

区块链技术背景下跨国供应链决策与协调研究

关志民¹ 谢丹¹ 于天阳¹ 曲优²

¹ (东北大学工商管理学院, 沈阳 110169) ² (山东科技大学经济管理学院, 青岛 266590)

〔摘要〕 根据区块链技术在需求预测以及溯源防伪等方面的应用背景, 本文以跨国制造商和零售商组成的二级供应链为研究对象, 研究加征关税背景下区块链技术对不同契约下跨国供应链决策的影响机理。研究表明, 成本共担契约和批发价格契约下, 单位关税增加额增加会导致制造商降低产品质量, 使批发价格和销售价格降低, 进而损害消费者利益; 产品质量、销售价格等与制造商的风险规避系数负相关; 在收益共享契约下, 批发价格、销售价格随单位关税增加额、制造商风险规避系数的增加而增加, 产品质量随单位关税增加额、制造商风险规避系数的增加而降低。

〔关键词〕 跨国供应链 加征关税 区块链 需求预测 风险规避 企业决策

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2021.08.012

〔中图分类号〕 F273; F49 〔文献标识码〕 A

引言

2020年新冠疫情的爆发对我国经济造成了一定的冲击, 也影响了一些跨国企业的供应链运作。中央出台一系列政策明确要求要优先保障在跨国供应链中有重要影响的行业 and 关键环节, 以维护供应链的稳定。

在跨国供应链的发展过程中, 各跨国企业可能会面临产品质量、交易安全、税收等问题, 这些问题都会对跨国供应链的发展带来负面影响。区块链与跨国供应链结合的拓扑图如图1所示。

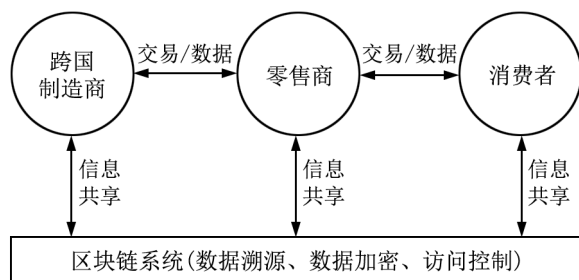


图1 区块链与供应链拓扑图

在拓扑图中, 跨国制造商、零售商、消费者都通过加密数据进行首尾链接, 两两之间存在相互联系, 区块链上的每一次交易信息都会被记录

在一个区块上, 并且在链上各节点的分布式账本中进行储存, 以此来确保信息的准确性、可追溯性和不可篡改性。

2018年, 美国政府宣布对部分中国商品征收10%的关税, 并在2019年初将关税增至25%。这一政策给沃尔玛公司带来了严重的不利影响, 沃尔玛公司明确表示, 关税增加直接影响产品价格的提高, 并加重美国企业的负担, 损害消费者、供应商和美国经济的利益。这一政策也让沃尔玛的跨国供应链遭到破坏, 让关税增加带来的不利影响进一步通过跨国供应链传递到消费者身上。在技术上, 沃尔玛公司一直致力于将区块链技术应用到食品安全领域, 让食品流通的整个过程更具有可追溯性。消费者通过扫描商品上的二维码, 可以了解到产品供应的源头及产品运输过程中的各种信息。使用区块链技术后, 可追溯食品的信息具有不可篡改性, 严重打击了假冒伪劣产品在市面上的流通, 保障了消费者的合法权益。因此, 将区块链技术与供应链融合将全面提高产品可追溯性, 保障食品安全, 提高跨国供应链的安全水

收稿日期: 2021-02-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“基于风险测度的供应链鲁棒建模与策略研究”(项目编号: 71372186); 国家自然科学基金资助项目“面向干扰事件风险环境的弹性供应链系统设计与运作集成优化方法”(项目编号: 70972100)。

作者简介: 关志民, 东北大学工商管理学院教授。研究方向: 物流与供应链管理、运作管理。谢丹, 东北大学工商管理学院硕士研究生。研究方向: 行为运作与供应链管理。于天阳, 东北大学工商管理学院博士研究生。研究方向: 行为运作与供应链管理。曲优, 山东科技大学经济管理学院讲师。研究方向: 行为运作与供应链管理。

平和运营效率^[1]。

随着贸易全球化的发展,关税在跨国供应链中扮演着重要角色,国内外学者广泛研究了关税对跨国供应链企业最优决策的影响。已有学者指出,关税对供应链结构^[2]、供应链最优利润^[3]、政府政策^[4,5]等方面均产生影响,并在此基础上探讨了跨国供应链的产品质量问题^[6,7]。通过文献梳理可以发现,上述文献都是在关税确定的条件下进行研究。实际上,关税直接影响跨国企业的生产成本,加征关税对跨国企业的运营决策来说更是巨大挑战,但却极少有文献研究加征关税对跨国供应链决策的影响。

区块链作为一种新兴的数字技术在跨国供应链企业中的应用步伐日趋加速。有学者指出将区块链技术应用在奢侈品供应链可以对奢侈品进行溯源防伪^[8];应用在食品供应链上可以保障食品安全^[9]。由于区块链具有不可篡改的特性,将区块链技术应用在跨国企业运营管理中可以有效避免信息失真和信息扭曲,从而使企业更好的进行需求预测^[10]。但上述文献均是在决策者完全理性的基本假设条件下研究区块链技术对供应链决策的影响,忽略了跨国供应链企业决策者具有风险规避行为的实际情况。

为促进公司发展,增加市场份额,许多跨国企业会在其他国家开辟新的市场。由于新的市场的政治环境、文化环境、经济波动等因素与本国不同甚至相反,会导致需求难以预测,从而引发销售风险^[11,12]。由于制造商是有限理性的,在面对风险时会表现出风险规避的心理^[13-15]。目前,已有学者研究供应链成员的风险规避行为对供应链定价决策和渠道选择的影响^[16,17],但上述文献并未研究区块链技术对考虑风险规避行为的供应链运营决策的影响。

在供应链的运营管理中,契约问题一直是学术界研究的热点问题,收益共享契约、批发价格契约、成本共担契约在现实生活中广泛存在^[18,19]。通过采用不同的契约,供应链成员可以使整体利润达到最优^[20,21]。但迄今为止鲜有文献在跨国供应链的背景下探讨不同契约对供应链决策的影响。

综上所述,为弥补现有研究的不足,本文在

加征关税的背景下研究区块链技术对不同契约下跨国供应链决策的影响。通过构建制造商主导的Stackelberg博弈模型,求出在批发价格契约下不使用区块链和使用区块链两种情形下供应链成员的最优决策,并在使用区块链技术情形下对比批发价格契约、收益共享契约、成本共担契约下的最优决策。此外,进一步分析单位关税增加额和制造商的风险规避系数对供应链成员最优决策的影响。

