

文章编号: 1671-9352(2024)01-0072-13 DOI: 10.6040/j.issn.1671-9352.0.2022.662

公平关切下混销模式的 E-供应链效率和公平度动态演进

肖敏, 张晓典, 何新华

(上海海事大学经济管理学院, 上海 201306)

摘要:建立了由制造商和拥有自建物流的电商平台组成的 E-供应链, 制造商不仅通过电商平台代销, 而是产品批发给电商平台来分销, 从电商平台公平关切信息动态变化的视角, 分析公平关切信息动态变化对混销模式下 E-供应链的定价决策、效率以及公平度等的影响。结果表明: 当电商平台将真实的公平关切信息或者虚假的公平关切信息传递给制造商时, 有利于自身获取更多的利润, 但是公平关切强度值要在合理的范围之内, 否则会降低供应链的主、客观公平度; 当电商平台未将真实的公平关切信息传递给制造商时, 供应链各成员利润以及供应链的总利润最低, 供应链的效率也会随着公平关切强度的增大而减小; 当制造商获取的收益分享比例在一定范围之内时, 有利于提高供应链的主、客观公平度, 但是超过一定的范围会降低供应链的公平度。

关键词: 公平关切; 混销模式; E-供应链; 供应链效率; 公平度

中图分类号: F274 **文献标志码:** A

引用格式: 肖敏, 张晓典, 何新华. 公平关切下混销模式的 E-供应链效率和公平度动态演进 [J]. 山东大学学报(理学版), 2024, 59(1): 72-84.

Dynamic evolution of E-supply chain efficiency and fairness degree in the mixed-sale mode under fairness concern

XIAO Min, ZHANG Xiaodian, HE Xinhua

(School of Economics & Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: An E-supply chain composed of a manufacturer and an e-commerce platform with self-established logistics was established. The manufacturer not only sells their products through the e-commerce platform agent, but also wholesales products to the e-commerce platform for distribution. From the perspective of the e-commerce platform's fairness concern about the dynamic change of information, this paper analyzes the impact of fairness concern about the dynamic change of information on the pricing decisions, efficiency and fairness degree of the E-supply chain under the mixed-sale mode. The research shows that when the e-commerce platform transmits the true fairness concern information or false fairness concern information to the manufacturer, it is beneficial to obtain more profit for itself, but the intensity value of fairness concern should be within a reasonable range, otherwise, it will reduce the subjective fairness degree and objective fairness degree of the supply chain. When the e-commerce platform does not transmit the true fairness concern information to the manufacturer, the profit of each member of the supply chain and the total profit of the supply chain are the lowest, and the efficiency of the supply chain will decrease with the increase of fairness concern. When the proportion of revenue sharing obtained by the manufacturer is within a certain range, it is beneficial to improve the subjective fairness degree and objective fairness degree of the supply chain. However, when it exceeds a certain range, it will reduce the fairness degree of the supply chain.

Key words: fairness concern; mixed-sale mode; E-supply chain; supply chain efficiency; fairness degree

0 引言

近年来,随着电子商务的迅速发展,消费者网络购物需求不断增长,使得 E-供应链迅速发展。E-供应链

收稿时间: 2022-12-27; 网络出版时间: 2023-11-02 17:31:28

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/37.1389.N.20231102.1055.002>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71473162)

第一作者简介: 肖敏(1979—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为供应链与技术创新管理. E-mail: minxiao@shmtu.edu.cn

是基于因特网的经济平台与供应链集成在一起形成的,为企业实时地反应动态变化的市场需求提供了可能^[1]。在E-供应链中,制造商纷纷与电商平台合作来销售产品,形成混合销售模式(简称混销模式),即分销模式和代销模式并存的一种销售模式^[2-3]。分销模式是指制造商将产品批发给电商平台,电商平台再销售给消费者,如海尔京东自营旗舰店;代销模式是指制造商借助电商平台直接向消费者销售产品,同时支付给电商平台一定的平台费用,如京东的海尔官方旗舰店。

方德斌等^[4]通过考虑销售服务和成本差异,分析了制造商分销、代销以及线上直销3种销售模式的选择策略。李春发等^[5]通过考虑消费者渠道偏好,分析了在电商平台主导的E-闭环供应链中,制造商通过电商平台分销、代销产品时的定价问题。王文宾等^[6]通过考虑消费者的渠道接受差异,研究了E-供应链中制造商销售模式的选择对渠道成员的定价决策的影响。文悦等^[7]针对电商平台的销售模式,通过考虑电商平台自营前后与制造商的权力结构差异,分析了3种权力结构对渠道成员决策的影响。倪晓等^[8]通过考虑消费者对平台品牌价值和制造商产品质量偏好的异质性,研究了不同权力结构下制造商入驻平台前后博弈双方对混销模式的决策问题。这些关于E-供应链中混销模式的研究并未关注利润分配的问题。在供应链中,各个成员都追求自身利益的最大化,当供应链成员认为利润分配不公时,会表现出很强的不公平感,甚至造成合作中断。例如,“去哪儿网”在合作的过程中向供应商索取高额广告费,致使芒果网、艺龙旅游网等供应商撤离其平台,造成合作中断^[9]。

目前,将公平关切行为引入到电商平台参与的供应链中的研究已经取得一些成果。浦徐进等^[10]研究了纵向分配公平关切和横向同行公平关切对制造商线上销售模式构建的影响,并分析公平关切系数、佣金对利润和销售模式选择的影响。李重莲等^[11]基于消费者的渠道偏好,研究了制造商、线上渠道商和线下渠道商三者存在双向公平关切行为对供应链决策的影响。王晓迪等^[12]在一个制造商和一个网络平台组成的E-闭环供应链中,通过比较网络平台无公平关切和有公平关切的2种情况,研究了公平关切行为对闭环供应链各渠道成员的决策的影响。王玉燕等^[13]在低碳闭环供应链下,研究了电商平台有无公平关切的分散决策和联合决策,分析了公平关切、消费者对低碳产品的认知度等参数对决策的影响。张涑贤等^[14]通过考虑消费者的低碳偏好,研究了电商平台的有利不公平厌恶和不利不公平厌恶对低碳制造商和平台型供应链的影响。王文隆等^[15]研究了普通制造商和低碳制造商竞争时,普通制造商的有利不公平厌恶和不利不公平厌恶对制造商和电商平台决策的影响。

以上文献大多是在信息对称下来研究公平关切对供应链的影响的,但一些企业为获取最大利益,会隐瞒自身成本、竞争力等重要信息,使供应链成员双方信息不对称,进而影响成员对公平关切信息的获取,对供应链利润造成影响,从而降低供应链效率和公平度。王新辉等^[16]在供应商生产成本以及销售商销售成本信息双边不对称的情况下,研究了供销双方信息谎报和真实共享对供应链信息激励以及供应链效率的影响。肖玉明^[17]基于回购契约建立激励模型,用效率度量供应链的协调程度,并定义公平熵度量供应链利润分配的公平性,分析供应链收益分配公平性对供应链协调的影响。覃燕红等^[18]和高文军等^[19]通过引入公平熵和供应链效率的计算,从主观和客观2个方面研究了公平关切信息非对称情况下,供应链的效率和公平度的影响。浦徐进等^[20]通过引入参照点效应,研究了分销商公平偏好对三级供应链运作效率的影响。这些文献研究了供应链的效率和公平度问题,但针对混销模式来同时研究E-供应链的效率和公平度的文献很少。

基于已有研究,本文的创新点主要体现在:首先,虽然已有文献对E-供应链的混销模式进行了研究;但这些研究主要集中在销售模式的选择方面且很少考虑电商平台的公平关切信息的变化,因此本文聚焦于电商平台公平关切信息动态变化的视角。其次,现针对E-供应链下公平关切的研究没有同时考虑供应链效率和公平度问题,也没有分析公平关切信息的变化对供应链效率和公平度的影响,供应链各成员对公平关切信息的关注,在一定程度上能够促进供应链效率的提高,提高合作的积极性,因此有必要对其进行研究。进一步,本文分析了收益分享比例与服务成本对供应链效率和公平度的影响,充实了关于供应链效率和公平度的理论研究。

