

DOI:10.19850/j.cnki.2096-4706.2022.18.031

# 基于区块链技术的双渠道供应链决策研究

蔡知铭, 林杨

(福建师范大学, 福建 福州 350108)

**摘要:** 在双渠道并立的情形下, 讨论制造商如何协调供应链、缓解渠道间价格竞争。通过建立集中决策、分散决策以及认证分享模型, 以提升供应链利润、提高成交量与服务水平为目标, 分析不同的双渠道模式对供应链成员定价与服务策略的影响。研究发现: 在外部性较低的情况下, 集中决策是由制造商让渡市场份额达到双渠道供应链均衡, 而不考虑单位认证成本时, 制造商分享区块链认证能够有效缓解价格竞争, 激励零售商提升服务质量, 拓展双渠道市场份额。

**关键词:** 双渠道; 博弈论; 区块链

中图分类号: TP311; C934

文献标识码: A

文章编号: 2096-4706 (2022) 18-0126-06

## Research on Dual-Channel Supply Chain Decision Based on Blockchain Technology

CAI Zhiming, LIN Yang

(Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** In the case of two channels coexisting, this paper discusses how manufacturers coordinate the supply chain and alleviate the price competition between channels. Through the establishment of centralized decision-making, decentralized decision-making and certification sharing models, taking the improvement of profits of the supply chain, improvement of the trading volume and service level as the target, this paper analyzes the impact of different dual-channel models on the price and service strategies of supply chain members. The study has found that the centralized decision-making is the manufacturers transfer the market share to achieve the dual-channel supply chain equilibrium in the case of low externality. Without considering the unit certification cost, the manufacturers share blockchain certification could effectively alleviate the price competition, encourage retailers to improve service quality and expand the dual-channel market share.

**Keywords:** dual-channel; game theory; blockchain

## 0 引言

为应对疫情, 众多消费者把目光投向足不出户、消费便捷的网上购物方式。制造商顺应趋势的变化, 纷纷拓展网上直销渠道。新渠道的建立旨在拓展市场, 借助物流与信息技术优化供应链资源配置能力, 不断激发供应链新动能, 但消费者对线下渠道的消费惯性与零售商在仓储、客户维护与服务等方面仍存在优势, 因此短期内线上渠道无法完全取代线下渠道, 研究双渠道协同发展、探索供应链和谐共生成为顺应需求与技术发展的新议题。

线上渠道在覆盖更广的消费市场, 消费者与商家信息不对称的趋势也在加剧。随着网购假冒、劣质商品与翻新商品的曝光, 消费者开始重视所购商品的安全性与真实性。为满足消费者信息偏好, 制造商借助区块链技术不可篡改的特性, 不仅能够对产品真实性做出保障, 而且提供产品全流程生产的可追溯信息供社会监督, 获得消费者信任。零售商提供的顾客服务、渠道营销等是产品拓展市场需求所必需的, 但零售商投入存在正外部性<sup>[1]</sup>, 消费者能够在不同渠道间自由选

择: 在线下接受服务, 在购买时转向具有价格优势的线上渠道的“搭便车行为”。因此如何引导供应链协作、避免渠道过度竞争是制造商在引入直销渠道将要面对的问题。

## 1 文献综述

继大数据、云计算后, 区块链作为又一项数字前沿技术, 其适应需求优化系统, 精准匹配复杂业务场景, 赋能各主体携手构建可信协作供应链。从本质上区块链是以加密算法为基础, 通过点对点传输的方式构建的网络数据库<sup>[2]</sup>。虽然区块链技术仍处于应用的早期阶段, 但该技术在许多行业有着颠覆性力量, 与其相结合能带来新创造、释放新动能。供应链各方倾向于篡改不利信息, 导致产品不可靠不真实, 利用区块链不可篡改的特性与射频识别 (RFID) 等技术结合, 降低供应链信息不对称、阻止供应链数据伪造与提高信息准确性<sup>[3]</sup>。食品供应链利用物联网技术将食品全流程信息上传区块链, 提供了一个公开、透明、中立、可靠和安全的信息平台, 建立食品供应链可追溯系统, 构建食品供应链安全控制系统<sup>[4]</sup>。区块链技术为钻石提供鉴定与认证, 增加供应链各方收益, 有效降低奢侈品认证成本, 增强消费者信任<sup>[5]</sup>。林强等<sup>[6]</sup>讨论绿色供应链引入区块链后, 披露碳减排信息增强消费者对产品绿色环保理念的信任与认可, 促进供应链良性发展。