1 问题描述与假设

本文以由一个存在风险规避行为的制造商和一个完全理性的零售商组成的二级供应链系统为研究对象。制造商是跨国企业,会在海外国家开辟新的市场,因此制造商可以选择在新的市场中使用区块链技术。本文在制造商存在风险规避行为的情形下,分别构建了批发价格契约下加征关税且不使用区块链、批发价格契约下加征关税且使用区块链、收益共享契约下加征关税且使用区块链、成本共担契约下加征关税且使用区块链4个模型,研究单位关税增加额以及制造商的风险规避系数对供应链成员最优决策及最优利润的影响,并对3种情形下的模型进行对比分析。

假设1:产品需求同时受自身价格和产品质量的影响,设市场1、市场2的线性需求函数为: $q_1 = a_1 - p_1 + m_1 u$, $q_2 = a_2 - p_2 + m_2 u + e$ 。其中, q_i ($i = 1, 2$)代表市场*i*的需求量, p_i ($i = 1, 2$)代表市场的销售价格, u 代表产品的质量水平, m_1 、 m_2 分别表示市场1、市场2的质量弹性系数。由于 m_1 、 m_2 的取值不影响最终结果,不失一般性,参照Ye等^[16]的做法,令 $m_1 = m_2 = \eta$ 。 e 代表市场的需求波动,服从均值为0,方差为 σ^2 的正态分布。在新的市场中,市场需求存在较大不确定性;与新的市场相比,制造商对现有市场的认知更加到位,因而现有市场的需求不确定性较小。借鉴Gupta等^[17]的研究,假设现有市场的需求波动为0,新市场的需求波动为 e ($e > 0$)。在新开辟市场时,由于利润空间大、政府监管不严、物流环节繁多等因素,使得仿冒品易于渗透到供应链中,本文令 x 表示仿冒品的渗透概率,假设正品的质量水平为 u ,由于仿冒品在原材料、做工等方面没有保障,因此正品的产品质量高于仿冒品的产

品质量, 记仿冒品的质量水平为 u_0 , 其中 $u_0 < u$, 令 \bar{u} 代表期望质量水平, 则有 $\bar{u} = xu_0 + (1-x)u$ 。

则需求函数为:

$$\begin{cases} q_1 = a_1 - p_1 + \eta u \\ q_2 = \begin{cases} a_2 - p_2 + \eta [xu_0 + (1-x)u] + e (0 < x < 1) \\ a_2 - p_2 + \eta u + e (x = 0) \end{cases} \end{cases}$$

其中, $0 < x < 1$ 表示在不使用区块链时出现仿冒品的概率; $x = 0$ 表示在使用区块链后由于产品可溯源, 仿冒品数量降低为 0。

假设 2: 参考吴冰等^[11]的研究, 假设制造商对产品质量为 u 的总投资成本为 $C = \frac{1}{2}ku^2$, 其中 C 表示质量投入总成本, k 表示制造商的质量成本系数。

假设 3: 针对跨国供应链, 出口国企业需要向进口国缴纳一定的关税, 借鉴 Dong 等^[22]的做法, 用 v 表示单位关税变动额, v 在 $[\bar{v}, \bar{v} + \Delta]$ 上服从均匀分布, 期望关税为 $s = \frac{2\bar{v} + \Delta}{2}$ 。

假设 4: 借鉴 Gupta 等^[17]的研究, 需求波动因子 e 服从正态分布, $e \sim N(0, \sigma^2)$, 使用区块链后, 数据质量提高, 标准差变为 σ_b , 且 $\sigma_b < \sigma$ 。

假设 5: 制造商向市场 2 跨国销售的单位产品运输成本是定值, 记为 t 。制造商使用区块链技术的单位成本为 g , 固定成本为 G 。

假设 6: 制造商存在风险规避行为, 风险规避系数记为 λ , 零售商是完全理性的, 且市场信息是完全的, 所有信息均为供应链成员的共同知识。

本文的其他符号含义如下: w 表示产品的批发价格; c 表示制造商的单位产品生产成成本, 由于 c 的取值不影响最终结论, 为计算方便, 取 $c = 0$; $\gamma \geq 0$ 表示制造商的风险规避系数; π_M 、 π_R 分别表示制造商和零售商的利润。

本文涉及的供应链结构如图 2 所示, 制造商通过零售商向国内的市场 1 销售产品。为开辟新的市场, 制造商同时还向国外的市场 2 直接销售产品, 制造商可以选择在新的市场中使用区块链技术。在跨国供应链中, 由于市场 1 是国内市场, 市场 2 是国外市场, 因此制造商向市场 1 销售产品不需要缴纳关税, 制造商向市场 2 销售产品需要缴纳关税, 并且面临加征关税的风险。

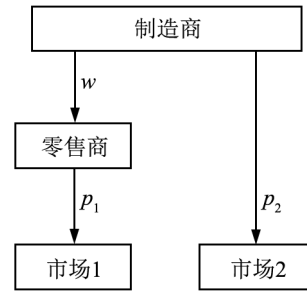


图 2 供应链结构

在该跨国供应链中, 制造商拥有较大的权力, 制造商与零售商之间构成了一个二阶段 Stackelberg 博弈模型。博弈顺序为, 制造商首先决定产品的批发价格 w 和产品质量 u ; 随后, 零售商决定产品在市场 1 的销售价格 p_1 , 与此同时, 制造商决定产品在市场 2 的直接销售价格 p_2 。

2 模型分析

2.1 批发价格契约下加征关税且不使用区块链的情形

本小节研究制造商在新的市场中不使用区块链技术的情形, 运用逆向归纳法对模型进行求解, 此模型用上标 I 表示, 最优解用上标 * 表示。

制造商的利润函数为:

$$\pi_M^I = w^I q_1 + (p_2^I - t - s) q_2 - \frac{1}{2}ku^2 \quad (1)$$

第一部分为制造商在市场 1 上的利润, 第二部分为制造商在市场 2 上的利润, 第三部分为制造商对产品质量为 u 的总投资成本。其中 $p_2^I - t - s$ 表示制造商在市场 2 中的单位利润。

