

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2024.01.019

捆绑销售供应链定价和质量控制策略研究

汪峻萍, 吴思卓

(合肥工业大学 数学学院, 安徽 合肥 230601)

摘要:文章以单供应商、单零售商生产销售畅销品和滞销品供应链为研究对象,在考虑市场需求依赖零售商定价和供应商质量控制努力前提下,分别建立单独销售和捆绑销售下的供应商占主导、零售商占主导的 Stackelberg 博弈模型,推导出各模型下零售商的最优定价、供应商的最优质量控制策略。通过比较分析 2 种博弈模型下的供应链成员的策略和利润,得出如下结论:与供应商占主导相比,当零售商占主导时,无论是单独销售还是捆绑销售,零售商都会对滞销品制定较高的零售价格,供应商都会对滞销品投入较多的质量控制努力费用;在单独销售情形下,零售商对畅销品制定较高的零售价格,供应商对畅销品投入较多的质量控制努力费用;在捆绑销售情形下,结果恰好相反,零售商对畅销品制定较低的零售价格,供应商对畅销品投入较少的质量控制努力费用。无论是单独销售还是捆绑销售,供应商和零售商都在各自占主导时获得最大利润,也即序贯博弈中先动优势可以带来更多收益;但对供应链整体来说,零售商占主导的 Stackelberg 博弈是供应链双方的最佳选择。

关键词:供应链;博弈;捆绑销售;定价;质量控制

中图分类号:F274

文献标志码:A

文章编号:1003-5060(2024)01-0126-07

Research on pricing and quality control policies in a bundling supply chain

WANG Junping, WU Sizhuo

(School of Mathematics, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China)

Abstract:In this paper, a two-tier supply chain with one supplier and one retailer for selling the unmarketable goods and the fast-selling goods is studied. Under the assumption that the market demand depends on the retailer's pricing and the supplier's quality control efforts, the game models of the independent sales and bundling sales are developed under manufacturer-dominated Stackelberg game and retailer-dominated Stackelberg game respectively. The optimal retailer's selling prices and supplier's quality control policies of each model are derived. By comparing the policies and profits of the supply chain members under two game models, the following conclusions are drawn: if the retailer is the leader in the Stackelberg game, whether the products are sold separately or bundled together, the retailer will set a higher price and the supplier will invest more money in the quality control for the unmarketable goods; if the retailer is the leader in the Stackelberg game, when the products are sold separately, the retailer will set a higher price and the supplier will invest more money in the quality control for the fast-selling goods, whereas when the products are sold bundled together, the retailer will set a lower price and the supplier will invest less money in the quality control for the fast-selling goods. Whether the products are sold separately or bundled together, both manufacturer and retailer get maximum profit when they each take the lead, i. e., the first-mover advantage in a sequential

收稿日期:2021-08-16;修回日期:2021-10-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71571002)

作者简介:汪峻萍(1975—),女,安徽歙县人,博士,合肥工业大学副教授,硕士生导师。

game can bring more profits, but for the whole supply chain, the retailer-dominated Stackelberg game is the best choice for the both sides of the supply chain.

Key words: supply chain; game; bundling; pricing; quality control

0 引 言

随着市场经济的飞速发展,企业间竞争愈发激烈。如何在激烈的市场竞争中脱颖而出,营销模式创新至关重要。在众多营销方式中,捆绑销售作为一种共生营销模式,受到越来越多企业的重视。

近年来,捆绑销售对供应链成员决策影响已受到学者们的广泛关注。文献[1]探讨知名品牌与新品捆绑销售问题;文献[2-5]针对互补性产品研究捆绑销售最优决策问题;文献[6]以潜在估值相互依赖的捆绑产品为研究对象,探讨捆绑销售产品的最优定价问题;文献[7]在假定需求依赖零售价格前提下,研究不同捆绑销售方式下零售商和供应商最优决策问题;文献[8]在假定需求依赖零售商销售价格和供应商促销努力前提下,研究带有强势供应商的捆绑型供应链协调问题;文献[9]以单个产品制造商和单个同时提供“延保”服务的零售商组成的产品服务供应链为研究对象,分析产品和“延保”服务捆绑销售问题;文献[10]在假定需求依赖零售商销售价格前提下,分别在制造商占主导的 Stackelberg 博弈、零售商占主导的 Stackelberg 博弈、Nash 博弈 3 种不同博弈结构下,研究滞销品与畅销品独立销售和捆绑销售最优决策问题。

