

政府补贴下考虑零售商竞争的供应链决策研究

陈传琪, 刘岩峰

(渤海大学管理学院, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 为研究政府补贴制造商生产成本下零售商竞争对供应链决策的影响, 考虑政府补贴率和零售商竞争强度两个因素, 建立3种供应链决策模型, 分析政府补贴系数和零售商竞争强度对供应链决策的影响。结果表明, 零售商竞争会使零售价格提高, 而不影响制造商的批发价, 竞争越激烈, 供应链各成员的定价和利润越低。在3种供应链决策模型下, 竞争强度和政府补贴对制造商利润的影响程度最高。

关键词: 供应链; 政府补贴; 零售商竞争; 博弈论

中图分类号: F272.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)03-0074-06

在竞争激烈的市场环境中, 供应链各成员需要制定合理的供应链决策, 以保证商品的质量和价格, 从而获得更多的市场份额和盈利, 供应链决策在零售业中起着至关重要的作用, 尤其是在考虑到零售商之间的竞争因素时。政府补贴作为一种常见的经济政策手段, 旨在通过资金支持和税收优惠等方式, 鼓励企业创新和发展, 促进经济增长。在零售业中, 政府补贴可以帮助零售商降低成本, 提高竞争力。然而, 政府补贴也可能导致竞争扭曲和不公平竞争。在政府补贴下考虑零售商竞争的供应链决策研究可以优化供应链, 能够为零售商提供实用的管理思路, 促进零售业的健康持续发展。

在政府补贴影响供应链决策方面, 一些学者考虑政府通过对供应链成员提供补贴, 影响供应链成员的最优决策。Meng等^[1]研究了政府补贴对双渠道供应链产品协同定价策略的影响。林强和刘名武^[2]研究了政府补贴和企业成本分担对绿色供应链决策的影响, 并对决策结果进行对比分析。衣珊珊和陈浩^[3]研究了政府补贴与碳税政策双参与下的闭环供应链系统的决策问题。张子元和傅端香^[4]研究政府补贴制造商以及供应链成员的互惠利他偏好对供应链决策和利润的影响。陈建华和陈杰^[5]考虑市场需求受消费者低碳偏好的影响, 研究政府对制造商进行碳减排成本补贴的博弈问题。王心等^[6]研究在政府给予或不给予平台补贴两种情况下, 分别考虑平台与出口零售商之间的3种合作模式, 建立

出口零售商、平台和政府之间的博弈模型, 并对决策结果进行分析和比较。研究表明, 政府补贴可以影响企业的供应商选择和合作关系, 以及产品定价和市场竞争策略等方面的决策。然而, 目前的研究主要关注政府补贴对受补贴企业决策的影响, 对于供应链中其他参与者以及竞争等因素的综合影响的研究还相对有限。

在零售商竞争影响供应链决策方面, 一些学者考虑供应链成员的竞合博弈来构建数学模型, 探究零售商竞争对供应链决策的影响。Wu等^[7]研究了非合作供应链成员的定价决策问题并对均衡解进行比较分析。周晓阳等^[8]研究了政府再制造补贴下由竞争型零售商构成的闭环供应链的决策和协调问题。陈晓和孙喜梅^[9]研究了零售商竞争情况下的绿色供应链决策问题, 并得到各参数的最优解及临界值。研究表明, 零售商竞争可以影响零售商的定价策略和供应商选择等决策, 还会影响供应链中其他参与者的决策行为, 如供应商的定价策略、生产规模等。然而, 现有研究主要集中在零售商的竞争对供应链中其他参与者的影响, 对于零售商竞争对整个供应链网络的影响了解有限。

政府补贴和零售商竞争是供应链决策中两个重要的影响因素, 目前关于政府补贴下考虑零售商竞争的供应链决策研究较少。在实际情境中, 政府补贴和零售商竞争可能会对供应链的决策产生重要影响。因此, 研究政府补贴下考虑零售商竞争的

收稿日期: 2023-10-30

作者简介: 陈传琪(1999—), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向为供应链创新; 刘岩峰(1979—), 女, 辽宁锦州人, 讲师, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向为数字化供应链管理、生产运营及工业工程管理。

供应链决策问题是非常必要的,可以探讨竞争环境下供应链各成员的最优决策策略。同时,还可以研究如何通过协调机制来缓解零售商竞争对供应链效率和利润的不利影响,从而实现供应链各方共赢的局面,对于提高供应链的整体绩效和可持续发展具有重要意义。因此本文同时考虑政府补贴和零售商竞争两个因素,研究政府补贴和零售商竞争对供应链各成员决策的影响。