由于制造商具有风险规避行为, 因此制造商单位利润的标准差 SD 为:

$$SD(\pi_M^I) = (p_2^I - t - s)\sigma \quad (2)$$

由于开辟新的市场且市场需求不确定性较大, 制造商以最大化其效用为决策目标, 其效用函数为:

$$U_M^I = E(\pi_M^I) - \lambda SD(\pi_M^I) \quad (3)$$

其中 $E(\pi_M^I)$ 表示制造商的期望利润。

零售商的利润函数为:

$$\pi_R^I = (p_1^I - w^I) q_1 \quad (4)$$

其中, $p_1^I - w^I$ 表示零售商在市场 1 中的单位利润。

命题 1: 制造商的最优批发价格和最优产品质量以及市场 2 的最优销售价格、零售商在市场 1 的最优销售价格、制造商和零售商的最优利

润、制造商的最优效用如下所示:

$$w^{I*} = \frac{2a_1k - \eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]}{4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)}$$

$$u^{I*} = \frac{2\eta x(a_1 + \eta u_0 - \eta u_0 x) - a_1\eta + 2\eta(1-x)(a_1 + a_2 - t - s - \lambda\sigma)}{4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)}$$

$$p_1^{I*} = \frac{6a_1k - 3\eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]}$$

$$p_2^{I*} = \frac{4k(a_2 + t + s - \lambda\sigma + \eta u_0 x) - \eta^2 x [4(x-2)(t+s) + a_1]}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} + \frac{\eta^2(a_1 - a_2 - 5t - 5s + \lambda\sigma - \eta u_0 x)}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]}$$

$$\pi_M^{I*} = \frac{4k[(a_2 - t - s + \eta u_0 x)^2 - \lambda^2\sigma^2] + 2ka_1^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} - \frac{\eta^2[(a_2 - a_1 - t - s + a_1x + \eta u_0 x)^2 - \lambda^2\sigma^2]}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]}$$

$$\pi_R^{I*} = \frac{\{2a_1k - \eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]\}^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]^2}$$

$$U_M^{I*} = \frac{4k[(a_2 - t - s - \lambda\sigma + \eta u_0 x)^2] + 2ka_1^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} - \frac{\eta^2(a_2 - a_1 - t - s + a_1x - \lambda\sigma + \eta u_0 x)^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]}$$

证明: 求解可得市场1和市场2的销售价格关于批发价格及产品质量的最优反应函数:

$$p_1^I = \frac{w^I + \eta u^I + a_1}{2} \quad (5)$$

$$p_2^I = \frac{1}{2} \{ a_2 + t + s - \sigma\lambda + \eta[xu_0 + (1-x)u^I] \} \quad (6)$$

将制造商的效用函数分别对 w^I 、 u^I 求二阶偏导, 得到二阶海森矩阵如下:

$$H_M^I = \begin{bmatrix} -1 & \frac{\eta}{2} \\ \frac{\eta}{2} & \frac{[\eta(x-1)]^2}{2} - k \end{bmatrix}$$

由该海森矩阵可知, 其一阶顺序主子式小于0。当且仅当 $k - \frac{[\eta(x-1)]^2}{2} > \frac{\eta^2}{4}$, 二阶顺序主子式大于0。因此, 当 $k - \frac{[\eta(x-1)]^2}{2} > \frac{\eta^2}{4}$ 时, H_M^I 为负定矩阵。 U_M^I 是关于 w^I 、 u^I 的联合凹函数, 此时存在唯一的最优批发价格、最优产品质量, 使制造商效用达到最大。

经求解可得制造商的最优批发价、最优产品

质量分别为:

$$w^{I*} = \frac{2a_1k - \eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]}{4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)} \quad (7)$$

$$u^{I*} = \frac{2\eta x(a_1 + \eta u_0 - \eta u_0 x) - a_1\eta + 2\eta(1-x)(a_1 + a_2 - t - s - \lambda\sigma)}{4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)} \quad (8)$$

将 w^{I*} 、 u^{I*} 带入 p_1^I 、 p_2^I 的表达式, 可得:

$$p_1^{I*} = \frac{6a_1k - 3\eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} \quad (9)$$

$$p_2^{I*} = \frac{4k(a_2 + t + s - \lambda\sigma + \eta u_0 x) - \eta^2 x [4(x-2)(t+s) + a_1]}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} + \frac{\eta^2(a_1 - a_2 - 5t - 5s + \lambda\sigma - \eta u_0 x)}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} \quad (10)$$

进而得到制造商、零售商的利润以及制造商效用为:

$$\pi_M^{I*} = \frac{4k[(a_2 - t - s + \eta u_0 x)^2 - \lambda^2\sigma^2] + 2ka_1^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} - \frac{\eta^2[(a_2 - a_1 - t - s + a_1x + \eta u_0 x)^2 - \lambda^2\sigma^2]}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 2)]} \quad (11)$$

$$\pi_R^{I*} = \frac{\{2a_1k - \eta^2(1-x) [(a_1 - a_2 + t + s + \lambda\sigma) - x(a_1 + \eta u_0)]\}^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]^2} \quad (12)$$

$$U_M^{I*} = \frac{4k[(a_2 - t - s - \lambda\sigma + \eta u_0 x)^2] + 2ka_1^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} - \frac{\eta^2(a_2 - a_1 - t - s + a_1x - \lambda\sigma + \eta u_0 x)^2}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} \quad (13)$$

命题1得证。

推论1: 在加征关税且不使用区块链情形下,

$$\text{有 } \frac{\partial w^{I*}}{\partial \Delta} < 0, \quad \frac{\partial u^{I*}}{\partial \Delta} < 0, \quad \frac{\partial p_1^{I*}}{\partial \Delta} < 0, \quad \frac{\partial p_2^{I*}}{\partial \Delta} < 0。$$

证明:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial w^{I*}}{\partial \Delta} &= \frac{\eta^2(x-1)}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} < 0 \\ \frac{\partial u^{I*}}{\partial \Delta} &= \frac{2\eta(x-1)}{2[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{I*}}{\partial \Delta} &= \frac{3\eta^2(x-1)}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{I*}}{\partial \Delta} &= \frac{4k - \eta^2(4x^2 - 8x + 5)}{4[4k - \eta^2(2x^2 - 4x + 3)]} < 0 \end{aligned} \right. \quad (14)$$

推论 1 表明, 最优批发价格、最优产品质量、市场 1 的最优销售价格、市场 2 的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降。

关税增加相当于制造商的成本增加, 制造商往往会提高价格来弥补成本, 但此时批发价格和销售价格却是降低的。这是因为, 如果关税成本增加导致零售商的利润为负, 那么零售商将会退出市场, 为保证零售商有利可图, 制造商会通过降低批发价格将部分利润让渡给零售商。同时, 制造商会选择降低产品质量来降低质量成本, 以避免自身利益受损。对零售商来说, 随着单位关税增加额的增加, 产品质量会随之下降, 而零售商会降低价格以保证市场需求, 因此, 零售商的最优销售价格随单位关税增加额的增大而降低。

综合以上分析可知, 单位关税增加额增加会导致制造商降低产品质量, 损害消费者利益。因此政府应制定合理的关税政策, 保障消费者权益。

推论 2: 在加征关税且不使用区块链情形下,

$$\text{有 } \frac{\partial w^{I*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial u^{I*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_1^{I*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_2^{I*}}{\partial \lambda} < 0.$$