上述文献在研究捆绑销售问题时,均没有考虑供应商的质量控制努力对市场需求和供应链成员最优决策的影响。然而在现实中,消费者总是期望能够买到物美价廉的商品。产品质量好坏直接影响该产品的市场需求,供应商提供的产品质量越高,产品获得的美誉度也越高,消费者对产品的需求自然也会上升。文献[11]在随机环境下研究基于收益共享契约的供应链成员的质量控制问题,探讨供应商的质量努力对供应链决策的影响;文献[12]研究线性需求条件下考虑质量控制的供应链协调契约问题;文献[13]在公平偏好环境下研究供应商最优质量投入与公平偏好之间的关系;文献[14]在假定需求依赖零售商销售价格、广告投入以及制造商质量控制努力的前提下,研究零售商最优广告投入、制造商最优质量控制决策问题;文献[15-17]将公平偏好理论引入到供应链

质量控制中,探讨供应链最优质量控制策略问题。文献[11-17]虽然考虑了供应商质量控制努力因素,但均没有考虑产品捆绑销售问题。本文首次将供应商质量控制努力引入到产品捆绑销售模型中,在假定市场需求依赖零售商定价和供应商质量控制努力前提下,分别建立单独销售和捆绑销售下的供应商占主导、零售商占主导的 Stackelberg 博弈模型,推导出各模型下零售商的最优定价、供应商的最优质量控制策略。通过比较分析 2 种博弈模型下的供应链成员的策略和利润,得出一些重要的管理启示。

1 问题描述和假设

考虑由单供应商和单零售商组成的两级供应链,供应商分别将畅销品和滞销品批发给零售商,零售商再将这 2 种产品销售给顾客。供应商投入资金提高产品质量,以提升产品口碑,进而提高市场需求。零售商则选择定价和捆绑销售策略来刺激消费,从而提升收益水平。设 a_1 、 a_2 分别为滞销品和畅销品潜在市场需求规模; b_1 、 b_2 分别为滞销品和畅销品的需求敏感系数; c_1 、 c_2 分别为滞销品和畅销品的单位成本; D_1 、 D_2 分别为单独销售时滞销品和畅销品的市场需求; p_1 、 p_2 分别为单独销售时滞销品和畅销品的零售价; ω_1 、 ω_2 分别为单独销售时滞销品和畅销品的批发价; D_{1b} 、 D_{2b} 分别为捆绑销售时滞销品和畅销品的市场需求; p_{1b} 、 p_{2b} 分别为捆绑销售时滞销品和畅销品的零售价; ω_b 为捆绑销售时滞销品和畅销品的总批发价; h_1 、 h_2 分别为影响滞销品和畅销品市场需求的质量控制成本因子; θ_1 、 θ_2 分别为滞销品和畅销品供应商质量控制敏感系数(用来度量供应商质量控制努力的变化对市场需求的影响); s_1 、 s_2 分别为单独销售时对滞销品和畅销品的供应商质量控制努力; s_{1b} 、 s_{2b} 分别为捆绑销售时对滞销品和畅销品的供应商质量控制努力。

为便于模型建立,作出如下假设。

假设 1 与文献[18]类似,假定滞销品、畅销品均面临确定的线性市场需求,即 $D_1 = a_1 - b_1 p_1 + \theta_1 s_1$, $D_2 = a_2 - b_2 p_2 + \theta_2 s_2$, 其中, a_i 、 b_i 、 $\theta_i > 0$, $i=1,2$ 。

假设 2 制造商的质量控制投入费用与努力

水平服从边际效用递减规律,假设质量控制投入费用 I_i 是关于投入努力水平的凸函数^[7],且满足 $I_i = h_i s_i^2 / 2, i = 1, 2$, 其中, h_i 越大,说明相同的质量控制努力需要投入的费用越高。

假设 3 对于滞销品和畅销品,零售商存在分开单独销售和纯捆绑销售 2 种销售方式。

2 2 种产品单独销售最优决策

在畅销品和滞销品分别单独销售情形下,零售商会根据市场需求向供应商订购产品,因此零售商的利润函数为:

$$\pi_r(p_1, p_2) = \sum_{i=1}^2 (p_i - w_i)(a_i - b_i p_i + \theta_i s_i) \quad (1)$$

供应商的利润函数为:

$$\pi_m(s_1, s_2) = \sum_{i=1}^2 \left[(\omega_i - c_i)(a_i - b_i p_i + \theta_i s_i) - \frac{1}{2} h_i s_i^2 \right] \quad (2)$$

下面研究供应商和零售商分别作为主导时的 Stackelberg 博弈问题。

2.1 单独销售供应商占主导的 Stackelberg 模型

在供应商主导的 Stackelberg 博弈(简记为 MS 博弈)中,供应商和零售商博弈过程如下:

1) 第 1 阶段。作为“领导者”的供应商确定产品的质量控制努力 s_1, s_2 。

2) 第 2 阶段。作为“追随者”的零售商,根据供应商给出的产品质量控制努力水平确定产品的零售价格 p_1, p_2 。

定理 1 零售商利润函数是关于产品零售价格 p_1, p_2 的联合上凸函数;在已知零售商的反应函数后,供应商利润函数是关于产品质量控制努力 s_1, s_2 的联合上凸函数。

证明 将 $\pi_r(p_1, p_2)$ 分别关于 p_1, p_2 求一阶、二阶偏导数,可得关于 p_1, p_2 的 Hessian 矩阵为:

$$\mathbf{H}_1 = \begin{bmatrix} -2b_1 & 0 \\ 0 & -2b_2 \end{bmatrix}。$$

因为 $-2b_1 < 0, 4b_1 b_2 > 0$, 所以零售商利润函数 $\pi_r(p_1, p_2)$ 是关于产品零售价格 p_1, p_2 的联合上凸函数。

令 $\pi_r(p_1, p_2)$ 分别关于 p_1, p_2 的一阶偏导数为 0, 可得:

$$p_i = \frac{a_i + \theta_i s_i + b_i w_i}{2b_i}, \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

将式(3)代入式(2)可得:

$$\pi_m(s_1, s_2) = \sum_{i=1}^2 (\omega_i - c_i) \left(\frac{a_i - b_i \omega_i + \theta_i s_i}{2} \right) - \frac{1}{2} h_i s_i^2 \quad (4)$$

求 $\pi_m(s_1, s_2)$ 关于 s_1, s_2 的 Hessian 矩阵, 可得:

$$\mathbf{H}_2 = \begin{bmatrix} -h_1 & 0 \\ 0 & -h_2 \end{bmatrix}。$$

因为 $-h_1 < 0, h_1 h_2 > 0$, 所以供应商利润函数 $\pi_m(s_1, s_2)$ 是关于 s_1, s_2 的联合上凸函数。证毕。

下面利用逆向归纳法来求博弈模型的解。由定理 1 证明过程可知, 供应商利润函数 $\pi_m(s_1, s_2)$ 是关于 s_1, s_2 的联合上凸函数, 因此令式(4)关于 s_1, s_2 的一阶偏导数为 0, 可得滞销品和畅销品的最优质量控制努力水平为:

$$s_i^* = \frac{(\omega_i - c_i)\theta_i}{2h_i}, \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

从式(5)可以看出, 无论是滞销品还是畅销品, 其质量控制努力水平与产品的利润成正比, 利润越高, 供应商投入的质量控制努力越大。

将式(5)代入式(3), 可得零售商产品最优零售价格为:

$$p_i^* = \frac{2a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 + 2b_i \omega_i h_i}{4b_i h_i}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

将式(5)、式(6)分别代入式(2)、式(1), 可得供应商最大利润为:

$$\pi_m^*(s_1^*, s_2^*) = \sum_{i=1}^2 (\omega_i - c_i) \times \frac{4a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 - 4b_i \omega_i h_i}{8h_i}。$$

零售商最大利润为:

$$\pi_r^*(p_1^*, p_2^*) = \sum_{i=1}^2 \frac{2a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 - 6b_i \omega_i h_i}{4b_i h_i} \times \frac{2a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 - 2b_i \omega_i h_i}{4h_i}。$$

2.2 单独销售零售商占主导的 Stackelberg 模型

考虑零售商为领导者、供应商为追随者的 Stackelberg 博弈(简记为 RS 博弈)。

定理 2 供应商利润函数是关于质量控制努力 s_1, s_2 的联合上凸函数;在已知供应商的反应函数后, 零售商利润函数是关于零售价格 p_1, p_2 的联合上凸函数。

证明 将 $\pi_m(s_1, s_2)$ 分别关于 s_1, s_2 求一阶、二阶偏导数, 可得供应商利润函数关于 s_1, s_2 的

Hessian 矩阵为:

$$\mathbf{H}_2 = \begin{bmatrix} -h_1 & 0 \\ 0 & -h_2 \end{bmatrix}.$$

因为 $-h_1 < 0, h_1 h_2 > 0$, 所以供应商利润函数是关于质量控制努力 s_1, s_2 的联合上凸函数。

令供应商利润函数关于 s_1, s_2 一阶偏导数为 0, 可得:

$$s_i = \frac{(\omega_i - c_i)\theta_i}{h_i}, \quad i = 1, 2 \quad (7)$$

将式(7)代入式(1)可得:

$$\pi_r(p_1, p_2) = \sum_{i=1}^2 (p_i - \omega_i) \times \left[a_i - b_i p_i + \frac{(\omega_i - c_i)\theta_i^2}{h_i} \right] \quad (8)$$