1 问题描述及模型建立

1.1 问题描述

供应链由一个制造商和两个竞争零售商组成(图1),供应链的运作过程为:制造商生产两种具有异质性的产品(两种产品互为替代品且产品的生产成本和批发价格相同)并决定批发价格,然后制造商将两种产品以批发价分销给两个零售商,最后两个零售商分别决定各自的零售价格并以零售价将两种产品销售给消费者。表1列出了模型所涉及的参数。

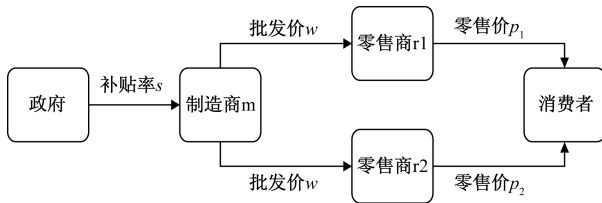


图1 竞争型供应链结构

表1 参数及含义

参数	含义
w	产品批发价格
p_1	产品1的零售价格
p_2	产品2的零售价格
c	产品生产成本, $c > 0$
q_1	产品1的实际市场需求
q_2	产品2的实际市场需求
a	市场潜在需求, $a > 0$
β	零售商竞争强度, $0 \leq \beta \leq 1$
s	政府补贴率, $0 \leq s \leq 1$
π_m	制造商利润
π_{r1}	零售商1的利润
π_{r2}	零售商2的利润
π_T	供应链总利润

1.2 模型假设

(1)制造商生产两种绿色环保产品且互为替代品,两种绿色产品生产成本都为 c 。

(2)考虑政府对制造商生产成本 c 进行补贴,补贴水平为单位产品补贴率 s , $0 \leq s \leq 1$,政府补贴水平为外生变量。

(3)消费者对两种产品的需求量为 $q_i = a - p_i - \beta p_j$ ($i=1,2; j=3-i$),即需求量 q 受到市场潜在需求 a 、零售价格 p 以及零售商竞争强度 β 的共同影响,其中 $a > 0$,需求量与零售价格及竞争强度之间为负相关,假设潜在市场规模 a 远大于其他参数。

(4)由于市场规模具有一定限制且两产品虽可互为替代但具有异质性,各有受众群体,因此两零售商不会一味降价进行恶性竞争占据全部市场,不产生Bertrand悖论。

1.3 模型构建

根据问题描述和模型假设,得到制造商 m 和零售商 $r1, r2$ 的利润函数为

$$\pi_m = [w - (1-s)c]q_1 + [w - (1-s)c]q_2 \quad (1)$$

$$\pi_{r1} = (p_1 - w)q_1 \quad (2)$$

$$\pi_{r2} = (p_2 - w)q_2 \quad (3)$$

市场需求函数为

$$q_i = a - p_i - \beta p_j, i = 1, 2; j = 3 - i \quad (4)$$

式(1)表示制造商的利润为将产品批发给零售商的收益减去经政府补贴后的产品生产成本;在式(2)和式(3)中,零售商的利润为销售总收入再减去批发总成本。

由式(1)~式(3)可得供应链的总利润为

$$\pi_T = [p_1 - (1-s)c]q_1 + [p_2 - (1-s)c]q_2 \quad (5)$$

2 模型求解

研究零售商在3种模型下的供应链决策,根据博弈顺序求解出3种模型下各参数的最优解(最优解用上标“*”表示,如“ p_1^* ”)。

2.1 集中决策(模型A)

在集中决策模型下,制造商和零售商共同决策以追求供应链利润最大化^[10],以此建立的集中决策模型如下。

市场需求函数:

$$q_i = a - p_i - \beta p_j, i = 1, 2; j = 3 - i。$$

供应链整体利润函数:

$$\pi_T = [p_1 - (1-s)c]q_1 + [p_2 - (1-s)c]q_2。$$

采用逆向归纳法求解,可求得最优均衡解为

$$p_{A1}^* = p_{A2}^* = \frac{a + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)} \quad (6)$$

供应链的总利润为

$$\pi_{AT}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{2(1+\beta)} \quad (7)$$