证明:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial w^{I*}}{\partial \lambda} &= \frac{\eta^2 \sigma (x-1)}{4k-\eta^2(2x^2-4x+3)} < 0 \\ \frac{\partial u^{I*}}{\partial \lambda} &= \frac{2\eta\sigma(x-1)}{4k-\eta^2(2x^2-4x+3)} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{I*}}{\partial \lambda} &= \frac{3\eta^2\sigma(x-1)}{2[4k-\eta^2(2x^2-4x+3)]} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{I*}}{\partial \lambda} &= \frac{-\sigma(4k-\eta^2)}{2[4k-\eta^2(2x^2-4x+3)]} < 0 \end{aligned} \right. \quad (15)$$

推论 2 表明, 最优批发价格、最优产品质量、市场 1 的最优销售价格、市场 2 的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降。

这是因为, 风险规避系数增加, 表明制造商倾向于规避风险, 其决策往往更加保守, 所以制造商通过降低市场 1 的批发价格和市场 2 的销售价格来降低销售风险; 也会降低产品质量以保证其效用, 因而制造商在市场 1 的批发价格、市场 2 的销售价格以及产品质量都会降低。对于完全理性的零售商而言, 当制造商降低批发价格和产品质量时, 零售商将不得不通过降低零售价格来应对, 以此保证其利润不受损失。

由此可见, 制造商的风险规避行为会对批发价格、产品质量、销售价格都产生负面影响, 因而积极利用区块链进行需求预测从而降低需求波动是跨国供应链管理的重要措施。

2.2 批发价格契约下加征关税且使用区块链的情形

本小节研究制造商在新的市场中使用区块链技术的情形, 运用逆向归纳法对模型进行求解, 此模型用上标 II 表示, 最优解用上标 $*$ 表示。

制造商的利润函数为:

$$\pi_M^{II} = w_1^{II} q_1 + (p_2^{II} - t - s - g) q_2 - G - \frac{1}{2} k u^{II2} \quad (16)$$

制造商单位利润的标准差 SD 为:

$$SD(\pi_M^{II}) = (p_2^{II} - t - s - g) \sigma_b \quad (17)$$

由于开辟新的市场且市场需求不确定, 制造商在新的市场中通过使用区块链技术进行需求预测, 因而新的市场的需求不确定性较小, 有 $\sigma_b < \sigma$ 。制造商以最大化其效用为决策目标, 其效用函数为:

$$U_M^{II} = E(\pi_M^{II}) - \lambda SD(\pi_M^{II}) \quad (18)$$

零售商的利润函数为:

$$\pi_R^{II} = (p_1^{II} - w_1^{II}) q_1 \quad (19)$$

命题 2: 制造商的最优批发价格和最优产品质量以及市场 2 的最优销售价格、零售商在市场 1 的最优销售价格、制造商与零售商的最优利润、制造商的最优效用如下所示:

$$w^{II*} = \frac{2a_1 k - \eta^2 (a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda \sigma_b)}{4k - 3\eta^2}$$

$$u^{II*} = \frac{a_1 \eta - 2\eta (g + t + s + \lambda \sigma_b - a_2)}{4k - 3\eta^2}$$

$$p_1^{II*} = \frac{3[2a_1 k - \eta^2 (a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda \sigma_b)]}{2(4k - 3\eta^2)}$$

$$p_2^{II*} = \frac{4k(a_2 + g + t + s - \lambda \sigma_b) + \eta^2(a_1 - a_2 + \lambda \sigma_b - 5g - 5t - 5s)}{2(4k - 3\eta^2)}$$

$$\pi_M^{II*} = \frac{4k[(a_2 - g - t - s)^2 + (\lambda \sigma_b)^2] + 2ka_1^2}{4(4k - 3\eta^2)}$$

$$\frac{\eta^2[(a_1 - a_2 + g + t + s)^2 - (\lambda \sigma_b)^2]}{4(4k - 3\eta^2)} - G$$

$$\pi_R^{II*} = \frac{[2a_1 k - \eta^2 (a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda \sigma_b)]^2}{(8k - 6\eta^2)^2}$$

$$U_M^{II*} = \frac{4k[(a_2 - g - t - s - \lambda \sigma_b)^2] + 2ka_1^2}{4(4k - 3\eta^2)}$$

$$\frac{\eta^2[(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b)^2]}{4(4k - 3\eta^2)} - G$$

命题2证明过程与命题1证明过程类似, 此处不再赘述。

推论3: 在加征关税且使用区块链情形下,

$$\text{有 } \frac{\partial w^{II*}}{\partial \Delta} < 0, \frac{\partial u^{II*}}{\partial \Delta} < 0, \frac{\partial p_1^{II*}}{\partial \Delta} < 0, \frac{\partial p_2^{II*}}{\partial \Delta} < 0。$$

证明:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w^{II*}}{\partial \Delta} = \frac{-\eta^2}{2(4k - 3\eta^2)} < 0 \\ \frac{\partial u^{II*}}{\partial \Delta} = \frac{-2\eta}{2(4k - 3\eta^2)} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{II*}}{\partial \Delta} = \frac{-3\eta^2}{4(4k - 3\eta^2)} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{II*}}{\partial \Delta} = \frac{4k - 5\eta^2}{4(4k - 3\eta^2)} < 0 \end{array} \right. \quad (20)$$

推论3表明, 最优批发价格、最优产品质量、市场1的最优销售价格、市场2的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降。具体原因与推论1相同, 这里不再赘述。

推论4: 在加征关税且使用区块链情形下,

$$\text{有 } \frac{\partial w^{II*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial u^{II*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_1^{II*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_2^{II*}}{\partial \lambda} < 0。$$

证明:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w^{II*}}{\partial \lambda} = \frac{-\eta^2\sigma_b}{4k - 3\eta^2} < 0 \\ \frac{\partial u^{II*}}{\partial \lambda} = \frac{-2\eta\sigma_b}{4k - 3\eta^2} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{II*}}{\partial \lambda} = \frac{-3\eta^2\sigma_b}{2(4k - 3\eta^2)} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{II*}}{\partial \lambda} = \frac{-\sigma_b(4k - \eta^2)}{2(4k - 3\eta^2)} < 0 \end{array} \right. \quad (21)$$

推论4表明, 最优批发价格、最优产品质量、市场1的最优销售价格、市场2的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降。具体原因与推论2相同, 这里不再赘述。