收稿日期: 2022-06-11

基金项目: 国家社科基金一般项目  
(19BGL092)

李秋香等<sup>[7]</sup>在研究双渠道供应链中发现相对其他决策模式, 集中决策的系统利润总是最大的, 但由于双渠道的竞争压力与道德风险因素, 但需要收益契约<sup>[8]</sup>约束, 缺乏如何协调成员达到系统利润最大的机理。唐飞<sup>[9]</sup>建立包含专利费的定价与利润分享机制, 能够协调供应链系统利润达到与集中决策水平一致。成本-收益契约<sup>[10]</sup>能够促进供应链合作, 激励线下零售商增加线下服务努力, 否则受到网络渠道竞争影响<sup>[11]</sup>与搭便车行为<sup>[12]</sup>的零售商总是倾向于减少服务与广告投入。当供应链中存在服务溢出现象<sup>[13]</sup>集中决策与分散决策将导致系统利润与服务水平有更大的差异, 郭金森等<sup>[14]</sup>认为在集中决策中统一定价将能够缓解价格竞争压力, 但未考虑渠道间信息差异引起的系统利润的改进。同时由于搭便车行为的存在, 分散决策更加难以实现系统协调<sup>[15]</sup>, 受供应链分工影响, 现实中集中决策往往难以实行, 本文以集中决策为基准, 讨论引入区块链信息认证对供应链的影响, 探讨制造商是选择分享区块链认证还是保持排他性, 对供应链系统利润与零售商服务水平的影响。

## 2 博弈模型与分析

探讨由制造商与零售商构成的二级供应链。在线下渠道, 制造商将产品批发给零售商, 零售商决定零售价格和服务水平。在线上渠道, 制造商承担区块链构建的固定成本, 并制定直销价格。由于零售商提供服务的外溢性, 线上渠道成交量也会受服务水平的提高而增加。假设本文制造商与零售商都是风险中性, 并以利润最大化为目标。讨论制造商在供应链中拥有相对优势的定价权的情形, 并确定其为供应链领导者, 决策顺序为制造商确定  $w$  与  $p_m$ , 零售商再决定  $e$  和  $p_r$ 。相关符号定义如表 1 所示。

表 1 符号定义

符号	意义
$D_i$	市场需求函数 ( $i=r, m$ )
$Q$	潜在市场需求
$\alpha$	交叉价格弹性系数 $\alpha \in (0, 1)$
$\beta$	零售商服务与营销努力的需求影响系数
$e$	零售商服务与营销努力
$w$	产品批发价
$p_r$	产品零售价
$p_m$	产品直销价
$\delta$	区块链认证的需求弹性系数
$b$	区块链信息认证效用
$\lambda$	零售商销售努力的正外部性系数
$\pi_R$	零售商利润
$\pi_M$	制造商利润

### 2.1 模型假设

假设不考虑制造商生产成本与零售商的其他业务成本, 制造商在双渠道投放同质产品, 区块链技术构建仅需固定成本  $B$ , 不考虑其单位验证费用, 可得制造商与零售商的利润函数为:

$$\pi_M = wD_r + p_m D_m - B$$

$$\pi_r = (p_r - w) D_r - e^2/2$$

(1) 线下渠道与网络直销面临同一个潜在市场需求  $Q$ , 消费者可以自由选择购买渠道, 价格因素与产品信息将影响消费者的购买决定, 因此市场需求是价格与产品信息的线性函数。

