

不同合作模式下考虑产品 参考质量的双渠道供应链 质量决策

黄 腾*, 贡文伟

江苏大学管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年2月20日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年4月14日

摘 要

本文以两个品牌商与一个零售商组成的双渠道供应链为研究对象, 研究了品牌商产品质量投入与服务成本分担率, 零售商进行服务投入水平的微分博弈模型, 在不同合作方式下比较了各方的最优均衡策略并得到了利润。研究发现: 在一个品牌商选择与零售商合作时, 该品牌商的产品质量和零售商的服务质量达到所有情况下的最大值, 另一个品牌商与零售商的服务成本分担系数达到最大值; 在两个品牌商合作时, 品牌商的产品质量和零售商的服务质量最低。随着消费者参考质量系数的增加, 线下渠道的销售量会增加, 线上渠道的销售量会减少。

关键词

不同合作模式, 参考质量, 双渠道供应链, 微分博弈

Dual-Channel Supply Chain Quality Decision-Making Considering Product Reference Quality under Different Cooperation Models

Teng Huang*, Wenwei Gong

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Feb. 20th, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Apr. 14th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 黄腾, 贡文伟. 不同合作模式下考虑产品参考质量的双渠道供应链质量决策[J]. 电子商务评论, 2025, 14(4): 621-630. DOI: 10.12677/ecl.2025.144929

Abstract

This paper takes a dual-channel supply chain composed of two brand manufacturers and one retailer as the research object, and studies the differential game model of brand manufacturers' product quality investment and service cost-sharing rate, and the retailer's service investment level. Under different cooperation modes, the optimal equilibrium strategies of all parties and their profits are compared. The research finds that when one brand manufacturer chooses to cooperate with the retailer, the product quality of this brand manufacturer and the service quality of the retailer reach the maximum value in all cases, and the service cost-sharing coefficient of the other brand manufacturer and the retailer reaches the maximum value; when the two brand manufacturers cooperate, the product quality of the brand manufacturers and the service quality of the retailer are the lowest. As the consumer reference quality coefficient increases, the sales volume of the offline channel will increase, and the volume of the online channel will decrease.

Keywords

Different Modes of Cooperation, Reference Quality, Dual-Channel Supply Chain, Differential Games

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着电子商务的迅猛发展及消费者需求的多样化,越来越多的制造商的销售模式开始从传统单一的线下零售渠道转变为线上渠道和线下零售渠道相结合的双渠道销售模式。多个品牌商拥有同一零售商的模式普遍存在,例如在百货商场中可能会销售多种品牌的同类产品。此外,消费者对于产品的需求不再只是关注价格,更关注于产品质量和购物体验。品牌商为了迎合消费者的需求,加大产品的质量投入并积极帮助零售商提高其服务质量水平投入,以达到“高质量、优服务”的口碑,因此研究不同合作方式下的双渠道供应链产品质量投入和服务质量水平分担具有一定的理论价值和意义。

产品质量、服务水平以及品牌商誉是驱动消费者线下购物需求的关键因素。而当消费者转向线上购物时,产品质量参考效应则成为影响其购买决策的重要因素。在消费者对产品属性缺乏了解的情况下,他们会依据品牌商誉、其他消费者的评价以及个人的过往购物经验来预期产品质量,这一预期即为参考质量水平。若实际购买的产品质量高于消费者的预期,将对需求产生积极的推动作用;反之,若产品质量低于预期,则会对需求造成不利影响。小米汽车某款车型在上市初期,因其创新的技术、豪华的配置以及强大的品牌影响力,吸引了大量消费者的关注。消费者购买后发现,该车型的驾驶体验、续航里程以及智能化功能均远超个人预期。因此,李先生在社交媒体上积极分享自己的购车体验,称赞特斯拉的高品质。这一正面口碑迅速传播,使得特斯拉该车型的销量大幅增长,市场需求持续旺盛。反之,如果新能源汽车的质量水平低于消费者预期,如续航里程严重缩水、频繁出现故障等,将会对需求产生负面影响。例如,某些新能源汽车品牌因电池技术不成熟,导致车辆实际续航里程远低于宣传数值,引发了大量消费者的投诉和不满,进而影响了该品牌的销量和市场份额。

已有研究对供应链中的参考质量效应进行了探讨。例如,李保勇等[1]在农超对接背景下研究了消费

者参考质量效应对需求的影响,发现参考质量效应能够激励农村合作社提高农产品质量。纪雅杰等[2]和马德青等[3]分别研究了滞后效应下和不同公平偏好下的质量决策。王翠霞等[4]等构建了考虑参考质量效应的区域品牌农产品供应链模型,得出了不同情形下生产商、经销商和零售商的最优努力组合。刘凤根[5]研究了供应链断链风险下的质量决策。马勇等[6]则聚焦于平台契约,考虑不同情形下的物流模式选择。任廷海等[7]和刘丽丽等[8]研究了不同情形下的供应链定价决策和质量决策。高鹏等[9]在双渠道供应链中引入区块链技术,探讨了区块链对线下渠道服务水平的影响。本文在构建模型时也考虑了参考效应对需求的影响,分析了不同情境下供应链成员的质量均衡策略及线上线下渠道的需求变化。