2.3 收益共享契约下加征关税且使用区块链的情形

本小节通过设计收益共享契约, 使得供应链在分散决策下的收益和集中决策下的收益相等。运用逆向归纳法对模型进行求解, 此模型用上标S表示, 最优解用上标*表示。

命题3: 在收益共享契约下, 制造商的最优批发价格和最优产品质量以及在市场2的最优销售价格、零售商在市场1的最优销售价格、零售商和制造商的最优利润、制造商的最优效用如下所示:

$$\begin{aligned} w^{S*} &= \frac{\varphi^2[2a_1k - \eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b)]}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} \\ u^{S*} &= \frac{3\varphi\eta(a_2 - g - t - s - \lambda\sigma_b)}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} - \\ &\quad \frac{2\eta[(a_2 - g - t - s) + 2a_1(\varphi - 1) - \lambda\sigma_b]}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} \\ p_1^{S*} &= \frac{(2\varphi - 1)[2a_1k - \eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b)]}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} \\ p_2^{S*} &= \frac{1}{2}(a_2 + g + t + s - \lambda\sigma_b) - \\ &\quad \frac{\eta^2[4a_1(\varphi - 1)^2 - (3\varphi - 2)(a_2 - g - t - s - \lambda\sigma_b)]}{2[\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)]} \end{aligned}$$

证明: 在收益共享契约下, 收益共享系数为 φ ($0 < \varphi < 1$)。在第二阶段的博弈中, 制造商选择使自己效用最大化的销售价格 p_2^S , 同时零售商选择使自己利润最大化的产品价格 p_1^S , 并且零售商将 $1 - \varphi$ 倍的收益返还给制造商。其余证明过程与命题1证明过程类似, 此处不再赘述。

推论5: 在收益共享契约下, 有 $\frac{\partial w^{S*}}{\partial \Delta} > 0, \frac{\partial u^{S*}}{\partial \Delta} <$

$$0, \frac{\partial p_1^{S*}}{\partial \Delta} > 0, \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial \Delta} > 0。$$

证明:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w^{S*}}{\partial \Delta} = \frac{-\varphi^2\eta^2}{2[\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)]} > 0 \\ \frac{\partial u^{S*}}{\partial \Delta} = \frac{\eta(2 - 3\varphi)}{2[\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)]} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{S*}}{\partial \Delta} = \frac{-\eta^2(2\varphi - 1)}{2[\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)]} > 0 \\ \frac{\partial p_2^{S*}}{\partial \Delta} = \frac{1}{4} \left[1 - \frac{\eta^2(3\varphi - 2)}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} \right] > 0 \end{array} \right. \quad (22)$$

由推论5可知, 最优批发价格、市场1的最优销售价格、市场2的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而增加, 制造商的最优产品质量随单位关税增加额的增加而降低。

这是因为,政府对制造商收取的关税增加时,相当于增加制造商的成本,进而降低制造商的效用,制造商会提高产品的批发价格和销售价格,并降低产品质量以增加利润,进而使得零售商也会提高销售价格来增加自身利润。

由此可知,关税增加会提高产品价格同时也降低产品质量,损害了消费者权益。因此,政府应将关税控制在合理的范围内,不断提高产品质量,降低产品价格,保障消费者权益。

推论 6: 在收益共享契约下,有 $\frac{\partial w^{S^*}}{\partial \lambda} > 0$, $\frac{\partial u^{S^*}}{\partial \lambda} < 0$, $\frac{\partial p_1^{S^*}}{\partial \lambda} > 0$, $\frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial \lambda} > 0$ 。

证明:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w^{S^*}}{\partial \lambda} = \frac{-\varphi^2 \eta^2 \sigma_b}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} > 0 \\ \frac{\partial u^{S^*}}{\partial \lambda} = \frac{(2-3\varphi)\eta\sigma_b}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{S^*}}{\partial \lambda} = \frac{-\eta^2 \sigma_b (2\varphi - 1)}{\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 2(3\eta^2 - 2k)} > 0 \\ \frac{\partial p_2^{S^*}}{\partial \lambda} = \frac{\eta^2 \sigma_b (2-3\varphi)}{2\varphi(4\varphi\eta^2 - 11\eta^2 + 6k) + 4(3\eta^2 - 2k)} - \frac{\sigma_b}{2} > 0 \end{array} \right. \quad (23)$$

由推论 6 可知,最优批发价格、市场 2 的最优销售价格、市场 1 的最优销售价格随制造商风险规避系数的增加而增加,最优产品质量随制造商风险规避系数的增加而降低。

这是因为,在收益共享契约下,零售商会把一部分收益返还给制造商,因此零售商 would 提高市场 1 的产品价格以维持自身利润。对制造商来说,风险规避系数增加,制造商倾向于规避风险,因此会降低产品质量以保证其效用。与此同时,制造商会提高产品在市场 1 的批发价格和市场 2 的销售价格以增加自身利润。

3.4 成本共担契约下加征关税且使用区块链的情形

本节通过设计成本共担契约,使得供应链在分散化决策下的收益和集中化决策下的收益相等。运用逆向归纳法对模型进行求解,此模型用上标 T 表示,最优解用上标 $*$ 表示。

命题 4: 在成本共担契约下,制造商的最优批发价格和最优产品质量以及市场 2 的最优销

售价格、零售商在市场 1 的最优销售价格、制造商和零售商的最优利润、制造商的最优效用如下所示:

$$\begin{aligned} w^{T^*} &= \frac{\eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b) - 2a_1k(1-\zeta)}{3\eta^2 - 4k(1-\zeta)} \\ u^{T^*} &= \frac{2\eta[(g - a_2 + t + s + \lambda\sigma_b) - a_1\eta]}{3\eta^2 - 4k(1-\zeta)} \\ p_1^{T^*} &= \frac{3[\eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b) - 2a_1k(1-\zeta)]}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} \\ p_2^{T^*} &= \frac{4\eta^2(g - a_2 + t + s + \lambda\sigma_b) - 2a_1\eta^2 + (a_2 + t + g - \lambda\sigma_b)}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} \\ \pi_R^{T^*} &= \frac{[\eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b) - 2a_1k(1-\zeta)]^2}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]^2} \\ &\quad - \frac{2k\zeta\eta^2[2(g - a_2 + t + s + \lambda\sigma_b) - a_1]}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]^2} \\ \pi_M^{T^*} &= \frac{\eta^2[(a_1 - a_2 + g + t + s)^2 - \lambda^2\sigma_b^2]}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} - G + \\ &\quad \frac{2k(\zeta - 1)[2(a_2 - g - t - s)^2 - 2\lambda^2\sigma_b^2 + a_1^2]}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} \\ U_M^{T^*} &= \frac{\eta^2(a_1 - a_2 + g + t + s + \lambda\sigma_b)^2}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} - G + \\ &\quad \frac{2k(\zeta - 1)[2(a_2 - g - t - s - \lambda\sigma_b)^2 + a_1^2]}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} \end{aligned}$$

证明: 由于零售商更加靠近市场,使用区块链技术可以更好的预测需求,因而零售商愿意承担一定比例的质量成本以激励制造商使用区块链技术,成本共担的比例为 ζ ($0 < \zeta < 1$)。其余证明过程与命题 1 证明过程类似,此处不再赘述。

