda)^2 + B\delta^4(1 - \varepsilon\lambda)^2). \end{aligned}$$

综合 $\varphi \in (0, 1)$ 的取值范围可知, 当 φ 的取值满足 $\varphi^* \in (\max(0, \underline{\varphi}), \min(1, \bar{\varphi}))$ 时, 供应链总利润增大, 创新投入成本分担机制可有效协调双渠道供应链.

2) 实现双渠道供应链系统的优化需保证零售商

和制造商利润均得到提高,即

$$\Delta\pi_r^* = \pi_r^{D*'} - \pi_r^{D*} > 0, \Delta\pi_m^* = \pi_m^{D*'} - \pi_m^{D*} > 0.$$

可解得 f 的取值范围为 $\underline{f} < f < \bar{f}$, 其中

$$\underline{f} = \frac{1}{2A^2(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))^2} \{bA^2\delta^2(1 - \varphi)(1 - \varepsilon\lambda)^2 + 16b^2(1 + \varepsilon\lambda)(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda)^2) - 16b^2\varphi^2 A^2(1 + \varepsilon\lambda)\},$$

$$\bar{f} = \frac{b(1 - \varphi)}{2A(8b\varphi - \delta^2(1 - \varepsilon\lambda))}. \quad (17)$$

可知, 当满足 $f^* \in (\max(0, \underline{f}), \bar{f})$ 时, 零售商和制造商的利润均增大。

综合 1) 和 2) 的分析可知, 双渠道系统以 (φ^*, f^*) 的契约形式达成双重供应链协调时, 供应链成员及总体利润均得到提高, 缓解了渠道冲突, 改善了双渠道供应链的运作效率。□

4.2 双重协调策略数值算例

1) 为了进一步验证双渠道供应链双重协调机制的可行性, 对上述模型进行算例分析。结合实际设定相关参数如下: $b = 0.6, \varepsilon = 1, \lambda = 0.8, \delta = 1$ 。将参数代入以上模型, 得到不同协调策略下的供应链总利润如图 2 所示。

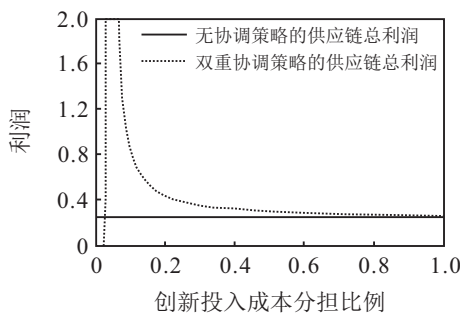


图 2 不同协调策略的供应链总利润

由图 2 可知, 当创新投入成本分担比例为 $\varphi \in (0.04, 1)$ 时, 即制造商分担创新投入成本比例为 $1 - \varphi \in (0, 0.96)$ 时, 双重协调策略的供应链总利润大于无协调策略的供应链总利润, 其中制造商创新投入成本分担比例的左界限为 0, 说明只要制造商与零售商达成契约, 就可提高供应链总利润, 可见成本分担契约具有较好的协调效用。

2) 考察 φ 的取值分别为 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 时, 固定投资补偿取值范围, 趋势如图 3 所示。

由图 3 可知, 制造商获得的固定投资补偿存在最优区间, 在此区间内, 零售商和制造商利润均大于无协调策略的零售商和制造商利润, 说明固定投资补偿

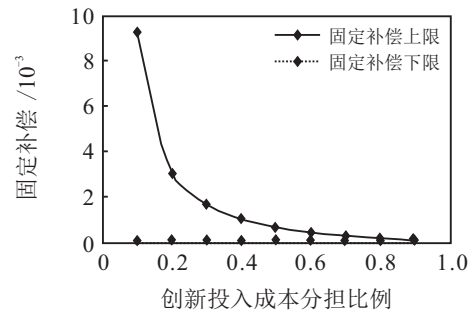


图 3 不同成本分担比例下的固定投资补偿界限

的双渠道协调模式可有效实现协调。观察可发现, 随着创新投入成本分担比例的增大, 固定投资补偿上限逐渐减小。这是因为随着零售商承担的创新投入成本分担比例增大, 零售商承担的创新投入成本越大, 零售商利润越低, 合作积极性越低, 愿意支付的固定补偿减小。