鉴于此,本文建立由制造商和拥有自建物流的电商平台组成的E-供应链模型,从电商平台公平关切信息动态变化的视角,将博弈分为4个阶段,通过逆向归纳法和数值仿真来分析公平关切信息动态变化对混销模式下E-供应链的定价决策、效率以及公平度等的影响。

1 问题描述与模型假设

考虑如图 1 所示的由单一制造商(m)和单一电商平台(r)组成的 E-供应链,制造商占据主导地位,制造商一方面通过电商平台代销,即制造商借助电商平台直接以销售价格 p_m 向消费者销售产品,其中电商平台分享一定的收益比例,即电商平台向制造商收取一定比例的平台费用,假设电商平台分享的收益比例为 $1-t$,则制造商获取的收益比例为 t ^[6],且 $0 < t < 1$;另一方面,制造商通过电商平台分销,即制造商以批发价格 w 将产品批发给电商平台,电商平台再以销售价格 p_r 销售给消费者。不失一般性,假设制造商的生产成本为 0,制造商通过电商平台销售产品所花费的固定成本为 F ^[22]。

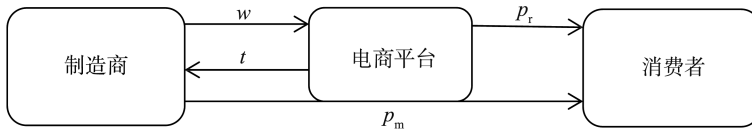


图 1 E-供应链的结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of the structure of the E-supply chain

假设在代销模式中一般为商家自行选择配送模式进行配送,在分销模式中电商平台用自建物流进行配送,同时电商平台为消费者提供正品鉴定、售后保障等销售服务。假设电商平台对消费者提供的服务水平为 s ,服务成本为 $\frac{1}{2}ks^2$, $k > 0$ 为电商平台的服务成本系数^[21]。服务可以增加消费者购买产品时获得的效用,由于分销渠道为消费者提供了增值服务,因此消费者对代销渠道的接受程度不如分销渠道。假设消费者对代销渠道的接受程度为 δ ,则当消费者对分销渠道的商品估值为 v 时,对代销渠道的商品估值为 δv ,其中 $v \sim U[0, 1]$, $\delta \in (0, 1)$ ^[22]。消费者在分销渠道购买的效用为 $v - p_r + s$,在代销渠道购买的效用为 $\delta v - p_m$ 。

当 $v - p_r + s > \delta v - p_m \geq 0$ 时,顾客选择在分销渠道购买;当 $\delta v - p_m > v - p_r + s \geq 0$ 时,顾客选择在代销渠道购买;当 $v - p_r + s = \delta v - p_m \geq 0$ 时,消费者在两渠道购物所获得消费者剩余无差异。显然,顾客选择存在 3 种临界状态, $v - p_r + s = 0 \Rightarrow v_1 = p_r - s$, $\delta v - p_m = 0 \Rightarrow v_2 = \frac{p_m}{\delta}$, $v - p_r + s = \delta v - p_m \Rightarrow v_{12} = \frac{p_r - s - p_m}{1 - \delta}$ 。通过比较顾客的估值 $\{v_1, v_2, v_{12}\}$,可知,当 $v_1 > v_2$ 时,即当 $p_r - s > \frac{p_m}{\delta}$ 时, $v_{12} > v_1 > v_2$,此情景下,估值处于区间 $[v_2, v_{12}]$ 的顾客选择在代销渠道购买商品,估值处于区间 $[v_{12}, 1]$ 的顾客选择在分销渠道购买商品,估值处于区间 $[0, v_2]$ 的顾客选择不在任何渠道购买商品;当 $v_2 > v_1$ 时,即当 $p_r - s < \frac{p_m}{\delta}$ 时, $v_2 > v_1 > v_{12}$,此情景下,估值处于区间 $[v_1, 1]$ 的顾客选择在分销渠道购买商品,即所有的顾客都将选择在分销渠道购买商品,此情景下混销模式不存在。综上,本文仅考虑 $p_r - s > \frac{p_m}{\delta}$ 以确保混销模式的存在,由此得到分销模式的需求函数为

$$d_r = \int_{\frac{p_r - s - p_m}{1 - \delta}}^1 dv = 1 - \frac{p_r - s - p_m}{1 - \delta},$$

代销模式的需求函数为

$$d_m = \int_{\frac{p_m}{\delta}}^{\frac{p_r - s - p_m}{1 - \delta}} dv = \frac{p_r - s - p_m}{1 - \delta} - \frac{p_m}{\delta}.$$

电商平台的公平关切行为具有动态性,制造商通过一段时间的观察可以获得电商平台公平关切的强度值。电商平台公平关切的强度为 θ_r ,由于公平关切为决策者的主观内在信息,因此在与制造商进行博弈时表现出来的公平关切强度为 θ_m ,即制造商认为电商平台的公平关切强度为 θ_m ^[18]。本文使用的相关变量注释如表 1 所示。

表 1 符号定义
Table 1 Symbol definition

参数	含义	参数	含义
p_m	产品在代销模式的销售价格	δ	消费者对代销渠道的接受程度
p_r	产品在分销模式的销售价格	θ_r	电商平台实际的公平关切强度
F	制造商通过电商平台销售产品所花费的固定成本	θ_m	制造商认为电商平台的公平关切强度
s	电商平台提供的服务水平	t	制造商获取的收益比例
w	产品的批发价	k	电商平台的服务成本系数

2 模型构建与求解

当不考虑电商平台的公平关切行为时,此时制造商利润、电商平台利润以及供应链的总利润分别为:

$$\pi_m = wd_r + tp_m d_m - F, \tag{1}$$

$$\pi_r = (p_r - w)d_r + (1-t)p_m d_m - \frac{1}{2}ks^2. \tag{2}$$

当制造商和电商平台分散决策时,制造商首先确定产品的批发价格和代销模式的销售价格,电商平台据此再确定分销模式的销售价格和服务水平,当考虑电商平台的公平关切行为时,可知电商平台的效用函数为

$$u_r = \pi_r - \theta_r(\pi_m - \pi_r). \tag{3}$$

在整个博弈阶段,制造商认为电商平台的公平关切强度为 θ_m ,而电商平台实际的公平关切强度为 θ_r 。因为制造商本身无公平关切行为,所以此时制造商的效用函数为

$$u_m = \pi_m = wd_r + tp_m d_m - F. \tag{4}$$

在集中决策情形下,制造商和电商平台以供应链的整体利润最大化作为自身的目标,此时供应链的总利润和总效用为

$$u_c = \pi_c = p_r d_r + p_m d_m - \frac{1}{2}ks^2 - F. \tag{5}$$

通过逆向归纳法,求得分散决策下的最优均衡解,制造商的最优批发价格为 $w^* = \frac{1-\delta+t\delta+(1-\delta+2t\delta)\theta_m}{2(1+2\theta_m)}$,代
销模式的最优销售价格为 $p_m^* = \frac{\delta}{2}$,分销模式的最优销售价格为

$$p_r^* = \frac{1-k(3-4\delta+\delta^2)+(1+\delta-k(5-6\delta+\delta^2))\theta_m}{2(1-2k(1-\delta))(1+\theta_r)(1+2\theta_m)} + \frac{\theta_r((1-2k(1-\delta))(2-\delta)-2(k(3-4\delta+\delta^2)-1)\theta_m)}{2(1-2k(1-\delta))(1+\theta_r)(1+2\theta_m)},$$

电商平台的最优服务水平为 $s^* = \frac{(1-\delta)(1+(3+2\theta_r)\theta_m)}{2(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_r)(1+2\theta_m)}$ 。

同理得集中决策下供应链的最优总利润和最优总效用为 $u_c^{C*} = \pi_c^{C*} = \frac{2k(1-\delta)-\delta}{4(2k(1-\delta)-1)} - F$ 。

证明过程见附录。

3 公平关切信息结构动态演进

根据电商平台公平关切信息的动态变化过程,即 θ_r 与 θ_m 的动态变化,可以将供应链的博弈分为 4 个阶段来分别进行讨论与分析(表 2)。

表 2 博弈的 4 个阶段
Table 2 Four stages of the game

阶段	电商平台的公平关切类型	公平关切信息状况	公平关切强度
I	公平中性	对称	$\theta_m = \theta_r = 0$
II	公平关切	非对称	$\theta_m = 0, \theta_r = \theta > 0$
III	公平关切	对称	$\theta_m = \theta_r = \theta > 0$
IV	公平中性	非对称	$\theta_m = \theta > 0, \theta_r = 0$