(2) 零售商服务投入可以辐射整个市场, 对线上渠道的影响由  $\lambda$  决定, 但制造商区块链信息认证具有排他性。

(3) 制造商、零售商均为风险中性, 追求利润最大化。

(4) 假设市场需求与商品价格反向变动, 不同渠道的商品存在价格竞争关系。本文假设零售渠道与网络直销渠道的需求函数为:

$$D_r = Q - p_r + \alpha p_m + \beta e \tag{1}$$

$$D_m = Q - p_m + \alpha p_r + \lambda \beta e + \delta b \tag{2}$$

### 2.2 供应链集中决策模型

首先以供应链集中决策模式为基准, 讨论不同的决策与协调模式的作用, 以上标  $C$  表示集中决策模型以  $D$  表示分散决策模型,  $B$  表示区块链分享模型, 以区别不同模型。在集中决策中制造商与零售商形成联盟, 以供应链系统利润最大化为目标, 决策变量为  $p_r$ 、 $p_m$  与  $e$ , 供应链利润函数:

$$\pi_S^C = p_r D_r + p_m D_m - B - \frac{1}{2} e^2 \tag{3}$$

可得海瑟矩阵:

$$H(\pi_S^C) = \begin{bmatrix} -2 & 2\alpha & \beta \\ 2\alpha & -2 & \beta\lambda \\ \beta & \beta\lambda & -1 \end{bmatrix}$$

与各阶顺序主子式:

$$\begin{aligned} |H(\pi_S^C)|_1 &= -2, & |H(\pi_S^C)|_2 &= 4(1 - \alpha^2), \\ |H(\pi_S^C)|_3 &= -4 + 4\alpha^2 + 4\alpha\beta^2\lambda + 2\beta^2(1 + \lambda^2) \end{aligned}$$

令  $A = 4 - 4\alpha^2 - 4\alpha\beta^2\lambda - 2\beta^2(1 + \lambda^2)$ , 易知当  $|H(\pi_S^C)|_3 < 0$  即  $A > 0$  时,  $H(\pi_S^C)$  负定。由此供应链的  $p_r$ 、 $p_m$ 、 $e$  存在最优解, 求得:

$$\begin{aligned} p_r &= \frac{2(Q + Q\alpha + b\alpha\delta) + \beta^2\lambda(Q + b\delta) - \beta^2\lambda^2 Q}{4 - 4\alpha^2 - 4\alpha\beta^2\lambda - 2\beta^2(1 + \lambda^2)} \\ &= \frac{2(Q + Q\alpha + b\alpha\delta) + \beta^2\lambda(Q + b\delta) - \beta^2\lambda^2 Q}{A} \end{aligned}$$

$$p_m = \frac{(2 + 2\alpha + \beta^2(\lambda - 1))Q + b\delta(2 - \beta^2)}{A}$$

$$e = \frac{\beta(Q(1 + \alpha)(1 + \lambda) + b\delta(\alpha + \lambda))}{\frac{1}{2}A}$$

将  $p_r$ 、 $p_m$  与  $e$  带入  $D_m$  与  $D_r$  得:

$$D_m = \frac{Q\alpha\beta^2\lambda^2 + (Q + b\delta)(2 - 2\alpha^2 - \beta^2) - \beta^2\lambda(Q(\alpha - 1) + b\alpha\delta)}{A}$$

$$D_r = \frac{b\delta\beta^2(\alpha + \lambda) - Q(-2 + 2\alpha^2 + \alpha\beta^2(\lambda - 1)) + \beta^2\lambda(\lambda - 1)}{A}$$

进而求得  $\pi_s$ :

$$\pi_s = \frac{2b\delta Q(2+2\alpha-\beta^2(\lambda-1))-b^2\delta^2(\beta^2-2)-Q^2(-4-4\alpha+\beta^2(\lambda-1)^2)}{-B-2A}$$

性质 1: 由最优解可知:  $\frac{de}{d\beta} > 0$ ,  $\frac{dp_m}{d(b\delta)} > 0$ ,  $\frac{dp_r}{d\beta} > 0$ ,