2. 问题描述与模型假设

本文研究由两个品牌商和一个零售商构成的双渠道供应链。两个品牌商生产可替代产品,且质量投入不同。品牌商通过线上线下两种渠道销售相同产品,线下渠道通过同一零售商销售。为了提高市场份额,品牌商增加了产品质量投入,并为零售商分担部分服务成本,以激励其提供更好的服务,如产品介绍、现场体验和安装调试等。品牌商决策质量投入水平和服务成本分担率,零售商则决策两个产品的服务投入水平。供应链结构如下图1所示。

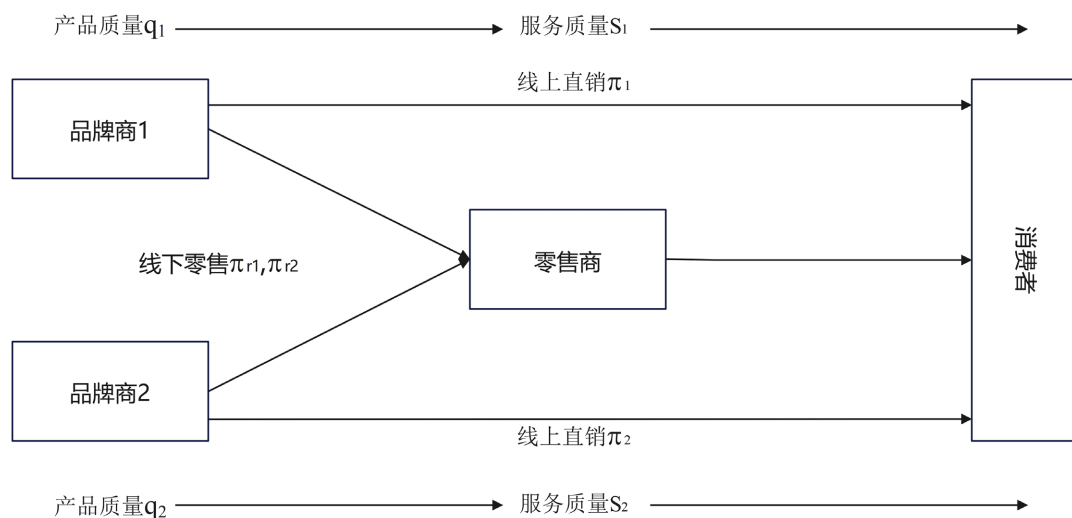


Figure 1. Supply chain model diagram

图 1. 供应链模型图

假设 1: t 时刻品牌商 $i(i=1,2)$ 质量投入为 $q_i(t)$, 则质量投入成本为 $C_{q_i}(t) = \theta_i q_i^2(t)/2$, t 时刻零售商对产品 i 的服务投入为 $s_i(t)$, 则零售商的服务投入成本努力为 $C_{s_i}(t) = \mu s_i^2(t)/2$ 。

其中, θ_i 为品牌商 i 的质量投入成本系数, μ 为零售商对产品 i 的服务成本投入系数。

假设 2: 品牌商 1 的质量投入效率高于品牌商 2 的质量投入效率, 即 $0 < \theta_1 < \theta_2$ 。令 $k = \theta_1/\theta_2$ ($0 < k < 1$) 表示两个品牌商成本投入效率的差异水平, k 越小表示两个品牌商的质量投入效率差异越大, 反之 k 越大表示两个品牌商的质量投入效率越接近。

假设 3: 假设消费者在购买某一品牌产品前, 会对该品牌的质量水平有一个基本评判, 我们称之为参考质量水平, 消费者预期一个拥有良好品牌商誉的企业将会提供高质量产品。Hellofs 等以及 He 等提出, 参考质量水平 $R_q(t)$ 的评判依赖于产品商誉 $G(t)$, 并认为某一品牌的产品质量水平与其品牌商誉正相关。即:

$$R_i(t) = \xi G_i(t) \quad (1)$$

假设 4: 品牌商的产品质量水平越高, 越能收获消费者认可, 因此产品品牌商誉与产品本身质量水平密切相关。而质量水平的策略制定是一个长期的过程, 品牌商誉也是一个动态变化的过程, 消费者参考质量水平也会随之变化。参考 Nerlove-Arrow 的商誉动力学方程, 品牌商誉 $G(t)$ 为状态变量, 其表示为:

$$\dot{G}_i(t) = \lambda(q_i(t) - R_i(t)) - \delta G_i(t), i=1,2 \quad (2)$$

其中, $G_i(0)$ 为初始时刻企业的品牌商誉。 δ 表示商誉的自然衰退率, 设初始商誉为 $G_i(0) = G_{0i} \geq 0$ 。公式的含义为: 当品牌商 i 的产品质量水平高于消费者参考质量时, 产品质量水平能够满足消费者需求, 达到消费者的预期, 此时会给品牌商誉带来正向影响。反之, 当制造商 i 的产品质量水平低于消费者参考质量时, 产品质量水平未能消费者的预期, 此时会给品牌商誉带来负面影响。将式(1)代入式(2), 产品品牌商誉的变化为

$$\dot{G}_i(t) = \lambda q_i(t) - (\delta + \lambda \xi) G_i(t), i=1,2 \quad (3)$$

假设 5: 在双渠道供应链中, 两个品牌商同时采用在传统渠道和网络渠道销售产品, 则产品 i 在传统渠道和网络渠道的需求函数分别为:

$$D_{di}(t) = (1-u)a_i + \beta_1 G_i(t) + \beta_2 (G_i(t) - G_{3-i}(t)) + \varepsilon (q_i - \xi G_i) \quad (4)$$

$$D_{ri}(t) = ua_i + \alpha_1 q_i(t) + \alpha_2 (q_i(t) - q_{3-i}(t)) + \beta_1 G_i(t) + \beta_2 (G_i(t) - G_{3-i}(t)) + \eta_1 s_i(t) + \eta_2 (s_i(t) - s_{3-i}(t)) \quad (5)$$

其中, 下标 d, r 分别为网络渠道和传统渠道。 u 为传统渠道市场占有率且满足 $0 < u < 1$, a_i 表示产品 i 的潜在市场需求, $\alpha_1, \beta_1, \eta_1$ 分别表示制造商质量努力, 产品商誉, 零售商服务水平, 参考质量效应对需求的影响系数, $\alpha_2, \beta_2, \eta_2$ 表示两产品质量, 商誉, 零售商服务水平之间的竞争系数, 且满足

$\alpha_1 > \alpha_2, \beta_1 > \beta_2, \eta_1 > \eta_2$ 。

假设 6: 制造商 i 通过网络渠道和传统渠道销售产品获得的边际利润分别为 π_{di}, π_{ri} , 零售商销售两个产品获得的边际利润均为 π_r , 并且假设边际利润均为外生变量。

假设 7: 两个制造商和零售商具有相同的贴现因子 $\rho (\rho > 0)$, 在无限时间范围内制造商和零售商均追求自身利润最大化, 其中制造商 i 的质量水平 $q_i(t)$ 、服务成本分担率 $\varphi_i(t)$ 及零售商的服务努力 $s_i(t)$ 为决策变量, 商誉 $G_i(t)$ 为状态变量, 制造商 i 和零售商的长期利润分别为:

$$\max J_{m_i} = \int_0^\infty e^{-\rho t} [\pi_{di} D_{di}(t) + \pi_{ri} D_{ri}(t) - C_{qi}(t) - \varphi_i(t) C_{si}(t)] dt \quad (6)$$

$$\max J_r = \int_0^\infty e^{-\rho t} \sum_1^2 [\pi_r D_{ri}(t) - (1 - \varphi_i(t)) C_{si}(t)] dt \quad (7)$$

3. 模型分析

3.1. 全合作模式(FC 类型)

此种情形下, 两个品牌商和零售商紧密合作, 品牌商和零售商间不再存在服务成本分担, 共同决定产品质量水平和零售商的服务努力。供应链的决策目标是最大化三个个体的长远利益总和, 该种情况用右上角表 FC 来标记。供应链整体的决策问题为:

$$\max J_s = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\pi_{d1} D_{d1} + (\pi_{r1} + \pi_r) D_{r1} + \pi_{d2} D_{d2} + (\pi_{r2} + \pi_r) D_{r2} - \frac{1}{2} \theta_1 q_1^2 - \frac{1}{2} \theta_2 q_2^2 - \frac{1}{2} \mu (s_1^2 + s_2^2) \right] dt \quad (8)$$

在集中模型下双渠道供应链微分博弈的均衡结果为:

品牌的商誉的最优轨迹为:

$$G_i(t) = \left[G_i - \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r + E} \right) \right] e^{-Et} + \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r + E} \right)$$

品牌商和零售商的最优均衡策略为:

$$q_i^{FC*} = \frac{1}{\theta_i} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r + E} \right)$$

$$s_i^{FC*} = \frac{(\pi_r + \pi_{ri})\eta_1 + (\pi_{ri} - \pi_{r(3-i)})\eta_2}{\mu}$$