第 I 阶段:制造商和电商平台刚开始合作时,双方都很难获得对方的成本、市场竞争力等信息,一般不会关注对方的利润,此时信息对称,电商平台属于公平中性, $\theta_m = \theta_r = 0$ 。根据分散决策模型可得最优解(表 3)。

第 II 阶段:第 I 阶段,制造商利用先动优势制定较高的批发、销售价格等获得了较高利润,电商平台嫉妒制造商,产生公平关切行为,而制造商此时不知道电商平台的公平关切信息,使得制造商和电商平台信息非对称,此时 $\theta_m = 0, \theta_r = \theta > 0$ 。同理得最优解(表 3)。

第 III 阶段:随着交易活动的进行,制造商通过电商平台制定的分销模式的销售价格等逐步获得电商平台的公平关切强度的信息,定价决策时会考虑电商平台的公平关切强度,此时信息对称,电商平台属于公平关切, $\theta_m = \theta_r = \theta > 0$ 。同理得最优解(表 3)。

第 IV 阶段:电商平台知道制造商了解到了自身的公平关切信息,为了获得制造商第 III 阶段的低批发价格等,假意保持原有的公平关切强度,但实际上不再公平关切,此时公平关切强度的信息不对称,电商平台属于公平中性, $\theta_m = \theta > 0, \theta_r = 0$ 。同理得最优解(表 3)。

表 3 各个阶段的最优解
Table 3 Optimal solution at each stage

参数	第 I 阶段	第 II 阶段	第 III 阶段	第 IV 阶段
w^*	$\frac{1+A_0}{2}$	$\frac{1+A_0}{2}$	$\frac{1+\theta-A_{13}}{2+4\theta}$	$\frac{1+\theta-A_{13}}{2+4\theta}$
p_m^*	$\frac{\delta}{2}$	$\frac{\delta}{2}$	$\frac{\delta}{2}$	$\frac{\delta}{2}$
p_r^*	$\frac{A_2-1}{2A_1}$	$\frac{(\delta-2)\theta+A_6-1}{2A_1(1+\theta)}$	$\frac{A_2-1}{2A_1}$	$\frac{A_{18}-(1+\theta+\delta\theta)}{2A_1(1+2\theta)}$
s^*	$\frac{1-\delta}{2A_1}$	$\frac{1-\delta}{2A_1(1+\theta)}$	$\frac{1-\delta}{2A_1}$	$\frac{(1+3\theta)(1-\delta)}{2A_1(1+2\theta)}$
π_m^*	$\frac{A_3-t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_7}{4A_1(1+\theta)}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_{14}}{4A_1(1+2\theta)}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_{19}}{4A_1(1+2\theta)^2}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$
π_r^*	$\frac{2A_0+A_4}{8A_1}$	$\frac{2A_0(1+\theta)^2+A_8}{8A_1(1+\theta)^2}$	$\frac{2A_0(1+2\theta)+A_{15}}{8A_1(1+2\theta)}$	$\frac{A_{20}}{8A_1(1+2\theta)^2}+\frac{A_0}{4A_1}$
π_c^*	$\frac{A_5-2\delta}{8A_1}-F$	$\frac{A_9}{8A_1(1+\theta)^2}-\frac{\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_5-2\delta}{8A_1}-F$	$\frac{A_{21}}{4A_1(1+2\theta)^2}-\frac{\delta}{4A_1}-F$
u_m^*	$\frac{A_3-t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_7}{4A_1(1+\theta)}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_{14}}{4A_1(1+2\theta)}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$	$\frac{A_{19}}{4A_1(1+2\theta)^2}-\frac{t\delta}{4A_1}-F$
u_r^*	$\frac{2A_0+A_4}{8A_1}$	$\frac{A_{10}}{8A_1(1+\theta)}+\frac{A_{11}}{4A_1}$	$\frac{A_{16}}{8A_1}-\frac{4F\theta+A_{13}}{4A_1}$	$\frac{A_{20}}{8A_1(1+2\theta)^2}+\frac{A_0}{4A_1}$
u_c^*	$\frac{A_5-2\delta}{8A_1}-F$	$\frac{B_7}{8A_1}+\frac{A_{12}}{8A_1(1+\theta)}$	$\frac{(1+2\theta)B_7}{8A_1}+\frac{A_{17}}{8A_1}$	$\frac{A_{21}}{4A_1(1+2\theta)^2}-\frac{\delta}{4A_1}-F$

注:参数的指代含义见附录。

4 E-供应链定价决策动态演进

由各阶段的最优均衡解计算可得下面命题,证明过程见附录。

命题 1 在制造商和电商平台博弈的各个阶段中:(1) $w_3^* = w_4^* < w_1^* = w_2^*$; (2) $p_{r4}^* < p_{r3}^* = p_{r1}^* < p_{r2}^*$; (3) $p_{m1}^* = p_{m2}^* = p_{m3}^* = p_{m4}^*$; (4) $s_2^* < s_1^* = s_3^* < s_4^*$; (5) $\pi_{r2}^* < \pi_{r1}^* < \pi_{r3}^* < \pi_{r4}^*$; (6) $\pi_{m2}^* < \pi_{m3}^* < \pi_{m4}^* < \pi_{m1}^*$; (7) $\pi_{c2}^* < \pi_{c1}^* = \pi_{c3}^* < \pi_{c4}^*$ 。

命题 1 说明:(1) 在第 I、II 阶段,制造商没有获取电商平台公平关切的强度值,利用先动优势制定了较高的批发价格;在第 III、IV 阶段,制造商在获取电商平台的公平关切强度的真实或虚假值后,为了降低电商平

台的公平关切负效应的影响,降低了产品的批发价。

(2) 在第 I、III 阶段,产品的分销模式的销售价格不变,供应链总利润也不变;在第 II 阶段,电商平台在观察到制造商第 I 阶段获取的较高利润后,会产生嫉妒心理,通过提高产品在分销模式的销售价格来增加利润;在第 IV 阶段,通过向制造商传递虚假的公平关切强度值,利用较低的批发价格,降低了产品在分销模式的销售价格来增加销量,提高利润。

(3) 在第 I、III 阶段,制造商和电商平台的信息对称,电商平台的服务水平相同;在第 II 阶段,电商平台产生了公平关切行为,为了获得较多利润,会降低服务水平;在第 IV 阶段,电商平台通过提高产品的服务水平来吸引更多的消费者在分销渠道购买产品。

(4) 在第 II 阶段,由于制造商和电商平台的信息非对称,制造商制定了较高的批发价格,因此电商平台制定了较高的分销模式的销售价格,使制造商、电商平台以及整个供应链的利润最低。在第 I、III 阶段,制造商和电商平台的信息对称,由于制造商占主导地位,在第 I 阶段发挥了主导者的先动优势,因此获得了更多利润,电商平台则相反,获得了较低利润;在第 III 阶段,制造商降低批发价格,获得较低利润,电商平台从制造商的低批发价格上获益,因此获得较多利润;在第 IV 阶段,电商平台通过向制造商传递公平关切的虚假值,获得了较低的批发价格,增加了利润,也使制造商利润较高,供应链总利润在此阶段最多。

命题 2 w_3^* 、 w_4^* 、 p_{r4}^* 、 s_2^* 均随着公平关切强度的增大而减少, p_{r2}^* 、 s_4^* 随着公平关切强度的增大而增大, w_1^* 、 w_2^* 、 p_{r1}^* 、 p_{r3}^* 、 p_{m1}^* 、 p_{m2}^* 、 p_{m3}^* 、 p_{m4}^* 、 s_1^* 、 s_3^* 不随公平关切强度的变化而变化。