$\frac{dp_m}{d\beta} > 0$ ,  $\frac{de}{d(b\delta)} > 0$ , 及在供应链集中决策的情况下, 营销努力、零售价, 直销价随  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $(b\delta)$  增大而增加:

$$p_r - p_m = \frac{\beta^2(1+\lambda)(Q(1-\lambda)+b\delta)-2b\delta(1-\alpha)}{A}$$

只有当  $b\delta=0$ 、 $\lambda=1$  时双渠道价格一致。

由性质 1 可知, 从需求匹配的角度看, 消费者获取商品有效信息与服务体验的意愿越高, 零售商加大营销努力与区块链认证获取的需求增量越大, 再通过提高商品价格与销售量的路径提高供应链利润; 制造商也可以通过区块链认证满足消费者产品追溯的信息需求, 并收取额外价格以提高利润。但是消费者购买商品的自由渠道选择, 以及不同渠道商品之间存在替代效应, 受两者影响价格竞争将越发激烈; 由于未假设消费者对传统渠道存在偏好, 面对相同的潜在市场, 若制造商与零售商不同渠道信息完全流动, 双渠道商品价格将不存在差异, 同时不同渠道的信息并非完全流动, 线下渠道商品无法获得区块链认证, 线上渠道只能部分受到零售商营销努力的影响, 因此存在服务溢出或是消费者搭便车的购物

$$p_r = \frac{b\delta(\alpha(4-3\beta^2+\beta^4))+\beta^2(-1+\beta^2)\lambda-Q(-6+2\alpha^2+\alpha(-4+3\beta^2+\beta^4(-1+\lambda))+\beta^4(-1+\lambda)\lambda+\beta^2(2+\lambda))}{C}$$

$$p_m = \frac{(4-\alpha(\beta^2-4))+\beta^2(\lambda-2)Q-2b\delta(\beta^2-2)}{C}$$

$$e = \frac{\beta(Q(1+\alpha)(2+\alpha(\beta^2-2))+\beta^2\lambda)+b\beta^2\delta(\alpha+\lambda)}{C}$$

将  $p_r$ 、 $p_m$  与  $e$  带入  $D_m$  与  $D_r$  得:

$$D_m = \frac{b\delta(\alpha^2(\beta^2-4)+2(\beta^2-2)+\alpha\beta^2\lambda)+Q(1+\alpha)(4-2\alpha^2+\beta^2(\lambda-2))-\alpha(2+\beta^2(2\lambda-1))}{C}$$

$$D_r = \frac{b\delta\beta^2(\alpha+\lambda)+Q(\alpha+1)(2+\alpha(-2+\beta^2))+\beta^2\lambda}{C}$$

同样可求得  $\pi_s$ :

$$\begin{aligned} \pi_s &= \pi_m + \pi_r \\ &= \frac{b^2\delta^2(2-\beta^2)-bQ\delta(-4+(-4+\beta^2)-\beta^2(-2+\lambda))-Q^2(1+\alpha)(3+\alpha+\beta^2(-1+\lambda))}{C} - B \\ &\quad + \frac{(2-\beta^2)(b\beta^2\delta(\alpha+\lambda)+Q(1+\alpha)(2+\alpha(-2+\beta^2))+\beta^2\lambda)}{2C^2} \end{aligned}$$

性质 2: 当  $1-\alpha(2-\beta^2)-(1-\beta^2)\lambda > 0$ ,  $e^c - e^d > 0$ ,  $p_m^c < p_m^d$ ,  $p_r^c < p_r^d$ ,  $\pi_r^c - \pi_r^d > 0$ , 供应链集中决策有利于激励零售商在营销方面投入更多资金。易知  $\frac{1}{2}A < C$ , 当  $1-\alpha$