推论 7: 在成本共担契约下,有 $\frac{\partial w^{T^*}}{\partial \Delta} < 0$, $\frac{\partial u^{T^*}}{\partial \Delta} < 0$, $\frac{\partial p_1^{T^*}}{\partial \Delta} < 0$, $\frac{\partial p_2^{T^*}}{\partial \Delta} < 0$ 。

证明:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w^{T^*}}{\partial \Delta} = \frac{\eta^2}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} < 0 \\ \frac{\partial u^{T^*}}{\partial \Delta} = \frac{2\eta}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{T^*}}{\partial \Delta} = \frac{3\eta^2}{4[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{T^*}}{\partial \Delta} = \frac{\eta^2}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} + \frac{1}{4} < 0 \end{array} \right. \quad (24)$$

推论7表明, 最优批发价格、最优产品质量、市场1的最优销售价格、市场2的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降。

推论8: 在成本共担契约下, 有 $\frac{\partial w^{T*}}{\partial \lambda} < 0$, $\frac{\partial u^{T*}}{\partial \lambda} < 0$, $\frac{\partial p_1^{T*}}{\partial \lambda} < 0$, $\frac{\partial p_2^{T*}}{\partial \lambda} < 0$ 。

证明:

$$\begin{cases} \frac{\partial w^{T*}}{\partial \lambda} = \frac{\eta^2 \sigma_b}{3\eta^2 - 4k(1-\zeta)} < 0 \\ \frac{\partial u^{T*}}{\partial \lambda} = \frac{2\eta \sigma_b}{3\eta^2 - 4k(1-\zeta)} < 0 \\ \frac{\partial p_1^{T*}}{\partial \lambda} = \frac{3\eta^2 \sigma_b}{2[3\eta^2 - 4k(1-\zeta)]} < 0 \\ \frac{\partial p_2^{T*}}{\partial \lambda} = \frac{\eta^2 \sigma_b}{3\eta^2 - 4k(1-\zeta)} - \frac{\sigma_b}{2} < 0 \end{cases} \quad (25)$$

推论8表明, 在成本共担契约下, 制造商在市场1的批发价格和市场2的销售价格、产品质量、零售商在市场1的销售价格均随制造商风险规避系数的增大而减小。

3 算例分析

为更直观考察制造商跨国运营情形下, 风险规避系数对产品质量、批发价格、销售价格、零售商利润、制造商效用的影响, 根据 Choi 等^[13]的研究, 分别取 $a_1 = a_2 = 1$ 、 $\sigma = 0.3$ 、 $\sigma_b = 0.05$ 、 $g = 0.01$ 、 $G = 1$ 、 $k = 1$ 、 $t = 0.1$ 、 $\eta = 1$ 、 $s = 0.3$ 、 $x = 0.15$ 、 $u_0 = 0.5$ 、 $\varphi = 0.5$ 、 $\zeta = 0.05$ 进行数值分析, 其中风险规避系数的取值为 $0 < \lambda < 1$ 。

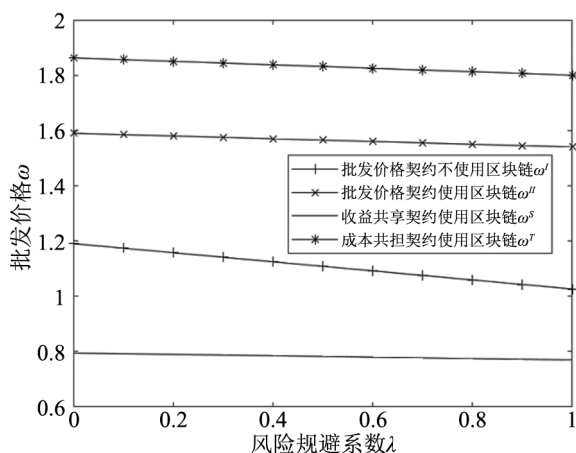


图3 风险规避系数对批发价格的影响

从图3中可以看出, 4种情形下批发价格均随风险规避系数的增加而降低。在批发价格契约

下, 使用区块链的批发价格高于不使用区块链的批发价格。制造商在建设区块链时投入了一定的建设成本, 为弥补建设区块链花费的成本, 制造商会提高产品的批发价格; 另外, 制造商在使用区块链后增加了对产品的质量投入, 因而使用区块链的批发价格高于不使用区块链的批发价格。

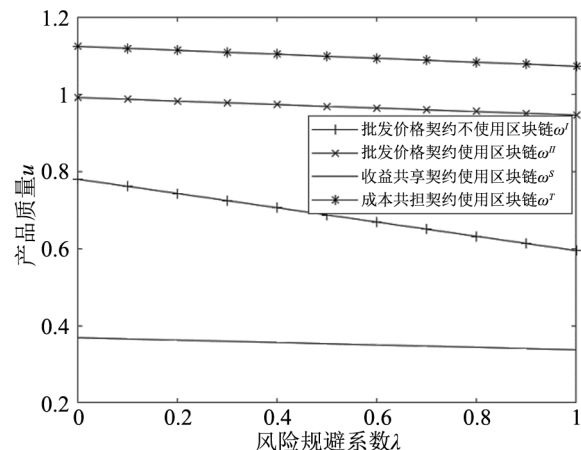


图4 风险规避系数对产品质量的影响

从图4中可以看出, 4种情形下产品质量均随风险规避系数的增加而降低。在批发价格契约下, 使用区块链的产品质量高于不使用区块链的产品质量。当使用区块链后, 产品可实时进行追踪溯源, 使仿冒品无法渗透到供应链中, 无法侵占市场份额。同时制造商会不断提高产品质量以获得更多的市场份额, 进而获得更高的利润。

由图可知, 在风险规避系数一定的情况下, 不同契约下产品质量的排序为: 成本共担契约 > 批发价格契约 > 收益共享契约。这是因为在成本共担契约下, 零售商愿意承担一定比例的质量成本以激励制造商使用区块链技术, 制造商受到激励后会不断提高产品质量, 使得成本共担契约下的产品质量最高, 批发价格也最高。在收益共享契约中, 零售商将部分收入分享给制造商, 使得制造商在产品定价以及制定产品质量时需要考虑零售商的利润。为了从零售商手中获得更多的利润, 制造商选择降低批发价格, 提高产品需求, 因而产品质量也随之下降。

可以看出, 4种情形下市场1和市场2的销售价格均随风险规避系数的增加而降低。在批发价格契约下, 使用区块链的销售价格高于不使用区块链的销售价格。制造商在使用区块链后增加了