供应链整体利润为

$$J^* = \sum_{i=1}^2 \left[(1-u)a_i \pi_{di} + u a_i (\pi_r + \pi_{ri}) + \frac{2\theta_i - 1}{2\theta_i^2} \left(A_i + D_i + \frac{\lambda(B_i - \xi D_i)}{r + C} \right)^2 + G_i \left(B_i - \xi D_i - \frac{C(B_i - \xi D_i)}{r + C} \right) - \frac{[(\pi_r + \pi_{ri})\eta_1 + (\pi_{ri} - \pi_{r(3-i)})\eta_2]^2}{2\mu} \right]$$

其中 $A_i = \varepsilon \pi_{di}$, $B_i = \pi_{ri}(\alpha_1 + \alpha_2)$, $C_i = (\beta_1 + \beta_2)(\pi_{ri} + \pi_{di})$, $D_i = -(\pi_{ri} + \pi_{di})\beta_2$, $E_i = \delta + \lambda \xi$

推论 1: 在全合作模式下, 各决策变量与参数存在以下关系: (1) 零售商服务努力与正相关, 与负相关; (2) 品牌商质量投入与成正相关, 与成负相关。

3.2. 竞争模式(D 类型)

该情形下品牌商和零售商以自身长期利润最大化为目标, 进行三方 Stackelberg 博弈, 用右上角表 D 标记。决策顺序为: 首先, 品牌商同时决策质量水平和服务成本分担率; 然后, 零售商在品牌商决策的基础上决定对两个产品的服务努力。两个品牌商和一个零售商的决策问题为:

$$\max J_{mi} = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\pi_{di} D_{di} + \pi_{ri} D_{ri} - \frac{1}{2} \theta_i q_i^2 - \frac{1}{2} \phi_i \mu s_i^2 \right] dt \quad (9)$$

$$\max J_r = \int_0^\infty e^{-\rho t} \sum_{i=1}^2 \left[\pi_r D_{ri} - \frac{1-\phi_i}{2} \mu s_i^2 \right] dt \quad (10)$$

品牌商的商誉的最优轨迹为:

$$G_i(t) = \left[G_{0i} - \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i)}{r + E} \right) \right] e^{-Et} + \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i)}{r + E} \right)$$

品牌商和零售商的最优均衡策略为:

$$q_i^{D*} = \frac{1}{\theta_i} \left(A_i + B_i + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i)}{r + E} \right)$$

$$\varphi_i^{D*} = 1 - \frac{2\pi_r\eta_1}{\pi_r\eta_1 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2)}$$

$$s_i^{D*} = \frac{\pi_r\eta_1 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2)}{2\mu}$$

品牌商利润和零售商利润分别为:

$$J_{mi}^* = (1-u)a_i\pi_{di} + ua_i\pi_{ri} + \frac{1}{2\theta_i} \left(E_i + D_i + \frac{\lambda(F_i - \xi D_i)}{r+C} \right)^2$$

$$- \frac{\alpha_2(\pi_{ri} + \pi_{di})}{\theta_{3-i}} \left(E_{3-i} + D_{3-i} + \frac{\lambda(F_{3-i} - \xi D_{3-i})}{r+C} \right)$$

$$+ G_i \left(F_i - \frac{C(F_i - \xi D_i)}{r+C} - \xi D_i \right) - G_{3-i}(\pi_{ri} + \pi_{di})$$

$$+ \frac{\pi_{ri}\eta_2 [\pi_r\eta_1 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2)]}{2\mu} + \frac{[2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2) + \pi_r\eta_1]^2}{8\mu}$$

$$J_r^* = \sum_{i=1}^2 \left[u\pi_r a_i + \frac{1}{\theta_i} \left(E_i + D_i + \frac{\lambda(F - \xi D_i)}{r+C} \right) \left(\frac{\pi_r\beta_1}{r+C} + \pi_r\alpha_1 \right) \right.$$

$$\left. + G_i \left(-\frac{\pi_r\beta_1 C}{r+C} + \pi_r\beta_1 \right) + \frac{\pi_r\eta_1(\pi_r\eta_1 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2))}{4\mu} \right]$$

推论 2: 在分散模式下, 各决策变量与参数存在以下关系: (1) 零售商服务努力 s_i^{D*} 与 π_r 、 π_{ri} 、 η_1 、 η_2 正相关, 与 μ 负相关; (2) 服务成本分担率 φ_i^{D*} 与 π_{ri} 、 η_2 正相关, 与 π_r 、 η_1 负相关; (3) 品牌商质量投入 q_i^{D*} 与 α_1 、 α_2 、 β_1 、 β_2 、 π_{ri} 、 π_{di} 正相关, 与 θ_i 成负相关。

3.3. 横向合作模式(HC 类型)