综合上述分析, 当同时满足创新投入成本分担比例和制造商固定补偿区间要求时, 双重协调策略可同时提高零售商、制造商及供应链总利润。相较其他协调机制^[8-9], 双重协调机制的成本分担比例具有更大的调节幅度, 制造商与零售商的契约选择弹性更宽, 可见双重协调机制在缓解供应链渠道冲突、改善双渠道供应链运作效率上具有一定的优势。

5 结论

网络销售渠道以其便捷、实惠、多选择性等特点迎合了消费者偏好, 获得了巨大的发展契机, 但网络渠道的开辟对实体渠道产生了重要影响。本文基于消费者效用理论, 研究了制造商引进网络渠道、零售商进行创新投入的两阶段 Stackelberg 博弈行为, 分析了双渠道供应链协调策略问题。研究的管理启示揭示如下:

1) 对零售商而言, 可通过创新投入增加消费者效用, 获得价格优势 and 市场份额。早期的创新投入可获得低成本和产品差异化优势, 利润增大, 但由于创新投入成本呈指数增长, 且随着渠道竞争的愈发激烈, 过多的创新投入反而降低利润。

2) 对制造商而言, 可通过网络渠道的引进扩大市场需求, 迫使零售商降低实体渠道产品定价, 赢取增量利润。早期的零售商创新投入使制造商处于弱势地位, 利润降低, 随着创新投入的增大, 制造商获得更多的创新投入溢出效应, 利润增大。

3) 对消费者而言, 渠道间的竞争使消费者获得产品价格、质量上的红利。实际上, 消费者可向外界传递网络渠道偏好信息, 以获取更高的实体渠道价格红利, 进而获得更多的创新溢出效应。

4) 从整个供应链系统角度而言, 双方可通过协

商恰当的创新投入成本分担和投资补偿合作机制协调双方利益关系,在维系双渠道供应链生态均衡的同时,提高供应链运作效率。

未来的研究可从不确定情形考虑,如需求不确定性、决策者类型不确定性、信息不确定性等。另外,大数据背景下,可将数据分析及建模技术应用于供应链需求预测及消费者类型识别中。这些问题将是未来的探索方向。

参考文献(References)