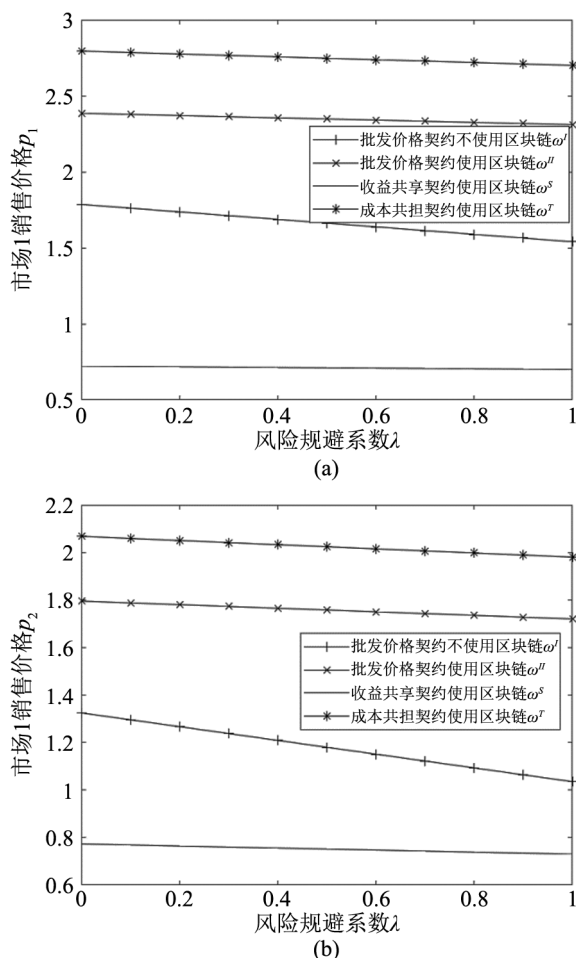


图5 风险规避系数对销售价格的影响

对产品的质量投入,提高了批发价格,使得两个市场的销售价格均增加;另外,使用区块链后的需求预测更加精准,制造商为保证其效用会通过提高价格的方式提高其边际利润。因此,两方面的共同影响使得两个市场在使用区块链下的销售价格高于不使用区块链下的销售价格。

从图5中可以看出,在风险规避系数一定的情况下,不同契约下市场1和市场2销售价格的排序为:成本共担契约>批发价格契约>收益共享契约。这是因为,在制定产品的销售价格时,零售商为保证自身利润,在成本共担契约下会制定较高的销售价格,在批发价格契约下会制定适中的销售价格,在收益共享契约下制定较低的销售价格。对制造商来说,由于市场2是新的市场,制造商为了获取市场份额,会降低产品在市场2的销售价格,因此市场2的销售价格要低于市场1的销售价格。制造商为保证自身利润,也会在成本共担契约下会制定较高的销售价格,在批发价格契约下会制定适中的销售价格,在收益共享

契约下制定较低的销售价格。

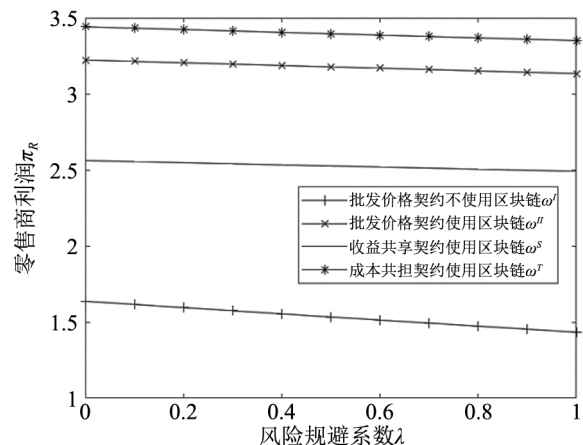


图6 风险规避系数对零售商利润的影响

可以发现,4种情形下零售商的利润均随风险规避系数的增加而下降。这是因为风险规避系数增加导致产品质量下降、批发价格降低,使得市场1的销售价格也随之下降,而市场1销售数量增加带来的收益无法弥补销售价格降低带来的损失,因此,零售商的利润均随风险规避系数的增加而下降。

在批发价格契约下,使用区块链的零售商利润高于不使用区块链的零售商利润。这是因为,使用区块链后会提高产品质量和批发价格,进而增加了零售商利润,因此,零售商使用区块链的利润高于不使用区块链的利润。

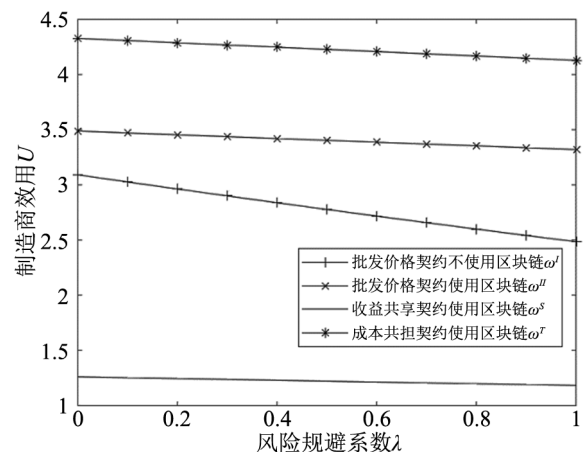


图7 风险规避系数对制造商效用的影响

从图7中可以看出,4种情形下制造商的效用均随风险规避系数的增加而下降。这是因为,风险规避系数增加表明风险对制造商的影响程度较大,当制造商开辟新的市场时,由于市场需求的不确定,会降低制造商的整体效用。

在批发价格契约下,使用区块链的制造商效

用高于不使用区块链的制造商效用。这是因为,当制造商使用区块链技术后,需求预测更加精准,降低了制造商面临的风险因素,提高了制造商的边际利润,由此带来的效用增加足以弥补销量减少引起的效用损失。同时,使用区块链后会降低仿冒品的市场分额,从而增加制造商效用。因此,制造商使用区块链的效用高于不使用区块链的效用。

从图6、图7中可以看出,在风险规避系数一定的情况下,不同契约下零售商利润和制造商效用的排序为:成本共担契约>批发价格契约>收益共享契约。可以发现,成本共担契约与其他两个契约相比,零售商会承担一定比例的质量成本,使得制造商在不需要付出太多努力的情况下就可以获得比其他两种契约更高的利润。制造商更倾向于成本共担契约。对零售商来说,提高产品质量带来的收益大于承担的产品成本,因而,零售商也倾向于成本共担契约。且成本共担契约下供应链成员的收益之和大于集中决策下整个供应链的收益。

在收益共享契约下,从整个供应链的角度来看,制造商和零售商的利润都很低,无法增加供应链整体的利润。

4 结论与展望

本文主要研究区块链技术对考虑风险规避的跨国供应链运营决策的影响。在加征关税的背景下分别考虑了制造商使用和不使用区块链两种情形,在不同契约下构建了4种Stackelberg博弈模型,通过模型求解,得到4种情形下制造商和零售商的最优决策。