此种情形下, 两个品牌商以整体长期利润最大化为目标用右上角表 MC 标记。决策顺序为: 两个合作的品牌商首先决策产品的质量水平和服务成本分担率, 然后品牌商根据制造商的决策确定两个产品的服务努力。两个品牌商组成的整体和零售商的决策问题分别为:

$$\max J_{m_1+m_2} = \int_0^\infty e^{-\rho t} \sum_{i=1}^2 \left[\pi_{di} D_{di} + \pi_{ri} D_{ri} - \frac{1}{2} \theta_i q_i^2 - \frac{1}{2} \varphi_i \mu s_i^2 \right] dt \quad (11)$$

$$\max J_r = \int_0^\infty e^{-\rho t} \sum_{i=1}^2 \left[\pi_r D_{ri} - \frac{1-\varphi_i}{2} \mu s_i^2 \right] dt \quad (12)$$

品牌商的商誉的最优轨迹为:

$$G_i(t) = \left[G_{0i} - \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r+E} \right) \right] e^{-Et}$$

$$+ \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r+E} \right)$$

品牌商和零售商的最优均衡策略为:

$$q_i^{HC*} = \frac{1}{\theta_i} \left(A_i + B_i - \pi_{r(3-i)} \alpha_2 + \frac{\lambda(C_i + D_{3-i} - \xi A_i)}{r + E} \right)$$

$$\phi_i^{HC*} = 1 - \frac{2\pi_r \eta_1}{\pi_r \eta_1 - 2\pi_{r(3-i)} \eta_2 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2)}$$

$$s_i^{HC*} = \frac{\pi_r \eta_1 - 2\pi_{r(3-i)} \eta_2 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2)}{2\mu}$$

品牌商整体利润和零售商利润分别为:

$$J_m^* = \sum_{i=1}^2 \left[(1-u) a_i \pi_{di} + u a_i \pi_{ri} + \frac{1}{2\theta_i} \left(H_i + D_i + \frac{\lambda(J_i - \xi D_i)}{r + C} \right)^2 \right. \\ \left. + G_i \left(J_i - \xi D_i - \frac{C(J_i - \xi D_i)}{r + C} \right) + \frac{(\pi_r \eta_1 - 2\pi_{r(3-i)} \eta_2 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2))^2}{8\mu} \right]$$

$$J_r^* = \sum_{i=1}^2 \left[u \pi_r a_i + \frac{1}{\theta_i} \left(H_i + D_i + \frac{\lambda(J_i - \xi D_i)}{r + C} \right) \left(\frac{\pi_r \beta_1}{r + C} + \pi_r \alpha_1 \right) \right. \\ \left. + G_i \left(-\frac{\pi_r \beta_1 C}{r + C} + \pi_r \beta_1 \right) + \frac{\pi_r \eta_1 (\pi_r \eta_1 - 2\pi_{r(3-i)} \eta_2 + 2\pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2))}{4\mu} \right]$$

推论 3: 在横向合作模式下, 各决策变量与参数存在以下关系: (1) 零售商服务努力 s_i^{HC*} 与 π_r 、 π_{ri} 、 η_1 正相关, 与 $\pi_{r(3-i)}$ 、 μ 负相关; (2) 服务成本分担率 ϕ_i^{HC*} 与 $\pi_{r(3-i)}$ 负相关, 当 $\pi_{ri}/\pi_{r(3-i)} < 1$ 时, 与 η_1 成正相关, 与 η_2 成负相关, 当 $\pi_{ri}/\pi_{r(3-i)} > 1$ 时, 与 η_2 成正相关, 与 η_1 成正相关; (3) 品牌商质量投入 q_i^{HC*} 与 α_1 、 β_1 、 π_{ri} 、 π_{di} 成正相关, 与 θ_i 、 $\pi_{r(3-i)}$ 、 $\pi_{d(3-i)}$ 成负相关。

3.4. 纵向合作模式(VC 类型)

该情形下品牌商与零售商紧密合作, 品牌商和零售商间不再存在成本分担, 用右上角标 HC 标记。在半合作模式下, 一个品牌商与零售商合作与另一个品牌商进行博弈, 此时两个品牌商的权力结构不再对等。假设和零售商合作的品牌商其产品的质量水平和服务水平分别为和, 另一个品牌商的质量投入水平和服务水平分别为和。决策顺序为: 品牌商确定产品质量水平和服务分担率, 然后品牌商和零售商确定产品的质量水平和两个产品的服务努力。品牌商、零售商组成的整体和品牌商的决策问题分别为:

$$\max J_{m_i+r} = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\pi_{di} D_{di} + \pi_{ri} D_{ri} + \sum_{i=1}^2 \pi_r D_{ri} - \frac{1}{2} \theta_i q_i^2 - \frac{1}{2} \mu s_1^2 - \frac{1}{2} \phi_2 \mu s_2^2 \right] dt \quad (13)$$

$$\max J_{m(3-i)} = \int_0^\infty e^{-\rho t} \left[\pi_{d(3-i)} D_{d(3-i)} + \pi_{d(3-i)} D_{d(3-i)} - \frac{1}{2} \theta_{3-i} s_{3-i}^2 - \frac{1-\phi_2}{2} \mu s_2^2 \right] dt \quad (14)$$