命题 2 说明:在第 II 阶段,由于制造商利用先动优势获得了较高利润,电商平台产生了不公平的心理,因此随着公平关切强度的不断增加,电商平台不断提高产品在分销模式的销售价格来提高自身利润,同时,电商平台会降低自己的服务水平来使自身的公平心理得到平衡;在第 III 阶段,随着电商平台公平关切强度的增加,制造商为了减少电商平台公平关切负效应的影响,会降低产品的批发价;在第 IV 阶段,电商平台向制造商传递了虚假的公平关切强度值,随着公平关切强度的增加,制造商为了减少电商平台公平关切负效应的影响,同样会降低产品的批发价,电商平台通过提高服务水平以及降低产品在分销模式的销售价格来增加利润。在第 I、II 阶段,由于制造商并未获取电商平台公平关切的有关信息,因此其批发价格不随电商平台的公平关切强度的变化而变化。

命题 3 w_1^* 、 w_2^* 、 w_3^* 、 w_4^* 均随着制造商获取的收益分享比例的增大而增大, s_1^* 、 s_2^* 、 s_3^* 、 s_4^* 、 p_{r1}^* 、 p_{r2}^* 、 p_{r3}^* 、 p_{r4}^* 、 p_{m1}^* 、 p_{m2}^* 、 p_{m3}^* 、 p_{m4}^* 不随制造商获取的收益分享比例的变化而变化。

命题 3 说明,无论电商平台是否公平关切以及制造商是否观察到电商平台的公平关切行为,当制造商获取的收益分享比例增加时,此时产品在代销模式销售获得的收益增加,制造商会提高产品的批发价格来提高产品在分销模式的收益,从而获取更多的利润。

命题 4 p_{r1}^* 、 p_{r2}^* 、 p_{r3}^* 、 p_{r4}^* 、 s_1^* 、 s_2^* 、 s_3^* 、 s_4^* 均随着电商平台服务成本系数的增大而减小, w_1^* 、 w_2^* 、 w_3^* 、 w_4^* 、 p_{m1}^* 、 p_{m2}^* 、 p_{m3}^* 、 p_{m4}^* 不随服务成本系数的变化而变化。

命题 4 说明,无论电商平台是否公平关切以及制造商是否观察到电商平台的公平关切行为,随着电商平台服务成本系数的增加,电商平台投入服务的成本增大,为了保证收益,电商平台会降低服务水平,同时,为了吸引消费者购买,电商平台会降低产品在分销模式的销售价格。电商平台的服务成本系数不会影响产品的批发价格以及产品在代销模式的销售价格。

5 E-供应链效率动态演进

虽然供应链各成员都追求自身利益的最大化,但在整个供应链运作过程中,为了实现供应链的协调运作,各成员也要关注其他成员的利益。供应链效率是度量供应链协调程度的重要指标,用分散决策下供应链各成员的利润或效用之和与集中决策下供应链的利润或效用之比 E 来刻画^[18],分为主观效率和客观效率。供应链的主观效率 E^s 为分散决策下供应链各成员的效用之和与集中决策下供应链的总效用的比值,供应链的客观效率 E^o 为分散决策下供应链各成员的利润之和与集中决策下供应链的总利润的比值; E 越接近 1,供应链的效率越高, E 越接近 0,供应链的效率越低。

经计算得各个阶段的主观效率和客观效率如表 4 所示。

表4 各个阶段的主、客观效率
Table 4 Subjective and objective efficiency at each stage

阶段	客观效率 E_i^o	主观效率 E_i^s
I	$\frac{A_5-B_1}{B_8}$	$\frac{A_5-B_1}{B_8}$
II	$\frac{A_9-B_2}{B_8(1+\theta)^2}$	$\frac{(1+\theta)B_7+A_{12}}{B_8(1+\theta)}$
III	$\frac{A_5-B_1}{B_8}$	$\frac{(1+2\theta)B_7+A_{17}}{B_8(1+2\theta)}$
IV	$\frac{A_{21}-B_5}{B_8(1+2\theta)^2}$	$\frac{A_{21}-B_5}{B_8(1+2\theta)^2}$

注:参数的指代含义见附录。

命题5 $E_2^o < E_1^o = E_3^o < E_4^o$ 。

证明 因为供应链的客观效率 E^o 为分散决策下供应链各成员的利润之和与集中决策下供应链的总利润的比值,由命题1可知, $\pi_{c2}^* < \pi_{c1}^* = \pi_{c3}^* < \pi_{c4}^*$, 且 $\pi_c^* > 0$, 所以 $E_2^o < E_1^o = E_3^o < E_4^o$ 。

命题5表明:在第I、III阶段,制造商和电商平台信息对称,供应链的客观效率相同;在第II阶段,由于制造商在第I阶段利用先动优势获得了较高利润,电商平台产生了不公平的心理,制造商并未观察到,这个阶段两者的信息非对称,供应链的客观效率最低;在第IV阶段,电商平台向制造商传递了虚假的公平关切强度值,两者的信息非对称,供应链的客观效率最高。

由于主观效率的比较以及各参数对主、客观效率影响的算式较为复杂,因此以下将证明以及分析部分在算例分析部分进行演算。

6 E-供应链公平度动态演进

在供应链运作的过程中,为了保持供应链运作的稳定性,要考虑利润分配的公平度。公平度是供应链各成员衡量供应链利润分配公平程度的重要指标,用公平熵 H 来度量^[17],分为主观公平度和客观公平度。供应链的主观公平度为 $H^s = -\frac{1}{\ln 2}(\alpha_{mi} \ln \alpha_{mi} + \alpha_{ri} \ln \alpha_{ri})$, 其中 $\alpha_{mi} + \alpha_{ri} = 1$, α_{mi} 、 α_{ri} 分别为制造商和电商平台的效用占供应链总效用的比例。供应链的客观公平度为 $H^o = -\frac{1}{\ln 2}(\beta_{mi} \ln \beta_{mi} + \beta_{ri} \ln \beta_{ri})$, 其中 $\beta_{mi} + \beta_{ri} = 1$, β_{mi} 、 β_{ri} 分别为制造商和电商平台的利润占供应链总利润的比例。 H 越大,表示供应链利润分配的公平度越高。

经计算得各个阶段的主观公平度和客观公平度如表5所示。

表5 各个阶段的主、客观公平度
Table 5 Subjective and objective fairness degree in each stage

阶段	公平度类型	公平度 H_i
I	客观	$H_1^o = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_3-B_0}{A_5-B_1} \ln \frac{2A_3-B_0}{A_5-B_1} + \frac{2A_0+A_4}{A_5-B_1} \ln \frac{2A_0+A_4}{A_5-B_1} \right)$
	主观	$H_1^s = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_3-B_0}{A_5-B_1} \ln \frac{2A_3-B_0}{A_5-B_1} + \frac{2A_0+A_4}{A_5-B_1} \ln \frac{2A_0+A_4}{A_5-B_1} \right)$
II	客观	$H_2^o = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{(1+\theta)(2A_7-B_3)}{A_9-B_2} \ln \frac{(1+\theta)(2A_7-B_3)}{A_9-B_2} + \frac{2A_0(1+\theta)^2+A_8}{A_9-B_2} \ln \frac{2A_0(1+\theta)^2+A_8}{A_9-B_2} \right)$
	主观	$H_2^s = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{(2A_3-B_0)(1+\theta)}{(1+\theta)B_7+A_{12}} \ln \frac{(2A_3-B_0)(1+\theta)}{(1+\theta)B_7+A_{12}} + \frac{A_{10}+2(1+\theta)A_{11}}{(1+\theta)B_7+A_{12}} \ln \frac{A_{10}+2(1+\theta)A_{11}}{(1+\theta)B_7+A_{12}} \right)$