将 $\pi_r(p_1, p_2)$ 分别关于 p_1, p_2 求一阶、二阶偏导数, 可得关于 p_1, p_2 的 Hessian 矩阵为:

$$\mathbf{H}_1 = \begin{bmatrix} -2b_1 & 0 \\ 0 & -2b_2 \end{bmatrix}.$$

因为 $-2b_1 < 0, 4b_1 b_2 > 0$, 所以零售商利润函数是关于 p_1, p_2 的联合上凸函数。证毕。

利用逆向归纳法求博弈模型的解。由定理 2 可知, 式(7)是供应商的反应函数, 但该反应函数不依赖于零售商的零售价格, 因此上述 s_i 即为供应商的最优质量控制努力。出现上述现象原因如下: 在供应商占主导的 Stackelberg 博弈中, 供应商可以先选择质量控制努力水平来迫使零售商定出有利于供应商自己的零售价格, 从而利用先动优势来攫取最大收益; 但在零售商占主导的 Stackelberg 博弈中, 零售商拥有先动优势, 其首先选择产品定价; 作为追随者, 供应商只能选择与零售商定价无关的质量控制努力水平, 以确保自己在后动情形下获得最大收益。

由定理 2 可知, 令式(8)关于 p_1, p_2 的一阶偏导数为 0, 可得零售商滞销品和畅销品最优零售价格为:

$$p_i^* = \frac{a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 + b_i h_i \omega_i}{2b_i h_i}, \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

将式(7)、式(9)分别代入式(2)、式(8), 可得供应商最大利润为:

$$\pi_m^*(s_1^*, s_2^*) = \sum_{i=1}^2 \frac{(\omega_i - c_i)(a_i - b_i \omega_i)}{2} \quad (10)$$

零售商最大利润为:

$$\pi_r^*(p_1^*, p_2^*) = \sum_{i=1}^2 \frac{a_i h_i + (\omega_i - c_i)\theta_i^2 - b_i h_i \omega_i}{2b_i h_i} \times$$

$$\frac{(a_i - b_i \omega_i)h_i - (\omega_i - c_i)\theta_i^2}{2h_i} \quad (11)$$

3 2 种产品捆绑销售最优决策

与文献[7-8]类似, 不失一般性, 令滞销品和畅销品捆绑比例为 1:1, 此时滞销品与畅销品的订货量 q_b 一致, 即 $q_b = a_1 - b_1 p_{1b} + \theta_1 s_{1b} = a_2 - b_2 p_{2b} + \theta_2 s_{2b}$, 由此可得:

$$p_{2b} = \frac{a_2 + \theta_2 s_{2b} - a_1 + b_1 p_{1b} - \theta_1 s_{1b}}{b_2} \quad (12)$$

在此情形下, 供应商利润函数为:

$$\pi_m(s_{1b}, s_{2b}) = (\omega_b - c_1 - c_2)(a_1 - b_1 p_{1b} + \theta_1 s_{1b}) - \frac{1}{2} h_1 s_{1b}^2 - \frac{1}{2} h_2 s_{2b}^2 \quad (13)$$

零售商利润函数为:

$$\pi_r(p_{1b}) = \left[p_{1b} - (a_1 - b_1 p_{1b} + \theta_1 s_{1b} - a_2 - \theta_2 s_{2b})/b_2 - \omega_b \right] (a_1 - b_1 p_{1b} + \theta_1 s_{1b}) \quad (14)$$

3.1 供应商占主导的 Stackelberg 模型

考虑滞销品和畅销品捆绑销售, 研究供应商为主导者、零售商为追随者的 Stackelberg 博弈情形(简称为 MB 博弈)。

定理 3 零售商利润函数是关于零售价格 p_{1b} 的严格上凸函数; 在已知零售商的反应函数后, 供应商利润函数是关于质量控制努力 s_{ib} ($i=1, 2$) 的联合上凸函数。

证明 对零售商利润函数关于 p_{1b} 分别求二阶导数, 可得:

$$\frac{\partial^2 \pi_r(p_{1b})}{\partial p_{1b}^2} = \left(1 + \frac{2b_1}{b_2} \right) (-b_1) < 0 \quad (15)$$