品牌商的商誉的最优轨迹为:

$$G_i(t) = \left[G_{0i} - \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i + \pi_r \beta_1)}{r + E} \right) \right] e^{-Et} + \frac{1}{\theta_i E} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i + \pi_r \beta_1)}{r + E} \right)$$

$$G_{3-i}(t) = \left[G_{0(3-i)} - \frac{1}{\theta_{3-i} E} \left(A_{3-i} + B_{3-i} + \frac{\lambda(C_{3-i} - \xi A_{3-i})}{r + E} \right) \right] e^{-Et} + \frac{1}{\theta_{3-i} E} \left(A_{3-i} + B_{3-i} + \frac{\lambda(C_{3-i} - \xi A_{3-i})}{r + E} \right)$$

品牌商和零售商的最优均衡策略为:

$$\begin{aligned} q_i^{VC*} &= \frac{1}{\theta_i} \left(A_i + B_i + \pi_r \alpha_1 + \frac{\lambda(C_i - \xi A_i + \pi_r \beta_1)}{r + E} \right) \\ q_{3-i}^{VC*} &= \frac{1}{\theta_{3-i}} \left(A_{3-i} + B_{3-i} + \frac{\lambda(C_{3-i} - \xi A_{3-i})}{r + E} \right) \\ \phi_{3-i}^{VC*} &= \frac{-\pi_r \eta_1 + \pi_{ri} \eta_2 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2)}{\pi_r \eta_1 - \pi_{ri} \eta_2 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2)} \\ s_i^{VC*} &= \frac{\pi_r \eta_1 + \pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2)}{\mu} \\ s_{3-i}^{VC*} &= \frac{\pi_r \eta_1 - \pi_{ri} \eta_2 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2)}{2\mu} \end{aligned}$$

品牌商 i 与零售商合作整体和品牌商 $3-i$ 利润分别为:

$$\begin{aligned} J_{3-i}^* &= (1-u)a_{3-i}\pi_{d(3-i)} + ua_{3-i}\pi_{r(3-i)} - \frac{\alpha_2 K_{3-i}}{\theta_i} \left(\pi_r \alpha_1 + D_i + E_i + \frac{\lambda(F_i - \xi D_i + \pi_r \beta_1)}{r + C} \right) \\ &\quad + \frac{1}{2\theta_{3-i}} \left(D_{3-i} + E_{3-i} + \frac{\lambda(F_{3-i} - \xi D_{3-i})}{r + C} \right)^2 - G_i K_{3-i} \beta_2 + G_{3-i} \left(F_{3-i} - \xi D_{3-i} - \frac{C(F_{3-i} - \xi D_{3-i})}{r + C} \right) \\ &\quad - \frac{\pi_{r(3-i)} \eta_2 (\pi_r \eta_1 + \pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2))}{\mu} + \frac{(\pi_r \eta_1 - \pi_{ri} \eta_2 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2))^2}{8\mu} \\ J_{i+r}^* &= u(a_1 + a_2)\pi_r + (1-u)a_i\pi_{di} + ua_i\pi_{ri} \\ &\quad + \frac{1}{2\theta_i} \left(\pi_r \alpha_1 + D_i + E_i + \frac{\lambda(F_i - \xi D_i + \pi_r \beta_1)}{r + C} \right) \left(\pi_r \alpha_1 + D_i + E_i + \frac{\lambda(\pi_r \beta_1 - 2K_{3-i} - F_i + \xi D_i)}{r + C} \right) \\ &\quad + \frac{1}{\theta_{3-i}} \left(D_{3-i} + E_{3-i} + \frac{\lambda(F_{3-i} - \xi D_{3-i})}{r + C} \right) \left(\pi_r \alpha_1 - \alpha_2 K_i + \frac{\lambda(F_i - \xi D_i + \pi_r \beta_1)}{r + C} \right) \\ &\quad + G_1 \left(\pi_r \alpha_1 + E_i - \xi D_i - \frac{C(\pi_r \beta_1 - K_{3-i})}{r + C} \right) + G_2 \left(\pi_r \beta_1 - \beta_2 K_i - \frac{C(F_i - \xi D_i + \pi_r \beta_1)}{r + C} \right) \\ &\quad + \frac{(\pi_r \eta_1 + \pi_{ri}(\eta_1 + \eta_2))^2}{2\mu} + \frac{(\pi_r \eta_1 - \pi_{ri} \eta_2)(\pi_r \eta_1 - \pi_{ri} \eta_2 + 2\pi_{r(3-i)}(\eta_1 + \eta_2))}{4\mu} \end{aligned}$$