证明: π_T 对 p_1 和 p_2 分别求一、二阶导数:

$$\frac{\partial \pi_T}{\partial p_1} = a - c(-1+s)(1+\beta) - 2p_1 - 2\beta p_2, \frac{\partial \pi_T}{\partial p_2} =$$

$a - c(-1 + s)(1 + \beta) - 2\beta p_1 - 2p_2$, 构建海塞矩阵

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_1 \partial p_2} \\ \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 \pi_T}{\partial p_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & -2\beta \\ -2\beta & -2 \end{bmatrix}, \text{ 由 } -2 <$$

$0, 4 - 4\beta^2 > 0$, 得海塞矩阵负定, π_T 存在最大值。

分别令 $\frac{\partial \pi_T}{\partial p_1}$ 和 $\frac{\partial \pi_T}{\partial p_2}$ 等于 0, 联立方程得到 $p_1^* = \frac{a + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)}$, $p_2^* = \frac{a + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)}$,

将 p_1^* 和 p_2^* 代入供应链整体利润函数求解方程, 得到供应链总利润的最优解为 $\pi_T^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{2(1+\beta)}$ 。

2.2 零售商之间古诺博弈(模型 B)

古诺博弈即两竞争厂商的地位平等, 同时决策。因此, 两零售商之间进行古诺博弈时, 第 1 阶段, 制造商决定批发价格; 第 2 阶段, 两个零售商分别独立决定零售价格。可建立模型 B 如下。

市场需求函数:

$$q_i = a - p_i - \beta p_j, i = 1, 2; j = 3 - i.$$

制造商利润函数:

$$\pi_m = [\omega - (1-s)c]q_1 + [\omega - (1-s)c]q_2.$$

零售商 r1 的利润函数:

$$\pi_{r1} = (p_1 - \omega)q_1.$$

零售商 r2 的利润函数:

$$\pi_{r2} = (p_2 - \omega)q_2.$$

根据逆向归纳法求解, 可得

$$\omega_B^* = \frac{a + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)} \quad (8)$$

$$p_{B1}^* = p_{B2}^* = \frac{a(3+2\beta) + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)(2+\beta)} \quad (9)$$

$$p_{C2}^* = \frac{c(-1+s)[4 + \beta(2-3\beta+\beta^2)] + a\{-12 + \beta[-2 + \beta(7+\beta)]\}}{8(1+\beta)(-2+\beta^2)} \quad (15)$$

证明过程与模型 A 求解过程类似。将 ω^* 、 p_1^* 和 p_2^* 代入制造商利润函数求解方程、零售商 r1 的利润函数求解方程、零售商 r2 的利润函数求解方程, 可得

$$\pi_{Cm}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2 [8 + (-4+\beta)\beta(1+\beta)]}{16(1+\beta)(2-\beta^2)} \quad (16)$$

$$\pi_{CT}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2 (96 - \beta[32 + \beta[96 + \beta(1+\beta)(-28 + 5\beta)])}{64(1+\beta)(-2+\beta^2)^2} \quad (19)$$

3 最优决策分析

比较 3 种模型下各最优解的大小以及竞争强度和政府补贴率对供应链成员决策的影响, 并使用数

值仿真方法研究两因素对供应链及其成员最大利润的影响。下标 A、B、C 分别代表模型 A、模型 B 和模型 C。

$$\pi_{Bm}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{2(1+\beta)(2+\beta)} \quad (10)$$

$$\pi_{Br1}^* = \pi_{Br2}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{4(2+\beta)^2} \quad (11)$$

由于 $\pi_T = \pi_m + \pi_{r1} + \pi_{r2}$, 可得供应链最优利润为

$$\pi_{BT}^* = \frac{(3+2\beta)[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{2(1+\beta)(2+\beta)^2} \quad (12)$$

2.3 零售商之间 Stackelberg 博弈(模型 C)

考虑零售商之间竞争决策有先后顺序, 因此有两种情况, 由于两种情况完全对称, 故本节就其中一种情况进行研究。首先, 制造商决策批发价; 其次, 零售商 r1 决定产品 1 的零售价; 最后, 零售商 r2 决定产品 2 的零售价。建立模型 C 如下。