行为时, 集体决策将允许线上线下差异定价而非统一定价更有利于达到系统利润最大。

### 2.3 供应链分散决策模型

在供应链分散决策中供应链信息完全流动, 双方均已利润最大化为目标, 制造商为领导者, 零售商根据制造商策略进行决策, 表现为制造商先决定  $w$ 、 $p_m$ , 零售商再决定  $e$ 、 $p_r$ , 两者利润函数为:

$$\pi_M = w(Q - p_r + \alpha p_m + \beta e) + p_m(Q - p_m + \alpha p_r + \lambda \beta e + \delta b) - B$$

$$\pi_r = (p_r - w)(Q - p_r + \alpha p_m + \beta e) - e^2 / 2$$

易知当  $2-\beta^2 > 0$ , 反应函数  $e = \frac{(Q-w+\alpha p_m)\beta}{2-\beta^2}$ ,

$p_r = \frac{Q+w(1-\beta^2)+\alpha p_m}{2-\beta^2}$  可取到极大值, 带入制造商利润函数  $\pi_M$ , 可得:

$$H(\pi_M) = \begin{bmatrix} \frac{2}{\beta^2-2} & \alpha + \frac{\beta^2\lambda}{\beta^2-2} \\ \alpha + \frac{\beta^2\lambda}{\beta^2-2} & \frac{2(\alpha^2 + \beta^2 + \alpha\beta^2\lambda - 2)}{\beta^2-2} \end{bmatrix}$$

由于  $\frac{2}{\beta^2-2} < 0$ , 因此当  $|H(\pi_M)| > 0$  时, 及  $C=8-4\beta^2-\alpha^2(8-4\beta^2+\beta^4)-2\alpha\beta^4\lambda-\beta^4\lambda^2 > 0$ ,  $\pi_M$  有极大值, 逆向求解可得:

当  $(2-\beta^2) - (1-\beta^2)\lambda > 0$  时,  $\beta(Q(1+\alpha)(2+\alpha(\beta^2-2))+\beta^2\lambda)+b\beta^2\delta(\alpha+\lambda) < \beta(Q(1+\alpha)(1+\lambda)+b\delta(\alpha+\lambda))$ , 可得  $e^c - e^d > 0$ 。由于  $\frac{1}{2}A < C$ , 可得:

$$p_m^c - p_m^d < \frac{(2+2\alpha+\beta^2(\lambda-1))Q+b\delta(2-\beta^2)}{\frac{1}{2}A} - \frac{(4-\alpha(\beta^2-4))+\beta^2(\lambda-2)Q-2b\delta(\beta^2-2)}{\frac{1}{2}A} = \frac{(-2+\beta^2)(Q+Q\alpha+b\delta)}{\frac{1}{2}A} < 0$$

因此  $p_m^c < p_m^d$ , 同理有  $p_r^c < p_r^d$ ,  $\pi_r^c - \pi_r^d > 0$ 。

结合性质 1 与 2, 渠道替代性越强、竞争越激烈, 零售商努力外部性越强时, 若制造商意图通过零售商开展线下宣传、提升服务水平, 推广产品提高知名度, 就必须联合零售商共同决策, 分散决策只会促使零售商将重心从努力转移至价格竞争, 从而导致渠道价格竞争加剧, 使供应链整体利润降低。

### 2.4 区块链分享模型

在分散决策的前提下, 为缓和渠道竞争压力, 激励零售商提高服务与营销水平, 制造商将区块链认证从企业推广至供应链。此时线下需求函数为:  $D_r = Q - p_r + \alpha p_m + \beta e + \delta b$ 。同样依据制造商先决定  $w, p_m$ , 零售商再决定  $e, p_r$  的决策顺序, 两者利润函数为:

$$\pi_M = w(Q - p_r + \alpha p_m + \beta e + \delta b) + p_m(Q - p_m + \alpha p_r + \lambda \beta e + \delta b) - B$$

$$p_r = \frac{(Q + b\delta)(6 - 2\alpha^2 - \alpha(-4 + 3\beta^2 + \beta^4(\lambda - 1)) - \lambda\beta^4(\lambda - 1) - \beta^2(\lambda + 2))}{C}$$