推论 4: 在纵向合作模式下, 各决策变量与参数存在以下关系: (1) 零售商服务努力 s_i^{VC*} 与 π_r 、 π_{ri} 、 η_1 、 η_2 正相关, 与 μ 负相关; 零售商服务努力 s_{3-i}^{VC*} 与 π_r 、 $\pi_{r(3-i)}$ 、 η_1 正相关, 与 π_{ri} 、 μ 负相关; (2) 服务成本分担率 ϕ_{3-i}^{VC*} 与 π_{ri} 、 η_2 成正相关, 与 π_r 、 η_1 负相关, 当 $\pi_{ri}\eta_2 > \pi_r\eta_1$ 时, $\phi_i^{HC*} = 0$; (3) 品牌商质量投入 q_i^{VC*} 与 α_1 、 α_2 、 β_1 、 β_2 、 π_r 、 π_{ri} 、 π_{di} 成正相关, 与 θ_i 成负相关。品牌商质量投入 q_{3-i}^{VC*} 与 α_1 、 α_2 、 β_1 、 β_2 、 π_{ri} 、 π_{di} 成正相关, 与 θ_{3-i} 成负相关。

4. 对比分析

4.1. 质量决策对比

$$\text{当满足 } \pi_r \geq \frac{\lambda(\pi_{d(3-i)} + \pi_{r(3-i)})\beta_2 + (r + \delta + \lambda\xi)\alpha_2\pi_{r(3-i)}}{(r + \delta + \lambda\xi)\alpha_1 + \lambda\beta_1} \text{ 时, } q_i^{HC*} < q_i^{D*} = q_{3-i}^{VC*} \leq q_i^{FC*} < q_i^{VC*}$$

当满足 $\pi_r < \frac{\lambda(\pi_{d(3-i)} + \pi_{r(3-i)})\beta_2 + (r + \delta + \lambda\xi)\alpha_2\pi_{r(3-i)}}{(r + \delta + \lambda\xi)\alpha_1 + \lambda\beta_1}$ 时, $q_i^{HC*} < q_i^{FC*} < q_i^{D*} = q_{3-i}^{VC*} < q_i^{VC*}$

当两个品牌商选择合作时, 此时他们的质量均衡解在所有情景中最低, 说明此时的市场竞争较弱, 品牌商不需要投入过多的成本生产高质量产品, 制造商合作会形成一定程度的垄断, 导致最终的产品质量偏低。当一个品牌商选择与零售商合作时, 其质量投入达到最高, 此时另一个品牌商也被迫提高其产品质量来维持自己的市场份额。

4.2. 服务决策对比

将不同合作方式下的服务质量均衡解做差, 可得到 s_i^{FC*} 为最大值, 为 s_i^{HC*} 最小值, 其他三种情况下的服务可根据图 2 确定大小关系;

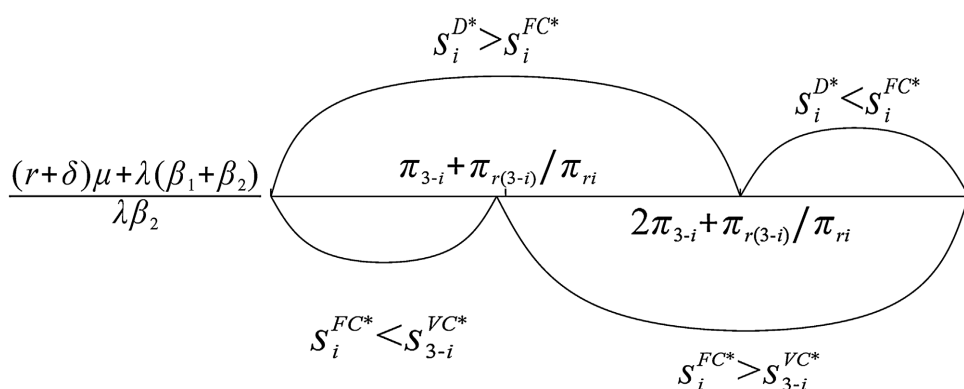


Figure 2. Comparative analysis of service decisions

图 2. 服务决策比较分析图

当满足 $0 < \frac{\pi_r\eta_1}{\pi_{r(3-i)}\eta_2} < 1$ 时, $s_i^{HC*} < s_i^{FC*} < s_{3-i}^{VC*} < s_i^{D*} < s_i^{VC*}$ 。

当满足 $1 \leq \frac{\pi_r\eta_1}{\pi_{r(3-i)}\eta_2} < 2$ 时, $s_i^{HC*} < s_{3-i}^{VC*} \leq s_i^{FC*} < s_i^{D*} < s_i^{VC*}$ 。

当满足 $\frac{\pi_r\eta_1}{\pi_{r(3-i)}\eta_2} \geq 2$ 时, $s_i^{HC*} < s_{3-i}^{VC*} < s_i^{D*} \leq s_i^{FC*} < s_i^{VC*}$ 。