由式(15)可知, 零售商利润函数是关于零售价格 p_{1b} 的严格上凸函数。

由零售商利润函数的一阶最优条件可得:

$$p_{1b} = \frac{(b_1 + b_2)(a_1 + \theta_1 s_{1b})}{2(b_1 b_2 + b_1^2)} + \frac{(a_1 + \theta_1 s_{1b} - a_2 - \theta_2 s_{2b}) + b_2 \omega_b}{2(b_2 + b_1)} \quad (16)$$

将式(16)代入式(13), 将 $\pi_m(s_{1b}, s_{2b})$ 分别关于 s_{1b}, s_{2b} 求一阶、二阶偏导数, 可得供应商利润函数关于 s_{1b}, s_{2b} 的 Hessian 矩阵为:

$$\mathbf{H}_2 = \begin{bmatrix} -h_1 & 0 \\ 0 & -h_2 \end{bmatrix}.$$

在已知零售商反应函数后, 供应商利润函数是关于质量控制努力的联合上凸函数。证毕。

由定理 3 可知, 供应商函数存在最优解。将

式(16)代入式(13),由供应商利润函数 $\pi_m(s_{1b}, s_{2b})$ 关于 s_{1b}, s_{2b} 的一阶最优性条件,可得供应商的最优质量控制努力为:

$$s_{1b}^* = \frac{(\omega_b - c_1 - c_2)b_2\theta_1}{2h_1(b_1 + b_2)} \quad (17)$$

$$s_{2b}^* = \frac{(\omega_b - c_1 - c_2)b_1\theta_2}{2h_2(b_1 + b_2)} \quad (18)$$

从式(17)、式(18)可以看出,捆绑销售下滞销品和畅销品的质量控制努力水平与产品的利润成正比,利润越高,供应商投入的质量控制努力越大。

将式(17)、式(18)分别代入式(16)、式(12),可得捆绑销售时零售商滞销品和畅销品最优零售价格分别为:

$$p_{1b}^* = \frac{(b_1 + b_2)(a_1 + \theta_1 s_{1b}^*)}{2(b_1 b_2 + b_1^2)} + \frac{(a_1 + \theta_1 s_{1b}^* - a_2 - \theta_2 s_{2b}^*) + b_2 \omega_b}{2(b_2 + b_1)} \quad (19)$$

$$p_{2b}^* = \frac{a_2 + \theta_2 s_{2b}^* - a_1 + b_1 p_{1b}^* - \theta_1 s_{1b}^*}{b_2} \quad (20)$$

将式(17)~式(20)分别代入式(13)、式(14),可得零售商的最大利润 $\pi_r(p_{1b}^*, p_{2b}^*)$ 和供应商的最大利润 $\pi_m(s_{1b}^*, s_{2b}^*)$ 。

3.2 捆绑销售零售商占主导的 Stackelberg 模型

以下研究捆绑销售下零售商为主导者、供应商为追随者的 Stackelberg 博弈情形(简称为 RB 博弈)。

类似于 3.1 节,利用逆向归纳法求博弈的均衡解。由式(13)易得供应商利润函数 $\pi_m(s_{1b}, s_{2b})$ 关于 s_{1b}, s_{2b} 的 Hessian 矩阵是负定的,因此由供应商利润函数的一阶最优性条件,可得供应商最优质量控制努力为:

$$s_{1b}^* = \frac{(\omega_b - c_1 - c_2)\theta_1}{h_1} \quad (21)$$

$$s_{2b}^* = 0 \quad (22)$$

值得注意的是,与滞销品和畅销品单独销售时不同,在零售商占主导时,因为滞销品与畅销品捆绑出售,为了降低成本,供应商选择提升滞销品的质量,以激励消费者采购;对于畅销品,由于市场对其需求较大,无需进行额外的质量控制投入。

将式(21)、式(22)代入式(14),并将零售商利润函数分别关于 p_{1b} 求二阶导数,可得:

$$\frac{\partial^2 \pi_r(p_{1b})}{\partial p_{1b}^2} = -b_1 \left(2 + \frac{b_1}{b_2} \right) < 0。$$

因此,零售商利润函数存在最大值。

由零售商利润函数的一阶最优性条件,可得

捆绑销售下滞销品最优零售价格为:

$$p_{1b}^* = \frac{(2a_1 - a_2)b_1 h_1 + b_2 h_1 a_1}{2(b_1^2 + b_1 b_2)} + \frac{(2b_1 + b_2)(\omega_b - c_1 - c_2)\theta_1^2}{2(b_1^2 + b_1 b_2)} \quad (23)$$

将式(21)~(23)代入式(12),可得捆绑销售下畅销品最优零售价格为:

$$p_{2b}^* = \frac{a_2 + \theta_2 s_{2b}^* - a_1 + b_1 p_{1b}^* - \theta_1 s_{1b}^*}{b_2} \quad (24)$$