续表

阶段	公平度类型	公平度 H_i
III	客观	$H_3^o = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_{14}-B_4}{(A_5-B_1)(1+2\theta)} \ln \frac{2A_{14}-B_4}{(A_5-B_1)(1+2\theta)} + \frac{2A_0(1+2\theta)+A_{15}}{(A_5-B_1)(1+2\theta)} \ln \frac{2A_0(1+2\theta)+A_{15}}{(A_5-B_1)(1+2\theta)} \right)$
	主观	$H_3^s = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_{14}-B_4}{(1+2\theta)B_7+A_{17}} \ln \frac{2A_{14}-B_4}{(1+2\theta)B_7+A_{17}} + \frac{(1+2\theta)(A_{16}+2A_{11})}{(1+2\theta)B_7+A_{17}} \ln \frac{(1+2\theta)(A_{16}+2A_{11})}{(1+2\theta)B_7+A_{17}} \right)$
IV	客观	$H_4^o = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_{19}-B_6}{A_{21}-B_5} \ln \frac{2A_{19}-B_6}{A_{21}-B_5} + \frac{2A_0(1+2\theta)^2+A_{20}}{A_{21}-B_5} \ln \frac{2A_0(1+2\theta)^2+A_{20}}{A_{21}-B_5} \right)$
	主观	$H_4^s = -\frac{1}{\ln 2} \left(\frac{2A_{19}-B_6}{A_{21}-B_5} \ln \frac{2A_{19}-B_6}{A_{21}-B_5} + \frac{2A_0(1+2\theta)^2+A_{20}}{A_{21}-B_5} \ln \frac{2A_0(1+2\theta)^2+A_{20}}{A_{21}-B_5} \right)$

注:参数的指代含义见附录。

由于主、客观公平度的比较以及各参数对主、客观公平度影响的算式较为复杂,因此以下将证明以及分析部分在算例分析部分进行演算。

7 数值算例

为了更加直观地验证结论的正确性,下面将通过数值仿真来分析制造商和电商平台组成的 E-供应链的定价、效率以及公平度的动态演进。本文根据文献[5-6,22]对相关参数进行设置,假设 $F=0.11, t=0.9, \delta=0.6, \theta=0.8, k=4$ 。

7.1 E-供应链的效率动态演进分析

7.1.1 公平关切强度值 θ 对 E-供应链主、客观效率的影响分析

由图 2、3 可知:在第 I 阶段,当电商平台公平中性且信息对称时,供应链的主、客观效率不变;在第 II 阶段,当电商平台公平关切且信息非对称时,供应链的主观效率和客观效率最低,同时,随着 θ 的增大,供应链的主、客观效率在减少;在第 III 阶段,当电商平台公平关切且信息对称时,供应链的客观效率不变,主观效率随着 θ 的增大而增大,当 θ 超过一定的范围后,主观效率将最大;第 IV 阶段,当电商平台传递了虚假的公平关切强度值 θ 且信息非对称时,供应链的主、客观效率随着 θ 的增大而增大,同时客观效率在这个阶段最大。这表明当电商平台产生公平关切心理时,若制造商由于信息非对称未及时发现,则供应链的主、客观效率最低,若制造商及时发现且公平关切强度值超过一定范围,不仅会提高供应链的主观效率,而且主观效率达到最大,因此占主导地位的制造商在定价决策方面应该关注供应链成员的公平关切行为,来提高供应链的效率及各方利润。当电商平台传递了虚假的公平关切强度值且双方信息非对称时,电商平台传递较高的公平关切强度值有利于提高供应链的主、客观效率。

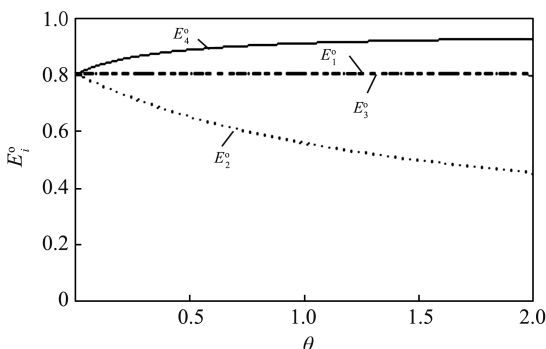


图 2 公平关切强度值 θ 对供应链客观效率的影响
Fig.2 Effect of θ on the objective efficiency of the supply chain

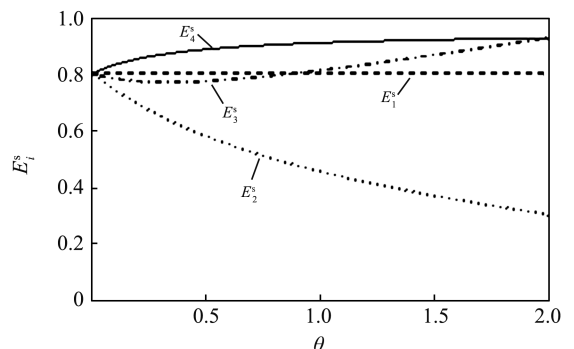


图 3 公平关切强度值 θ 对供应链主观效率的影响
Fig.3 Effect of θ on the subjective efficiency of the supply chain

7.1.2 制造商获取的收益分享比例 t 对 E-供应链主、客观效率的影响分析

由图 4、5 可知:在第 I、IV 阶段,电商平台无公平关切行为时,供应链的主、客观效率大;在第 II、III 阶段,电商平台公平关切时,供应链的主观效率随着 t 的增大而减小。这表明当电商平台公平关切时,尽管制造商获取的收益分享比例很大即电商平台收取的平台费用很小,但是供应链的主观效率会下降,此时,在电商平

台公平关切时,电商平台可以合理地调整收益分享比例的范围,提高供应链的效率。

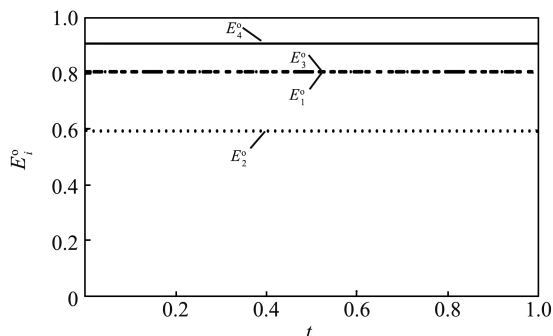


图4 制造商获取的收益分享比例 t 对供应链客观效率的影响

Fig.4 Effect of t on the objective efficiency of the supply chain

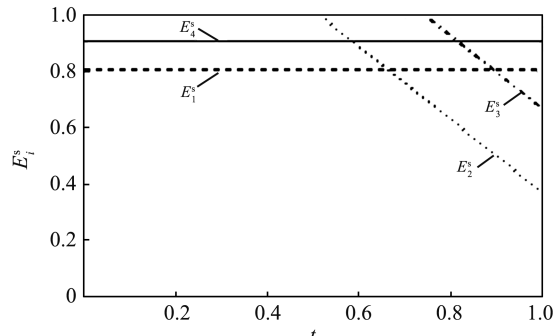


图5 制造商获取的收益分享比例 t 对供应链主观效率的影响

Fig.5 Effect of t on the subjective efficiency of the supply chain

7.1.3 服务成本系数 k 对 E-供应链主、客观效率的影响分析

由图6、7可知:无论电商平台是否公平关切以及制造商是否观察到电商平台的公平关切行为,供应链的主、客观效率随着 k 的增大而增大;在第II阶段,电商平台公平关切且信息非对称时,供应链的主、客观效率都最低;在第IV阶段,电商平台向制造商传递了虚假的公平关切强度值且信息非对称时,供应链的主、客观效率都最高。这表明当电商平台产生公平关切行为时,提高了产品在分销模式的销售价格,而随着 k 的增加,服务投入成本不断加大,为了减少成本,电商平台降低了服务水平,而制造商未观察到电商平台的公平关切行为,没有及时做出合理的定价决策,降低了供应链的主、客观效率;在信息非对称时,电商平台传递虚假的公平关切强度值,制造商降低了批发价格,电商平台因服务成本系数的增加而降低了服务水平,提高了自身利润,有利于提高供应链的主、客观效率。