由上面的分析可知, 当两个品牌商合作时, 此时零售商的服务努力成本最低, 这是因为此时两个品牌商的产品质量都偏低, 零售商没有动力帮助品牌商销售产品。当一个品牌商与零售商合作时, 零售商对该品牌商产品的服务努力最高, 因为此时该品牌商与零售商高度合作, 二者利益息息相关。

4.3. 成本分担系数对比

将不同合作方式下的服务质量均衡解做差, 可得到 φ_{3-i}^{VC*} 为最大值, 为 φ_i^{HC*} 最小值

$$\varphi_i^{HC*} < \varphi_i^{D*} < \varphi_{3-i}^{VC*}$$

当两个品牌商合作时, 此时品牌商的服务成本分担率最低, 这是因为此时零售商的服务努力较低, 品牌商没有看到零售商的诚意, 也不愿过多帮零售商分担其服务成本。当一个品牌商与零售商合作时, 另一个零售商的服务成本分担率最高, 这是因为此时的供应链未合作的品牌商处于劣势, 他为了争夺市场只能帮零售商分担较高的服务成本。

5. 结论

本文聚焦于由两个品牌商和一个零售商构成的双渠道供应链系统, 系统性地探究了在不同合作模式下, 同时考虑产品参考质量因素时, 供应链的质量决策问题。借助微分博弈模型这一方法, 全面剖析了多种情况下品牌商在产品质量投入、服务成本分担比例方面的决策, 以及零售商在服务投入的决策, 并在多种合作框架下对比了各方的利润结构。

研究揭示, 当单个品牌商与零售商携手合作时, 该品牌的产品质量及零售商的服务质量均能达到峰值, 与此同时, 另一品牌商与零售商之间的服务成本分担比例亦达到最高点。此结果表明, 品牌商与零售商间的深度协作对于推动产品质量与服务水准的跃升具有显著效果, 进而有助于增强整个供应链的市场竞争力。相反, 当两个品牌商之间展开合作时, 无论是品牌商的产品质量还是零售商的服务质量均展现出最低水平。这或许归因于品牌商间的合作引发了一定程度的市场垄断现象, 削弱了市场竞争的激烈程度, 进而减弱了对提升产品质量与服务水平的内在驱动力。

此外, 本文还着重指出, 消费者的参考质量水平在供应链成员的决策制定过程中扮演着举足轻重的角色。具体而言, 消费者的参考质量系数上升时, 品牌商提升商誉的意愿随之增强。同时, 随着消费者参考质量系数的不断提升, 线下销售渠道的销量呈现增长趋势, 而线上销售渠道的销量则相应下滑。

致 谢

在学校的培养下, 我得以深入研究供应链竞合与质量决策领域, 不断积累学术知识和实践经验。特别感谢学院的老师们, 他们的悉心指导和无私帮助使我在学术道路上不断成长。同时, 也要感谢我的同学们, 他们的陪伴和支持让我在求学路上充满动力。

参考文献

- [1] 李保勇, 马德青, 戴更新, 等. 考虑参考质量效应的“农超对接”供应链动态质量改进策略[J]. 运筹与管理, 2021, 30(5): 52-59.
- [2] 纪雅杰, 马德青, 胡劲松. 消费者参考质量存在时滞效应的动态质量改进策略[J]. 山东大学学报(理学版), 2020, 55(9): 89-101.
- [3] 马德青, 胡劲松. 参考质量效应下公平、利他偏好对供应链质量和营销策略的影响[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(7): 1752-1766.
- [4] 王翠霞, 李雅琴, 陈艳. 参考质量效应下品牌农产品质量、保鲜和营销策略的动态绩效仿真[J/OL]. 系统工程理论与实践: 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2267.N.20241217.2346.008.html>, 2025-02-09.
- [5] 刘凤根, 刘东赐, 欧阳资生, 等. 供应中断风险承担策略下供应链产品质量决策[J]. 系统科学与数学, 2023, 43(11): 3011-3028.
- [6] 马勇, 张翠华. 考虑产品质量决策的平台销售契约和物流模式选择策略[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2023, 44(6): 880-888.
- [7] 任廷海, 刘开璇, 王大飞. 考虑公平关切的软件服务供应链定价与服务质量决策[J]. 数学的实践与认识, 2024, 54(8): 73-88.
- [8] 刘丽丽, 李医中. 基于区块链技术的知识付费产品供应链的定价及质量决策研究[J/OL]. 系统工程: 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1115.n.20241023.1827.008.html>, 2025-02-09.
- [9] 高鹏, 聂佳佳, 朱宾欣, 等. 双渠道竞争下考虑消费者隐私关注的区块链技术采用策略[J/OL]. 系统管理学报: 1-26. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.n.20240412.1931.002.html>, 2025-02-09.