市场需求函数:

$$q_i = a - p_i - \beta p_j, i = 1, 2; j = 3 - i.$$

制造商利润函数:

$$\pi_m = [\omega - (1-s)c]q_1 + [\omega - (1-s)c]q_2.$$

零售商 r1 的利润函数:

$$\pi_{r1} = (p_1 - \omega)q_1.$$

零售商 r2 的利润函数:

$$\pi_{r2} = (p_2 - \omega)q_2.$$

根据逆向归纳法求解, 可得

$$\omega_C^* = \frac{a + (1-s)(1+\beta)c}{2(1+\beta)} \quad (13)$$

$$p_{C1}^* = \frac{(3\beta^2 - \beta - 6)a + (\beta + 2)(\beta^2 - 1)(1-s)c}{4(1+\beta)(\beta^2 - 2)} \quad (14)$$

$$\pi_{C1}^* = \frac{(-2+\beta)^2 [a + c(-1+s)(1+\beta)]^2}{32(2-\beta^2)} \quad (17)$$

$$\pi_{Cr2}^* = \frac{[a + c(-1+s)(1+\beta)]^2 [-4 + \beta(2+\beta)]^2}{64(-2+\beta^2)^2} \quad (18)$$

由于 $\pi_T = \pi_m + \pi_{r1} + \pi_{r2}$, 可得供应链最优利润为

3.1 不同竞争行为对最优决策的影响

比较 3 种竞争行为下供应链成员的最优定价,可得到如下推论。

推论 1: $p_{A1}^* < p_{B1}^* < p_{C1}^*, p_{A2}^* < p_{C2}^* < p_{B2}^*$, $w_B^* = w_C^*$ 。

推论 1 表明,在 B、C 两个模型中,制造商的批发价一致;但在 A、B、C 3 个模型中,两个零售商的最优零售价不同。说明竞争方式不会影响制造商的批发价,只会影响两个零售商的最优零售价。此外,在 A、B、C 模型中,两家零售商的最优定价取决于双方的讨价还价能力。

3.2 竞争强度及政府补贴对最优决策的影响

供应链中零售商之间的竞争会影响各成员的最优决策,分析零售商竞争所产生的影响,得到如下推论。

推论 2: $\frac{\partial p_{A1}^*}{\partial \beta} = \frac{\partial p_{A2}^*}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial \beta} = \frac{\partial p_{B2}^*}{\partial \beta} < 0,$
 $\frac{\partial p_{C1}^*}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial p_{C2}^*}{\partial \beta} < 0, \frac{\partial w_B^*}{\partial \beta} = \frac{\partial w_C^*}{\partial \beta} < 0。$

推论 2 表明,当供应链成员之间存在激烈的价格竞争时,他们往往会降低产品价格以争夺更多的市场份额。这可能导致供应链中的每个成员都降低价格来保持竞争力,最终导致利润率下降。

分析政府补贴对供应链成员最优定价的影响,得出以下推论。

推论 3: $\frac{\partial p_{A1}^*}{\partial s} = \frac{\partial p_{A2}^*}{\partial s} < 0, \frac{\partial p_{B1}^*}{\partial s} = \frac{\partial p_{B2}^*}{\partial s} < 0,$
 $\frac{\partial p_{C1}^*}{\partial s} < 0, \frac{\partial p_{C2}^*}{\partial s} < 0, \frac{\partial w_B^*}{\partial s} = \frac{\partial w_C^*}{\partial s} < 0。$

推论 3 表明,在这 3 个模型中,政府补贴越多,最优价格就越低。政府对制造企业的生产成本进行补贴,降低了制造企业实际承担的成本,从而导致其批发价和零售商零售价的下降。

3.3 竞争强度及政府补贴对最大利润的影响

采用数值模拟法讨论竞争强度和政府补贴对供应链各成员的影响。参数设置基于 $p_i < a - \beta p_j$, $0 \leq w \leq p_i$, $0 \leq s \leq 1$, $0 \leq \beta \leq 1$, 因此假设 $a=50$, $c=15$, $s=0.3$, β 为从 0 到 1 的连续值,以下分析皆采用此数据。

由图 2 可知,在 3 种模式下,随着竞争强度的增加,供应链的最大总收益呈递减趋势。这表明零售商之间的竞争对供应链的整体收益产生不利影响。此外,无论竞争强度如何取值,模型 A 下的供应链总收益总是比其他两个模型要高,这说明零售商之间的竞争会导致供应链效率下降。