研究表明:(1)成本共担契约和批发价格契约下,制造商的最优批发价格与市场2的最优销售价格以及最优产品质量、零售商的最优销售价格均随单位关税增加额的增加而下降;(2)成本共担契约和批发价格契约下,制造商的最优批发价格和在市场2的最优销售价格以及最优产品质量、零售商在市场1的最优销售价格均随制造商风险规避系数的增大而减小;(3)通过算例分析可以发现使用区块链可以提高制造商的最优批发价格与最优产品质量以及在市场2的最优销售价

格、零售商在市场1的最优销售价格,从而提高供应链成员的利润;(4)在收益共享契约下,制造商的最优批发价格与在市场2的最优销售价格、零售商在市场1的最优销售价格随单位关税增加额、制造商风险规避系数的增加而增加,制造商的最优产品质量随单位关税增加额、制造商风险规避系数的增加而降低,制造商会降低产品质量以保证其效用,损害消费者权益,无法增加供应链整体的利润。

本文所得的结论对跨国企业使用区块链技术具有一定的参考意义。未来的研究可以向跨国供应链成员之间的竞争、信息不对称性、跨国供应链的其他权力结构等方面拓展。

参 考 文 献

- [1] Wang Y, Han J H, Beynon-davies P, et al. Understanding Blockchain Technology for Future Supply Chains: A Systematic Literature Review and Research Agenda [J]. Supply Chain Management, 2019, 24 (1): 62~84.
- [2] Kouvelis P, Munson C L, Yang S. Robust Structural Equations for Designing and Monitoring Strategic International Facility Networks [J]. Production and Operations Management, 2013, 22 (3): 535~554.
- [3] Xiao W Q, Hsu V N, Hu Q H. Manufacturing Capacity Decisions with Demand Uncertainty and Tax Cross-crediting [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2015, 17 (3): 384~398.
- [4] Alizamir S, Véricourt F D, Sun P. Efficient Feed-in-Tariff Policies for Renewable Energy Technologies [J]. Operations Research, 2016, 64 (1): 52~66.
- [5] Drake D F. Carbon Tariffs: Effects in Settings with Technology Choice and Foreign Production Cost Advantage [J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20 (4): 667~686.
- [6] Chen J N, Liang L, Yao D Q, et al. Price and Quality Decisions in Dual-channel Supply Chains [J]. European Journal of Operational Research, 2017, 259 (3): 935~948.
- [7] Liu Y, Shi H Y, Petrucci N C. Optimal Quality and Quantity Provisions for Centralized vs. Decentralized Distribution: Market Size Uncertainty Effects [J]. European Journal of Operational Research, 2018, 265 (3): 1144~1158.
- [8] Choi T M. Blockchain-technology-supported Platforms for Diamond Authentication and Certification in Luxury Supply Chains [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 128 (5): 17~29.
- [9] Feng H H, Wang X, Duan Y Q, et al. Applying Blockchain

- Technology to Improve Agrifood Traceability: A Review of Development Methods, Benefits and Challenges [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 58 (1): 291~329.
- [10] Ren S Y, Chan H L, Siqin T. Demand Forecasting in Retail Operations for Fashionable Products: Methods, Practices, and Real Case Study [J]. *Annals of Operations Research*. 2019, 6 (11): 105~122.
- [11] 吴冰, 阎海峰, 杜子琳. 外来者劣势: 理论拓展与实证分析 [J]. *管理世界*, 2018, 34 (6): 110~126, 187~188.
- [12] 鲁晓东, 刘京军. 不确定性与中国出口增长 [J]. *经济研究*, 2017, 52 (9): 39~54.
- [13] Choi T, Ma C, Shen B, et al. Optimal Pricing in Mass Customization Supply Chains with Risk-Averse Agents and Retail Competition [J]. *Omega*, 2019, (88): 150~161.
- [14] Tao J, Shao L, Guan Z, et al. Incorporating Risk Aversion and Fairness Considerations Into Procurement and Distribution Decisions in a Supply Chain [J]. *International Journal of Production Research*, 2019, 33 (2): 1~18.
- [15] 李增禄, 郭强, 聂佳佳. 基于风险规避的双渠道制造商在线推介策略研究 [J]. *中国管理科学*, 2020, 28 (7): 112~121.
- [16] Ye F, Lin Q, Li Y N. Coordination for Contract Farming Supply Chain with Stochastic Yield and Demand Under CVaR Criterion [J]. *Operational Research*, 2020, 20 (1): 369~397.
- [17] Gupta V, Ivanov D. Dual Sourcing Under Supply Disruption with Risk-averse Suppliers in the Sharing Economy [J]. *International Journal of Production Research*, 2020, 58 (1): 291~307.
- [18] Ghosh D, Shah J. Supply Chain Analysis Under Green Sensitive Consumer Demand and Cost Sharing Contract [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 164: 319~329.
- [19] 徐春秋. 基于减排成本共担期权契约的供应链协调 [J]. *运筹与管理*, 2018, 27 (7): 20~27.
- [20] 谢家平, 梁玲, 杨光, 等. 互补型闭环供应链的收益共享与成本共担契约协调优化 [J]. *中国管理科学*, 2018, 26 (8): 94~105.
- [21] Li T, Zhang R, Zhao S, et al. Low Carbon Strategy Analysis Under Revenue-sharing and Cost-sharing Contracts [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 212 (4): 1462~1477.
- [22] Dong L X, Kouvelis P. Impact of Tariffs on Global Supply Chain Network Configuration: Models, Predictions, and Future Research [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2019, 29 (4): 1~11.

Research on Decision and Coordination of Transnational Supply Chain Under the Background of Blockchain Technology

Guan Zhimin¹ Xie Dan¹ Yu Tianyang¹ Qu You²

- (1. Northeastern University, School of Business Administration, Shenyang 110169, China;
2. College of Economics & Management, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

[Abstract] According to block chain technology in the aspects of demand forecasting and tracing anti-counterfeiting application background, based on the two-level supply chain composed of multinational manufacturers and retailers as the research object, research the impact of blockchain technology on transnational supply chains under different contracts under the background of tariff increase. The research shows that under cost-sharing contract and wholesale price contract, the increase of unit tariff will lead the manufacturer to reduce the product quality, so that the wholesale price and sales price will decrease, and then harm the interests of consumers. Product quality and selling price are negatively correlated with the risk aversion coefficient of manufacturers. Under the revenue-sharing contract, the wholesale price and sales price are positively correlated with the increase of unit tariff and the manufacturer's risk aversion coefficient, while the product quality is negatively correlated with the increase of unit tariff and the manufacturer's risk aversion coefficient.

[Key words] transnational supply chain; tariffs; block chain; demand forecast; risk aversion; business decision

[Jel classification] L86; M11

(责任编辑: 张舒逸)