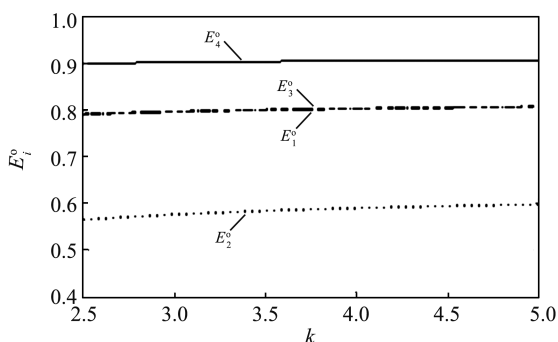


图6 服务成本系数 k 对供应链客观效率的影响

Fig.6 Effect of k on the objective efficiency of the supply chain

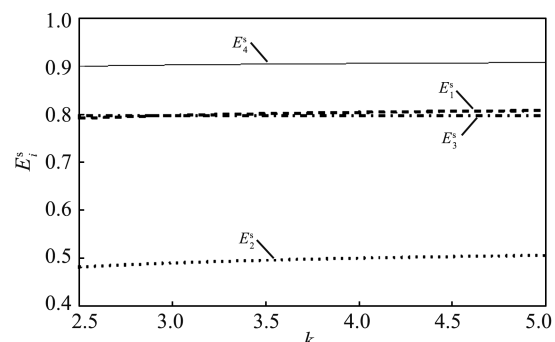


图7 服务成本系数 k 对供应链主观效率的影响

Fig.7 Effect of k on the subjective efficiency of the supply chain

7.2 E-供应链的公平度动态演进分析

7.2.1 公平关切强度 θ 对 E-供应链主、客观公平度的影响分析

由图8、9可知:当 θ 较小时,在第I阶段,当电商平台无公平关切行为且信息对称时,供应链的主观公平度和客观公平度都低;在第III阶段,当电商平台无公平关切行为且信息对称时,供应链的主观公平度和客观公平度最高。当制造商考虑电商平台真实的公平关切信息或虚假的公平关切信息时,供应链的主、客观公平度都会提高,并且高于制造商不考虑电商平台行为时的公平度。当 θ 较大时,供应链的主、客观公平度会下降。这表明当电商平台无公平关切行为且信息对称时,制造商获取了更多利润,使利润分配不公平,供应链的主、客观公平度最低;当电商平台有较小的公平关切强度值或传递较少虚假的公平关切强度值时,制造商根据公平关切强度值做出的定价决策的调整,有利于缓解利润分配不公平的问题,提高供应链的主、客观公平度,但是公平关切强度值不能过大,若公平关切强度值过大,反而会使供应链的主、客观公平度下降。

7.2.2 制造商获取的收益分享比例 t 对 E-供应链主、客观公平度的影响分析

由图10、11可知:当 t 较小时,供应链的主、客观公平度随着 t 的增大而增大,在第I、IV阶段,供应链的主、客观公平度最高;当 t 较大时,供应链的主、客观公平度随着 t 的增大而减小,在第I、II阶段,供应链的主观公平度最

低。这表明当制造商获取的收益分享比例在一定范围之内时,有利于提高供应链的主、客观公平度,但是超过一定的范围会降低供应链的公平度,电商平台应该合理设置收益分享的比例,来维护供应链的公平度。

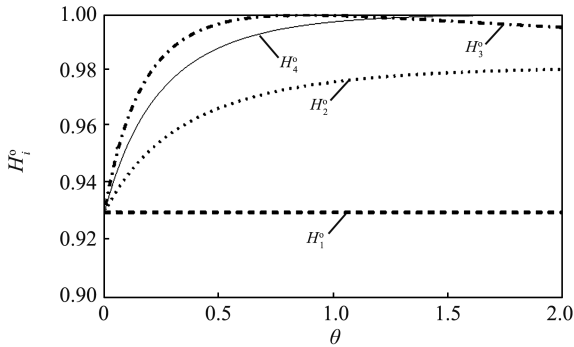


图 8 公平关切强度 θ 对供应链客观公平度的影响
Fig.8 Effect of θ on the objective fairness degree of the supply chain

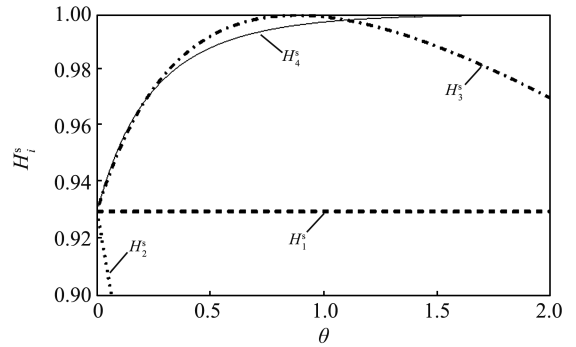


图 9 公平关切强度 θ 对供应链主观公平度的影响
Fig.9 Effect of θ on the subjective fairness degree of the supply chain

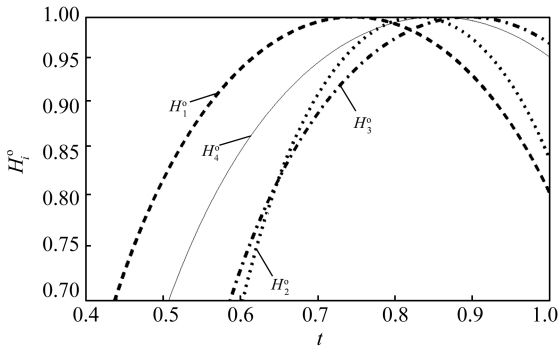


图 10 制造商获取的收益分享比例 t 对 E-供应链客观公平度的影响
Fig.10 Effect of t on the objective fairness degree of the supply chain

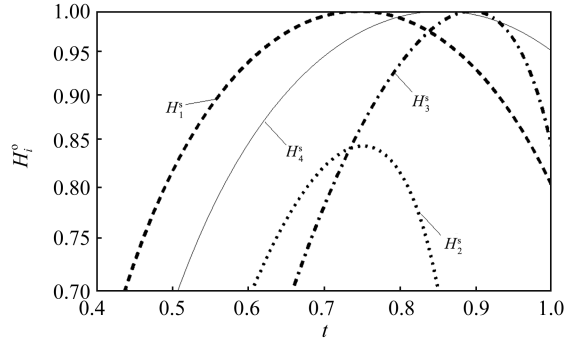


图 11 制造商获取的收益分享比例 t 对 E-供应链主观公平度的影响
Fig.11 Effect of t on the subjective fairness degree of the supply chain

7.2.3 服务成本系数 k 对 E-供应链主、客观公平度的影响分析

由图 12、13 可知:供应链的主观公平度和客观公平度都随着 k 的增大而增大,在第 I、II 阶段,供应链的主、客观公平度最低;在第 III、IV 阶段,供应链的主、客观公平度最高。这表明,当电商平台无公平关切行为时,随着 k 的增加,电商平台的服务投入成本不断加大,占主导地位的制造商为了使自身利润最大,忽视了电商平台的利润,降低了供应链的主、客观公平度;在电商平台产生公平关切行为时,由于与制造商信息非对称,制造商无法及时获取相关信息,不能及时调整定价决策,因此使供应链的主、客观公平度降低;在电商平台公平关切或传递虚假的公平关切信息时,为了减少服务成本的投入,电商平台降低服务水平,制造商根据所获得的信息调整自身的定价决策,有利于提高供应链的主、客观公平度,因此当电商平台的服务成本系数增加而增大服务投入成本时,电商平台应该及时将自身的公平关切信息或虚假的公平关切信息传递给制造商,有利于利润分配的公平性,可以提高供应链的主、客观公平度。

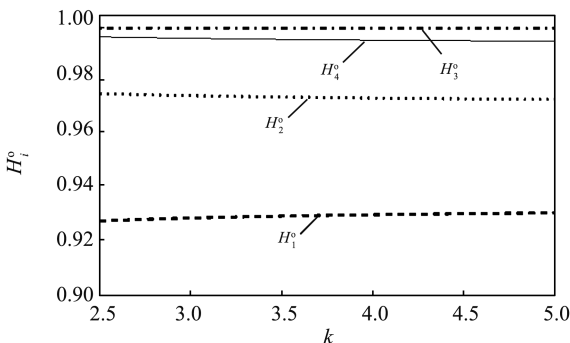


图 12 服务成本系数 k 对供应链客观公平度的影响
Fig.12 Effect of k on the objective fairness degree of the supply chain

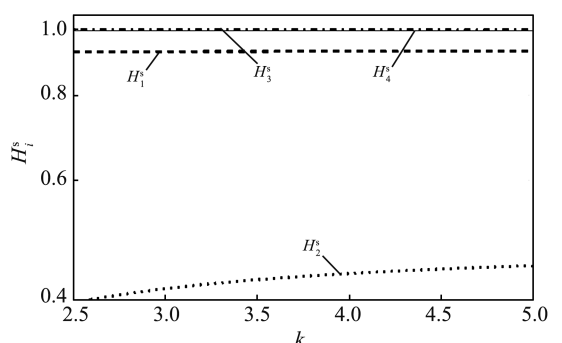


图 13 服务成本系数 k 对供应链主观公平度的影响
Fig.13 Effect of k on the subjective fairness degree of the supply chain