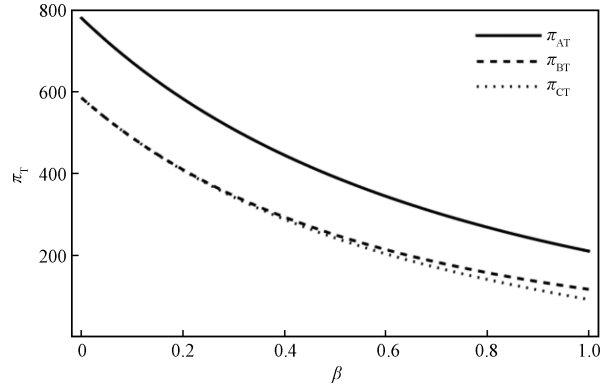


图 2 在 3 种模型下 β 对供应链总利润 π_T 的影响

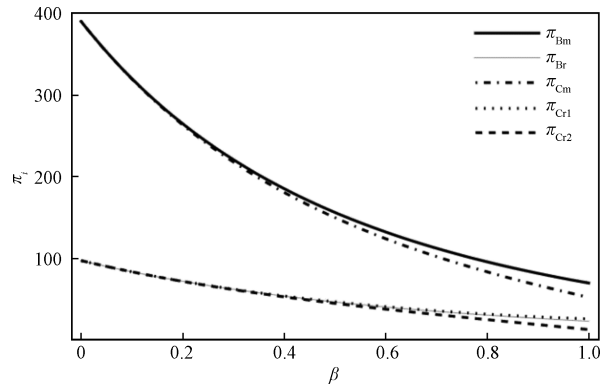


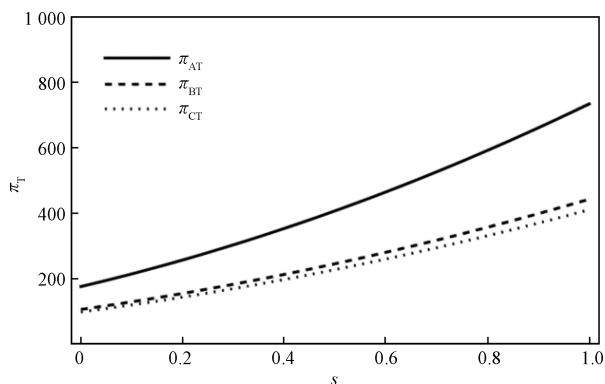
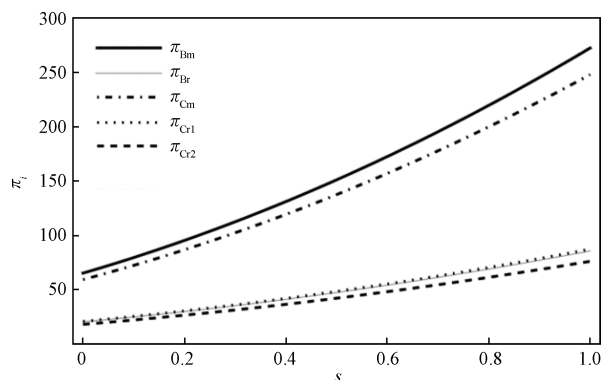
图 3 分散决策下 β 对供应链各成员最大利润的影响

由图 3 可知,在模型 B 和模型 C 下,随着竞争的增加,供应链各成员的利润下降,因为它们必须降低价格来吸引更多顾客,定价降低导致利润减少。在这两种模型中制造商的利润都比零售商高,这是因为制造商在供应链中的地位更强,可以通过议价获得更有利的合作条件,从而能够获得较高的利润。当零售商之间采用 Stackelberg 博弈时,一个零售商充当领导者,制定价格和策略,而另一个零售商则根据领导者的决策进行相应调整,这种情况下,供应链的总利润最低,因为领导者能够控制市场并获得更多的利润。

采用数值模拟法来分析政府补贴对供应链总利润和各成员最大利润的影响,如图 4 和图 5 所示。假设 $\beta=0.3$, s 为从 0~1 的连续值。

由图 4 可知,在 3 种模型中,当政府补贴增大时,模型 A 下供应链的总利润显著增长,而对于另外两种模型,政府补贴的影响相对较弱,这表明,政府补贴对供应链集中决策时更有利。

图 5 表明随着政府补贴的增加,两模型中制造商的利润得到显著增长,说明政府补贴对模型 B 和模型 C 中的制造商利润有较强的激励效果,而对于

图4 3种模型下 s 对供应链总利润的影响图5 分散决策下 s 对供应链各成员最大利润的影响

两模型中的零售商利润来说,政府补贴对零售商利润的影响相对较弱。

4 结论与展望

通过以上研究,可以得出以下结论。

(1)制造商的批发价格不受零售商间竞争行为的影响,但在不同模式下零售商的零售价格会根据自己的议价能力发生变化。供应链成员的最优定价和利润会随着竞争强度的增加而降低。