将式(21)~(23)分别代入式(13)、式(14),可得零售商的最大利润 $\pi_r(p_{1b}^*, p_{2b}^*)$ 和供应商的最大利润 $\pi_m(s_{1b}^*, s_{2b}^*)$ 。

4 数值仿真分析

利用数值计算来分析供应商质量控制对产品定价、市场需求以及供应链双方利润的影响。

4.1 单独销售情形下供应链均衡解

模型中的参数取值分别为 $a_1 = 60, b_1 = 3, c_1 = 5, \omega_1 = 15, h_1 = 1, a_2 = 150, b_2 = 5, c_2 = 10, \omega_2 = 25, h_2 = 2$ 。

通过 MATLAB 编程计算,可得 2 种博弈情形下的供应链最优决策、最大利润以及质量控制敏感系数对市场需求、供应链双方利润的影响,见表 1 所列。

从表 1 可以看出,单独销售情形、RS 博弈下零售商关于滞销品和畅销品的定价、供应商关于滞销品和畅销品的质量控制努力水平分别高于 MS 博弈下相应的值。这说明在零售商占主导的 Stackelberg 博弈中,零售商一方面会迫使供应商投入更多的质量控制努力费用以提高产品需求;另一方面会制定较高的零售价格以占有更多的供应链利润。

在供应商占主导的 Stackelberg 博弈中,供应商会利用主导地位要求零售商制定较低的零售价格以激励消费者需求,同时会投入较少的质量控制努力费用以降低自身的成本。其次,MS 博弈下供应商的利润总是高于 RS 博弈下供应商的利润,RS 博弈下零售商的利润总是高于 MS 博弈下零售商的利润。这说明在序贯博弈中,先动优势可以带来更多收益。另外,RS 博弈下零售商和供应商的利润之和总是高于 MS 博弈下零售商和供应商的利润之和,说明对供应链整体来说,选择零售商占主导的 Stackelberg 博弈对整条供应链更有利。

当滞销品质量控制敏感系数 θ_1 增加时,MS 博弈下的滞销品质量控制努力随之增加,而畅销

品质量控制努力保持不变,滞销品的零售价格、产品需求量增加,而畅销品皆保持不变,供应商利润也有所增长,但增长幅度远低于零售商利润增长幅度。RS 博弈下,滞销品质量控制努力、零售价格以及需求量都随着 θ_1 增加,畅销品的质量控制努力、零售价格以及需求量保持不变,零售商利润增加但供应商利润保持不变。

当畅销品质量控制敏感系数 θ_2 增加时,MS 博弈下的滞销品质量控制努力、零售价格以及产品需求保持不变,畅销品质量控制努力、零售价格以及产品需求增加,供应商和零售商利润均增加。RS 博弈下,滞销品质量控制努力、零售价格以及产品需求保持不变,畅销品质量控制努力、零售价格以及产品需求增加,零售商利润增加但供应商利润保持不变。

表 1 单独销售下供应链双方最优决策

θ_1	θ_2	s_i	p_i	D_i	π_m	π_r
3	4	$s_1^{MS} = 15$	$p_1^{MS} = 25.0$	$D_1^{MS} = 30.0$	600.0	661.3
		$s_2^{MS} = 15$	$p_2^{MS} = 33.5$	$D_2^{MS} = 42.5$		
	$s_1^{RS} = 30$	$p_1^{RS} = 32.5$	$D_1^{RS} = 52.5$	262.5	1 970.0	
	$s_2^{RS} = 30$	$p_2^{RS} = 39.5$	$D_2^{RS} = 72.5$			
4	4	$s_1^{MS} = 20$	$p_1^{MS} = 30.8$	$D_1^{MS} = 47.5$	687.5	1 113.3
		$s_2^{MS} = 15$	$p_2^{MS} = 33.5$	$D_2^{MS} = 42.5$		
	$s_1^{RS} = 50$	$p_1^{RS} = 44.2$	$D_1^{RS} = 87.5$	262.5	3 603.3	
	$s_2^{RS} = 30$	$p_2^{RS} = 39.5$	$D_2^{RS} = 72.5$			
5	4	$s_1^{MS} = 25$	$p_1^{MS} = 38.3$	$D_1^{MS} = 70.0$	800.0	1 994.6
		$s_2^{MS} = 15$	$p_2^{MS} = 33.5$	$D_2^{MS} = 42.5$		
	$s_1^{RS} = 50$	$p_1^{RS} = 59.2$	$D_1^{RS} = 132.5$	262.5	6 903.3	
	$s_2^{RS} = 30$	$p_2^{RS} = 39.5$	$D_2^{RS} = 72.5$			
3	5	$s_1^{MS} = 15$	$p_1^{MS} = 25.0$	$D_1^{MS} = 30.0$	726.6	1 005.1
		$s_2^{MS} = 18$	$p_2^{MS} = 36.9$	$D_2^{MS} = 59.4$		
	$s_1^{RS} = 30$	$p_1^{RS} = 32.5$	$D_1^{RS} = 52.5$	262.5	3 176.6	
	$s_2^{RS} = 37$	$p_2^{RS} = 46.3$	$D_2^{RS} = 106.2$			
3	6	$s_1^{MS} = 15$	$p_1^{MS} = 25.0$	$D_1^{MS} = 30.0$	881.3	1 580.4
		$s_2^{MS} = 23$	$p_2^{MS} = 41.0$	$D_2^{MS} = 80.0$		
	$s_1^{RS} = 30$	$p_1^{RS} = 32.5$	$D_1^{RS} = 52.5$	262.5	5 270.1	
	$s_2^{RS} = 45$	$p_2^{RS} = 54.5$	$D_2^{RS} = 147.5$			