- [1] Chen J, Zhang H, Sun Y. Implementing coordination contracts in a manufacturer Stackelberg dual-channel supply chain[J]. *Omega*, 2012, 40(5): 571-583.
- [2] Hsieh C C, Chang Y L, Wu C H. Competitive pricing and ordering decisions in a multiple-channel supply chain[J]. *Int J of Production Economics*, 2014, 154(4): 156-165.
- [3] 曹晓刚, 郑本荣, 闻卉. 考虑顾客偏好的双渠道闭环供应链定价与协调决策[J]. *中国管理科学*, 2015, 23(6): 107-117.
(Cao X G, Zheng B R, Wen H. Pricing and coordination decision of the dual channel closed-loop supply chain considering the customer preference[J]. *Chinese J of Management Science*, 2015, 23(6): 107-117.)
- [4] Li B, Chen P, Li Q, et al. Dual-channel supply chain pricing decisions with a risk-averse retailer[J]. *Int J of Production Research*, 2014, 52(23): 7132-7147.
- [5] Panda S, Modak N M, Sana S S, et al. Pricing and replenishment policies in dual-channel supply chain under continuous unit cost decrease[J]. *Applied Mathematics & Computation*, 2015, 256(4): 913-929.
- [6] Hsieh C C, Chang Y L, Wu C H. Competitive pricing and ordering decisions in a multiple-channel supply chain[J]. *Int J of Production Economics*, 2014, 154(4): 156-165.
- [7] Boyaei T. Competitive stocking and coordination in a multi-channel distribution system[J]. *IIE Trans*, 2005, 37(5): 407-427.
- [8] 梁昌勇, 叶春森. 基于努力和赔偿成本分摊机制的云服务供应链协调[J]. *中国管理科学*, 2015, 23(5): 82-88.
(Liang C Y, Ye C S. Research on coordinating cloud service supply chain based on the apportioning mechanism of the cost of effort and compensation[J]. *Chinese J of Management Science*, 2015, 23(5): 82-88.)
- [9] 徐朗, 汪传旭, 施陈玲, 等. 不同契约机制下考虑再制造的双渠道供应链决策[J]. *控制与决策*, 2017, 32(11): 2005-2012.
(Xu L, Wang C X, Shi C L, et al. Decision of dual-channel supply chain under different incentive mechanisms considering remanufacturing[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(11): 2005-2012.)
- [10] Kong G, Rajagopalan S, Zhang H. Revenue sharing and information leakage in a supply chain[J]. *Management Science*, 2013, 59(3): 556-572.
- [11] Cao E, Ma Y, Wan C, et al. Contracting with asymmetric cost information in a dual-channel supply chain[J]. *Operations Research Letters*, 2013, 41(4): 410-414.
- [12] 浦徐进, 李栋栋, 王执杰. 考虑参照价格效应的双渠道供应链协调机制设计[J]. *控制与决策*, 2017, 32(7): 1273-1278.
(Pu X J, Li D D, Wang Z J. Coordination mechanism of dual-channel supply chains considering reference price effect[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(7): 1273-1278.)
- [13] 王先甲, 周亚平, 钱桂生. 生产商规模不经济的双渠道供应链协调策略选择[J]. *管理科学学报*, 2017, 20(1): 17-31.
(Wang X J, Zhou Y P, Qian G S. The selection of dual-channel supply chain coordination strategy considering manufacturer' diseconomies of scale[J]. *J of Management Science in China*, 2017, 20(1): 17-31.)
- [14] Cho K R, Gerchak Y. Supply chain coordination with downstream operating costs: Coordination and investment to improve downstream operating efficiency[J]. *European J of Operational Research*, 2005, 162(3): 762-772.
- [15] Kim B. Coordinating an innovation in supply chain management[J]. *European J of Operational Research*, 2005, 123(3): 568-584.
- [16] 陈树桢, 熊中楷, 李根道, 等. 考虑创新补偿的双渠道供应链协调机制研究[J]. *管理工程学报*, 2011, 25(2): 45-52.
(Chen S Z, Xiong Z K, Li G D, et al. Coordination mechanisms based on strategic innovative compensation in dual-channel supply chains[J]. *J of Engineering Management*, 2011, 25(2): 45-52.)
- [17] 汪鸣. 物流管理模式创新及推广——评《海尔物流创新模式: 一流三网》[J]. *综合运输*, 2004, 1: 86-87.
(Wang M. Innovation and promotion of logistics management mode——Comments on Haier logistics innovative model: First-rate and three-net[J]. *China Transportation Review*, 2004, 1: 86-87.)
- [18] Chiang W Y K, Chhajed D, Hess J D. Direct marketing, indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design[J]. *Management Science*, 2003, 49(1): 1-20.
- [19] Chen K Y, Kaya M, Özer Özalp. Dual sales channel management with service competition[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2008, 10(4): 654-675.
- [20] D'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and nocooperative R&D in duopoly with spillovers[J]. *The American Economic Review*, 1988, 78(5): 1133-1137.

作者简介

李宗活(1989—), 男, 博士生, 从事物流与供应链管理的研究, E-mail: lizonghuo@163.com;

杨文胜(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理研究, E-mail: wensheng_yang@163.com;

陈信同(1990—), 男, 博士生, 从事供应链管理、闭环供应链的研究, E-mail: chenxintong@nuaa.edu.cn.