8 结论与展望

本文建立了由制造商和拥有自建物流的电商平台组成的 E-供应链,制造商不仅通过电商平台代销,电商平台分享一定的收益比例,而且将产品批发给电商平台来分销,通过从电商平台公平关切信息动态变化的视角,将博弈分为 4 个阶段,分析公平关切信息动态变化对 E-供应链定价决策、效率以及公平度等的影响。研究表明:

(1) 当电商平台不及时向制造商传递真实的公平关切强度值时,制造商未观察到电商平台的公平关切行为,没有及时做出合理的定价决策,降低了供应链的主、客观效率,但客观公平度有所改善。

(2) 当电商平台向制造商传递真实的公平关切强度值且满足一定条件时,电商平台将收益分享比例控制在一定范围内,可以兼顾供应链的效率和公平度。

(3) 当电商平台向制造商传递适当的虚假公平关切强度值时,随着服务成本系数的增加,服务成本不断加大,电商平台降低服务水平,制造商会采取行动来降低批发价格,有利于供应链的发展,供应链的总利润达到最大,此时供应链的主、客观效率和公平度都有所改善。

根据研究,可以得出相应的管理启示:

(1) 在电商平台公平关切的情况下,电商平台应积极与制造商进行沟通,将公平关切强度值及时传递给制造商,同时要合理的调整收益分享比例的范围,这样有利于提高供应链的效率和公平度。当处于主导地位的制造商未观察到电商平台的公平关切信息时,制造商最好采取降低批发价格的策略,维护供应链的效率和公平度。

(2) 在电商平台向制造商传递虚假的公平关切信息时,要控制在一定的范围内,来提高供应链效率和利润分配的公平性,否则会适得其反,同时,电商平台要合理制定收益分享比例和自身的服务水平。

未来也可以考虑电商平台主导的情形来进行研究,也可以进一步考虑混销模式下,相对公平关切对 E-供应链的效率和公平度的影响。

参考文献:

- [1] 林勇,马士华. E-供应链管理[J]. 科学管理研究, 2002, (6): 50-52.
LIN Yong, MA Shihua. E-supply chain management[J]. Scientific Management Research, 2002, (6): 50-52.
- [2] 李春发,夏榕池,周驰. 电商自有品牌、制造商搭便车的 e-供应链定价[J]. 系统工程学报, 2022, 37(5): 657-671.
LI Chunfa, XIA Rongchi, ZHOU Chi. E-supply chain pricing involving e-commerce private brand and manufacturer's free riding[J]. Journal of Systems Engineering, 2022, 37(5): 657-671.
- [3] 周驰,于静,李赫. 单一亦或混合? 双重竞争环境下自营平台销售模式选择策略[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2021, 42(9): 1349-1359.
ZHOU Chi, YU Jing, LI He. Single or hybrid: selling mode choices of self-run platform under dual competition environment [J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2021, 42(9): 1349-1359.
- [4] 方德斌,盛嘉良. 考虑销售服务和服务成本差异的制造商线上销售模式选择研究[J]. 管理学报, 2023, 20(4): 568-577.
FANG Debin, SHENG Jialiang. Manufacturer's online sales mode selection considering sales service and service cost difference [J]. Journal of Management, 2023, 20(4): 568-577.
- [5] 李春发,解雯倩,楚明森,等. 电商平台主导型双渠道 E-闭环供应链定价与协调研究[J]. 系统科学与数学, 2020, 40(6): 1090-1102.
LI Chunfa, XIE Wenqian, CHU Mingsen, et al. Pricing and coordination mechanism design of dual-channel e-closed-loop supply chain dominated by e-commerce platform[J]. Journal of Systems Science and Mathematics, 2020, 40(6): 1090-1102.
- [6] 王文宾,丁军飞. 基于电商平台的混销模式对供应链决策的影响研究[J]. 运筹与管理, 2019, 28(6): 89-97.
WANG Wenbin, DING Junfei. Effects of mixed selling channel based on the e-commerce platform on the decision of a supply chain[J]. Operations Research and Management, 2019, 28(6): 89-97.
- [7] 文悦,王勇,段玉兰,等. 基于渠道接受差异和权力结构差异的电商平台自营影响研究[J]. 管理学报, 2019, 16(4): 603-614.
WEN Yue, WANG Yong, DUAN Yulan, et al. The research on the impact of e-commerce platform introducing self-operated channel based-on channel acceptance difference and power structure difference[J]. Journal of Management, 2019, 16(4): 603-614.

[8] 倪晓,程海芳,刘丛.考虑消费者偏好的混销模式决策模型[J].管理学报,2020,17(10):1544-1553.
Ni Xiao, CHENG Haifang, LIU Cong. Hybrid sale channel decision-model considering consumer preference[J]. Journal of Management, 2020, 17(10):1544-1553.

[9] 廖丰.去哪儿遭大供应商抵制:因点击付费广告涨价[N].京华时报,2013-04-03.
LIAO Feng. Where to go by big suppliers boycott price- increase due to pay-per-click advertising[N]. Beijing Times, 2013-04-03.

[10] 浦徐进,刘燃,金德龙.考虑实体店公平关切的制造商线上渠道模式选择研究[J].运筹与管理,2019,28(11):178-184.
PU Xujin, LIU Ran, JIN Delong. Manufacturer's distribution strategy considering physical store's fairness concern[J]. Operations Research and Management, 2019, 28(11):178-184.

[11] 李重莲,范定祥,王晓蕾.双向公平关切下双渠道供应链的线上线下融合契约设计[J].中国管理科学,2021,29(11):122-133.
LI Chonglian, FAN Dingxiang, WANG Xiaolei. Contract design of online-offline for dual-channel supply chain under bidirectional fairness concern[J]. China Management Science, 2021, 29(11):122-133.

[12] 王晓迪,王玉燕,李璟.公平关切下网络平台主导的 E-闭环供应链决策及协调模型[J].系统管理学报,2019,28(5):964-972.
WANG Xiaodi, WANG Yuyan, LI Jing. Decision and coordination model of E-CLSC dominant by network platform considering fairness concern[J]. Journal of Systems Management, 2019, 28(5):964-972.

[13] 王玉燕,梁佳平,申亮,等.电商平台公平关切下低碳 E-CLSC 的决策研究[J].中国管理科学,2021,29(4):115-125.
WANG Yuyan, LIANG Jiaping, SHEN Liang, et al. Research on decision-making of low-carbon E-CLSC under fairness concern of e-commerce platform[J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29(4):115-125.

[14] 张涑贤,翟晓娜.考虑电商平台公平关切的平台型供应链运营决策研究[J].物流科技,2021,44(9):126-132.
ZHANG Suxian, ZHAI Xiaona. Operating decisions of a platform supply chain considering fairness concern of e-commerce platform[J]. Logistics Sci-Tech, 2021, 44(9):126-132.

[15] 王文隆,任倩楠,翟晓娜,等.考虑公平关切和制造商竞争的平台型供应链定价、低碳水平和服务水平决策[J].控制与决策,2022,37(4):1045-1055.
WANG Wenlong, REN Qiannan, ZHAI Xiaona, et al. Decisions of pricing, low-carbon level and service level in a platform supply chain considering fairness concern and manufacturers' competition[J]. Control and Decision, 2022, 37(4):1045-1055.

[16] 王新辉,苏应生,郭红梅,等.实报还是谎报:双边信息激励与供应链效率[J].管理工程学报,2021,35(2):167-176.
WANG Xinhui, SU Yingsheng, GUO Hongmei, et al. Telling truth or lying: bilateral information incentives and supply chain efficiency[J]. Journal of Management Engineering, 2021, 35(2):167-176.

[17] 肖玉明.考虑利润分配公平性的供应链激励模型[J].预测,2009,28(1):42-47.
XIAO Yuming. Supply chain incentive model with constraint of profit allocation equity[J]. Forecasting, 2009, 28(1):42-47.