注:MS 表示单独销售情形下供应商占主导;RS 表示单独销售情形下零售商占主导。

从上述分析可知,无论是滞销品还是畅销品

质量控制敏感系数发生变化,RS 博弈下供应商利润保持不变,这从数值分析角度验证了式(10)的正确性,即供应商的利润确实不依赖于产品的质量控制系数。

4.2 捆绑销售情形下供应链均衡解

模型中除了 $w_b = 40, \theta_1 = 3, \theta_2 = 4$,其他参数取值与 4.1 节中相同。通过计算可得捆绑销售下 2 种博弈结构供应链最优决策和最大利润,见表 2 所列。由于捆绑销售情形下,质量控制敏感系数对市场需求、供应链双方利润的影响与单独销售情形类似,这里不再赘述。从表 2 可以看出,捆绑销售情形,RS 博弈下零售商关于滞销品的定价高于 MS 博弈下相应的值,这与单独销售情形一致;但是 RS 博弈下零售商关于畅销品的定价低于 MS 博弈下相应的值,这与单独销售情形恰好相反。RS 博弈下供应商关于滞销品的质量控制努力水平要高于 MS 博弈下相应的值,这与单独销售情形一致;但是 RS 博弈下供应商关于畅销品的质量控制努力水平要低于 MS 博弈下相应的值,这与单独销售情形恰好相反。上述 2 种不同博弈结果比较表明,零售商和供应商在捆绑销售下分别关于滞销品的定价行为和成本控制行为与单独销售情形的行为相一致;但是,零售商和供应商在捆绑销售下分别关于畅销品的定价行为和成本控制行为与单独销售情形的行为恰好相反。说明捆绑销售情形与供应商占主导的 Stackelberg 博弈相比,在零售商占主导的 Stackelberg 博弈中,零售商和供应商均存在“偏心行为”,零售商对滞销品定价较高,但对畅销品定价却较低;供应商对滞销品投入较少的质量控制努力,但对畅销品却投入较多的质量控制努力。其次,MS 博弈下供应商的利润总是高于 RS 博弈下供应商的利润,RS 博弈下零售商的利润总是高于 MS 博弈下零售商的利润,但是 RS 博弈下零售商和供应商的利润之和要高于 MS 博弈下零售商和供应商的利润之和。说明在捆绑销售情形,供应商和零售商进行序贯博弈,先动优势可以带来更多收益。

表 2 捆绑销售下供应链双方最优决策

博弈类型	s_{ib}	p_{1b}	D_b	π_m	π_r
供应商占主导	$s_{1b}^{MS} = 23.44$	$p_{1b}^{MS} = 30.64$	$D_b^{MS} = 45.41$	509.03	1 099.8
	$s_{2b}^{MS} = 9.38$	$p_{2b}^{MS} = 29.82$			
零售商占主导	$s_{1b}^{RS} = 75.00$	$p_{1b}^{RS} = 55.94$	$D_b^{RS} = 117.19$	117.19	2 636.7
	$s_{2b}^{RS} = 0$	$p_{2b}^{RS} = 6.56$			