(2)政府补贴降低了供应链成员的定价,同时可以鼓励供应链成员获得更高的利润,对供应链的总利润产生积极的影响。

(3)零售商之间采用 Stackelberg 博弈竞争时供应链的总利润最低;制造商和零售商合作决策时,政府补贴能有效刺激供应链总利润的增长。在零售商之间的3种竞争模式下,竞争强度和政府对制造商利润的影响程度最高。

根据所得结论可对政府和供应链成员企业给出以下建议。

(1)当考虑供应链整体利润最优时,供应链成员应采取合作博弈进行集中决策,并建议政府可以考虑提供补贴来鼓励他们合作,从而促进供应链总

利润的增长。

(2)针对零售商之间的竞争模式,建议制造商可以采取差异化定价策略,根据不同零售商的议价能力来制定不同的批发价格,尽可能降低零售商之间的竞争强度,以最大化各自的利润。

(3)鉴于政府补贴对供应链总利润的积极影响,建议政府可以考虑在竞争激烈的市场环境中提供补贴,在一定范围内提高补贴率,以促进供应链成员的利润增长和整体竞争力的提升。

未来研究可以从以下两个方面展开:一是可以探索政策创新,如以激励为导向的补贴政策、绿色供应链认证等,以促进零售商竞争和供应链决策的可持续发展;二是可以结合实证研究和模型分析,深入研究供应链决策中政府补贴和零售商竞争的优化方法和决策模型,同时考虑供应链成员签订合同契约对供应链的影响,进一步优化考虑零售商竞争行为的供应链,为企业实用的管理思路。

参考文献

- [1] MENG Q, LI M, LIU W, et al. Pricing policies of dual-channel green supply chain: considering government subsidies and consumers' dual preferences[J]. Sustainable Production and Consumption, 2021, 26: 1021-1030.
- [2] 林强, 刘名武. 同时考虑政府补贴与企业成本分担的绿色供应链决策[J]. 工业工程, 2022, 25(6): 29-38.
- [3] 衣珊珊, 陈焱. 政府补贴与碳税政策双参与下的闭环供应链生产决策研究[J]. 物流工程与管理, 2022, 44(11): 31-34.
- [4] 张子元, 傅端香. 考虑互惠利他偏好和政府补贴的绿色供应链最优决策研究[J]. 工业工程, 2020, 23(5): 149-157.
- [5] 陈建华, 陈杰. 基于碳减排成本补贴政策的政企博弈问题研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2020, 42(6): 517-523.
- [6] 王心, 余林, 张书华, 等. 政府补贴对跨境电商供应链合作模式影响研究[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(11): 272-284.
- [7] WU C H, CHEN C W, HSIEH C. Competitive pricing decisions in a two-echelon supply chain with horizontal and vertical competition[J]. International Journal of Production Economics, 2012, 135(1): 265-274.
- [8] 周晓阳, 陈可欣, 温浩宇, 等. 政府补贴下考虑零售商不同竞争行为的闭环供应链决策及合同选择[J]. 中国管理科学, 2022, 30(3): 176-188.
- [9] 陈晓, 孙喜梅. 考虑零售商竞争的绿色供应链补贴策略[J]. 物流技术, 2022, 41(9): 93-98.
- [10] 李文龙, 王雪, 李璐璐, 等. 基于顾客偏好的差别定价回收与契约协调研究[J]. 生态经济, 2020, 36(4): 62-68.

Research on Supply Chain Decision Considering Retailer Competition under Government Subsidies

CHEN Chuanqi, LIU Yanfeng

(School of Management, Bohai University, Jinzhou 121000, Liaoning, China)

Abstract: In order to study the impact of retailer competition on supply chain decision-making under government subsidy of manufacturer production costs, three supply chain decision-making models considering government subsidy rate and retailer competition intensity were established. The effects of government subsidy coefficient and retailer competition intensity on supply chain decision-making were analyzed. The results indicate that retailer competition can increase retail prices without affecting manufacturers' wholesale prices. The more intense the competition, the lower the pricing and profits of each member of the supply chain. Among the three competition modes among retailers, the intensity of competition and government subsidies have the highest impact on manufacturers' profits.

Keywords: supply chain; government subsidies; retailer competition; game theory