[18] 覃燕红,魏光兴.考虑公平关切的供应链效率与公平度动态演进[J].预测,2019,38(6):74-82.
QIN Yanhong, WEI Guangxing. Dynamic evolution of supply chain efficiency and fairness degree under fairness concern[J]. Forecast, 2019, 38(6):74-82.

[19] 高文军,冯玉琪.公平关切下再制造闭环供应链的动态演进[J].工业工程与管理,2021,26(2):48-56.
GAO Wenjun, FENG Yuqi. Dynamic evolution of C-LSR under fairness concern[J]. Industrial Engineering and Management, 2021, 26(2):48-56.

[20] 浦徐进,金德龙.公平偏好、参照点效应和三级供应链的运作[J].控制与决策,2015,30(5):859-864.
PU Xujin, JIN Delong. Fairness preference, reference point effect and operation research in three layer supply chains[J]. Control and Decision, 2015, 30(5):859-864.

[21] DAN Bin, XU Guangye, LIU Can. Pricing policies in a dual-channel supply chain with retail services[J]. International Journal of Production Economics, 2012, 139(1).

[22] 段玉兰,王勇.考虑电商平台服务投资的平台渠道引入策略[J].中国管理科学,2022,30(5):167-179.
DUAN Yulan, WANG Yong. Strategy introduction of the marketplace channel considering e-commerce platform service investment[J]. Chinese Management Science, 2022, 30(5):167-179.

(编辑:祁业卿)

附录

分散决策下最优解的证明。

证明 因为式(3)关于 p_r 、 s 的 Hessian 矩阵为 $H_m = \begin{bmatrix} -\frac{2(1+\theta_r)}{1-\delta} & \frac{1+\theta_r}{1-\delta} \\ \frac{1+\theta_r}{1-\delta} & -k(1+\theta_r) \end{bmatrix}$, $H_1 = -\frac{2(1+\theta_r)}{1-\delta} < 0$, $H_2 =$

$\frac{(1+\theta_r)^2(2k(1-\delta)-1)}{(1-\delta)^2}$, 当 $1-2k(1-\delta) < 0$, 即 $k > \frac{1}{2(1-\delta)}$ 时, $H_2 > 0$, H_m 是负定的, 此时 u_r 是关于 p_r 、 s 的联合

凹函数,即该函数存在最大值。令 $\frac{\partial u_r}{\partial p_r} = 0, \frac{\partial u_r}{\partial s} = 0$, 联立方程求得电商平台在公平关切强度为 θ_r 时对制造商决策的最优反应函数为

$$p_r(w|\theta_r) = \frac{k-w+kw-2k\delta-kw\delta+k\delta^2+(2w+k(1+2w-\delta)(1-\delta))\theta_r}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_r)}$$

$$\frac{p_m(1-t-k(2-t)(1-\delta)+(1-2t+2k(t+\delta-t\delta-1))\theta_r)}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_r)},$$

$$s(w|\theta_r) = \frac{1-w-\delta+tp_m+\theta_r-2w\theta_r-\delta\theta_r+2tp_m\theta_r}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_r)}。$$

在整个博弈阶段,制造商认为电商平台的公平关切度为 θ_m , 所以制造商认为电商平台的最优反应函数为

$$p_r(w|\theta_m) = \frac{k-w+kw-2k\delta-kw\delta+k\delta^2+(2w+k(1+2w-\delta)(1-\delta))\theta_m}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_m)}$$

$$\frac{p_m(1-t-k(2-t)(1-\delta)+(1-2t+2k(t+\delta-t\delta-1))\theta_m)}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_m)},$$

$$s(w|\theta_m) = \frac{1-w-\delta+tp_m+\theta_m-2w\theta_m-\delta\theta_m+2tp_m\theta_m}{(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_m)}。$$

将 $p_r(w|\theta_m), s(w|\theta_m)$ 代入式(1)中可得, 制造商认为电商平台的公平关切度为 θ_m 时, 制造商的目标函数 π_m , 求 π_m 关于 p_m, w 的一阶导数 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p_m}, \frac{\partial \pi_m}{\partial w}$, 然后令 $\frac{\partial \pi_m}{\partial p_m} = 0, \frac{\partial \pi_m}{\partial w} = 0$, 联立方程分别求得 $p_m^* = \frac{\delta}{2}, w^* = \frac{1-\delta+t\delta+(1-\delta+2t\delta)\theta_m}{2+4\theta_m}$, 再将 p_m^*, w^* 代入 $p_r(w|\theta_r), s(w|\theta_r)$ 中可得电商平台的分销渠道的最优销售价格为

$$p_r^* = \frac{1-k(3-4\delta+\delta^2)+(1+\delta-k(5-6\delta+\delta^2))\theta_m}{2(1-2k(1-\delta))(1+\theta_r)(1+2\theta_m)} + \frac{\theta_r((1-2k(1-\delta))(2-\delta)-2(k(3-4\delta+\delta^2)-1)\theta_m)}{2(1-2k(1-\delta))(1+\theta_r)(1+2\theta_m)},$$

电商平台的最优服务水平为 $s^* = \frac{(1-\delta)(1+(3+2\theta_r)\theta_m)}{2(2k(1-\delta)-1)(1+\theta_r)(1+2\theta_m)}$, 证毕。

参数的指代含义见表 1。

表 1 参数定义
Table 1 Parameters definition

参数	定义	参数	定义
A_0	$(t-1)\delta$	A_{16}	$k(1-\delta)(1+(1+16F)\theta+3\delta(1+\theta)-t\delta(4+8\theta))$
A_1	$2k(1-\delta)-1$	A_{17}	$k(1-\delta)(3+5\theta+2\theta^2+\delta(1+(7-8t)\theta+2(3-8t)\theta^2))$
A_2	$k(\delta-1)(\delta-3)$	A_{18}	$k(1-\delta)(3-\delta+5\theta-\delta\theta)$
A_3	$k(1-\delta)(1-\delta+2t\delta)$	A_{19}	$k(1-\delta)(1+4\theta+3\theta^2-\delta(1+4\theta+3\theta^2-2t(1+2\theta)^2))$
A_4	$k(1-\delta)(1-(4t-3)\delta)$	A_{20}	$k(1-\delta)((1+3\theta)^2+\delta(3+10\theta+7\theta^2-4t(1+2\theta)^2))$
A_5	$k(1-\delta)(3+\delta)$	A_{21}	$k(1-\delta)(3+14\theta+15\theta^2+\delta(1+\theta)^2)$
A_6	$k(1-\delta)(3-\delta+4\theta-2\delta\theta)$	A_{22}	$((2t-1)\theta-1)$
A_7	$k(1-\delta)(1+\delta(2t(1+\theta)-1))$	B_0	$8FA_1+2t\delta$
A_8	$k(1-\delta)(1+2\theta+\delta(3+6\theta+4\theta^2-4t(1+\theta)^2))$	B_1	$8FA_1+2\delta$
A_9	$k(1-\delta)(3+4\theta+\delta(1+2\theta)^2)$	B_2	$(1+\theta)^2(8FA_1+2\delta)$
A_{10}	$k(1-\delta)(1+16F\theta(1+\theta)+\delta(1+2\theta)(3+2\theta-4t(1+\theta)))$	B_3	$(1+\theta)(8FA_1+2t\delta)$
A_{11}	$\delta(t(1+2\theta)-1-\theta)-4F\theta$	B_4	$(1+2\theta)(8FA_1+2t\delta)$
A_{12}	$k(1-\delta)(3+\delta(1+8(1-t)\theta+(4-8t)\theta^2))$	B_5	$(1+2\theta)^2(8FA_1+2\delta)$
A_{13}	$\delta(1+\theta-t(1+2\theta))$	B_6	$(1+2\theta)^2(8FA_1+2t\delta)$
A_{14}	$k(1-\delta)(1+\theta+\delta(t(2+4\theta)-1-\theta))$	B_7	$(8FA_1(\theta-1)+2\delta A_{22})$
A_{15}	$k(1-\delta)(1+4\theta+\delta(3-4t+4\theta-8t\theta))$	B_8	$2(2k(1-\delta)-\delta)-8FA_1$