注:MS 表示捆绑销售情形下供应商占主导;RS 表示捆绑销售情形下零售商占主导。

- struction based on continued fractions interpolation kernel in the polar coordinates[J]. *Journal of Electronic Imaging*, 2018, 27(4): 1-19.
- [21] CELIS O S. Numerical continued fraction interpolation[J/OL]. (2023-02-22). <https://arxiv.org/abs/2109.10529>.
- [22] HE L, XING Y, TAN J Q. An adaptive image inpainting method based on continued fractions interpolation[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2018, 2018: 1-16.
- [23] NAKATSUKASA Y, SEETE O, TREFETHEN L N. The AAA algorithm for rational approximation[J]. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 2018, 40(3): A1494-A1522.
- [24] SHEN J, CHAN T F. Mathematical models for local non-texture inpaintings[J]. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 2002, 62(3): 1019-1043.
- [25] LIAO S, LIU X, HAN R, et al. Region-wise matching for image inpainting based on adaptive weighted low-rank decomposition[J/OL]. (2023-03-22). <https://arxiv.org/abs/2303.12421>.

(责任编辑 朱晓临)

(上接第 131 页)

本文对模型中每个参数在合理区间内随机取值,发现模型推导出的相关结论和数值分析中得出的管理启示均不改变,说明本文所建立模型的可靠性。

5 结 论

本文以单供应商和单零售商生产销售滞销品与畅销品为背景,在假定需求依赖零售商零售价格和供应商质量控制努力前提下,分别建立滞销品、畅销品独立销售和捆绑销售下的供应商、零售商占主导的 Stackelberg 博弈模型,通过对供应链双方最优决策和利润进行分析,得到一些重要的管理启示。进一步的研究方向是将本文模型推广到市场需求同时依赖零售商定价和广告投入以及供应商质量控制努力情形、带有公平偏好情形、多供应商单零售商捆绑销售情形等。

[参 考 文 献]

- 售联合决策研究[J]. *运筹与管理*, 2018, 27(2): 15-25.
- [6] BANCIU M, DEGAARD F. Optimal product bundling with dependent valuations: the price of independence[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 255(2): 481-495.
- [7] 刘卫华,于辉. 供应商两种捆绑销售策略的供应链分析[J]. *系统科学与数学*, 2017, 37(5): 1231-1243.
- [8] 刘卫华,于辉. 供应商捆绑销售策略下的供应链冲突分析[J]. *系统工程学报*, 2019, 34(6): 820-830.
- [9] 但斌,高艳,掌曙光. 产品服务供应链中延保服务销售策略研究[J]. *管理评论*, 2020, 32(4): 171-182.
- [10] 吴思卓,汪峻萍. 不同权力结构下捆绑销售产品供应链博弈分析[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2020, 43(12): 1703-1712.
- [11] 肖迪,潘可文. 基于收益共享契约的供应链质量控制与协调机制[J]. *中国管理科学*, 2012, 20(4): 67-73.
- [12] 胡军,张镓,芮明杰. 线性需求条件下考虑质量控制的供应链协调契约模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(3): 601-609.
- [13] 许民利,沈家静. 公平偏好下制造商收益分享与供应商质量投入研究[J]. *系统管理学报*, 2014, 23(1): 30-35.
- [14] 张斌,汪峻萍. 需求依赖价格、广告投入和质量控制的供应链模型[J]. *数学的实践与认识*, 2016(24): 15-21.
- [15] 闫峰,梁工谦,刘昕,等. 公平偏好下考虑供应商质量投入的供应链契约协调[J]. *运筹与管理*, 2018, 27(3): 50-58.
- [16] 唐松祥,梁工谦,李洁,等. 考虑供应商双重公平偏好的供应链质量控制策略[J]. *系统工程*, 2019, 37(4): 92-99.
- [17] 李绩才,周永务,李昌文,等. 考虑公平关切的供应链产品质量与零售定价博弈决策分析[J]. *软科学*, 2017, 31(3): 139-144.
- [18] 胡军,张镓,芮明杰. 线性需求条件下考虑质量控制的供应链协调契约模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(3): 601-609.
- [1] SHENG S, PAN Y. Bundling as a new product introduction strategy: the role of brand image and bundle features[J]. *Journal of Retailing & Consumer Services*, 2009, 16(5): 367-376.
- [2] 潘林,周水银. 考虑捆绑销售的多产品供应链定价策略[J]. *运筹与管理*, 2016, 25(6): 11-17.
- [3] XU QY, XU B, WANG P, et al. Bundling strategies for complementary products in a horizontal supply chain[J]. *Kybernetes*, 2018, 47(6): 1158-1177.
- [4] 潘林,周水银,马士华. 供应链环境下零售商互补产品捆绑销售决策研究[J]. *管理工程学报*, 2018, 32(4): 118-125.
- [5] 潘林,周水银,马士华. 供应链互补产品广告投入和捆绑销

(责任编辑 张 镗)