将  $p_r, p_m$  与  $e$  带入  $D_m, D_r$  与  $\pi_r^c$  得:

$$D_r^s = \frac{(Q + b\delta)(\alpha + 1)(2 + \alpha(-2 + \beta^2) + \beta^2\lambda)}{C}$$

$$D_r^d = \frac{(Q + b\delta)(\alpha + 1)(2 + \alpha(-2 + \beta^2) + \beta^2\lambda)}{C}$$

$$\begin{aligned} \pi_s &= \pi_m + \pi_r \\ &= \frac{(1 + \alpha)(Q + b\delta)^2(3 + \alpha + \beta^2(\lambda - 1))}{C} - B \\ &\quad + \frac{(1 + \alpha)^2(2 - \beta^2)(Q + b\delta)^2(2 + \alpha(-2 + \beta^2) + \beta^2\lambda)^2}{2C^2} \end{aligned}$$

性质 3: 由于  $1 - \alpha^2 > 0$ , 易得:  $p_m^s - p_m^d > 0$ ,  $\pi_m^s - \pi_m^d > 0$ ,  $D_m^s > D_m^d$ ,  $D_r^s > D_r^d$ 。

向零售商免费提供区块链认证, 制造商线上渠道的商品将失去其专有溯源信息的独特性, 并且未向零售商收取费用作为区块链固定成本的补偿。但是通过博弈推导, 即便在分散决策的情形下, 免费分享区块链技术也可以达到激励零售商改善服务水平的, 缓解不同渠道间的价格竞争的目的, 这对现实情形中, 由于信息壁垒或是决策目标差异而导致供应链无法满足集中决策的条件, 为改善供应链协作环境, 缓解不同渠道间竞争提供一个可行的思路。从另一个角度看, 开放共享降低了线上产品的独特性与竞争力, 但线上渠道的成交量却逆势增长, 究其原因与管理学解释: 区块链认证的开放成为零售商推广与营销的又一着力点, 借助区块链技术, 零售商将更好地满足消费者需求、提升消费体验, 进而向市场推广区块链认证, 从而使双渠道产品成交量提升, 构成双渠道供应链分工协作的良性循环。

### 3 数值仿真

首先讨论营销努力外部性系数  $\lambda$  如何影响市场竞争与供应链协作, 当  $Q=10, b=0.4, \delta=1, \alpha=0.4, \beta=0.6$  时, 不同渠道的均衡成交量均随外部性增大而增加, 但在正外部性较小的情况下, 可以发现制造商成交量小于分散决策水平,

$$\pi_r = (p_r - w)(Q - p_r + \alpha p_m + \beta e + \delta b) - e^2/2$$

满足  $2 - \beta^2 > 0$  时, 反应函数  $e = \frac{(Q - w + b\delta + \alpha p_m)\beta}{2 - \beta^2}$ ,

$p_r = \frac{Q + w(1 - \beta^2) + b\delta + \alpha p_m}{2 - \beta^2}$  有极大值, 获得海瑟矩阵:

$$H(\pi_M) = \begin{bmatrix} \frac{2}{\beta^2 - 2} & \alpha + \frac{\beta^2\lambda}{\beta^2 - 2} \\ \alpha + \frac{\beta^2\lambda}{\beta^2 - 2} & \frac{2(\alpha^2 + \beta^2 + \alpha\beta^2\lambda - 2)}{\beta^2 - 2} \end{bmatrix}$$

根据 3.2 可得  $C > 0$ ,  $\pi_M$  有极大值, 逆向求解可得:

$$p_m = \frac{(Q + b\delta)(4 - \alpha(\beta^2 - 4) + \beta^2(\lambda - 2))}{C}$$

$$e = \frac{\beta(1 + \alpha)(Q + b\delta)(2 + \alpha(\beta^2 - 2) + \beta^2\lambda)}{C}$$

这意味着集中决策协调供应链的模式是建立在制造商让渡直销渠道的市场份额基础上, 目的是激励零售商将战略重心从转移至营销努力, 进而达到均衡, 但由于营销努力的外部性较小, 直销渠道让渡的市场份额无法通过营销努力的外部性产生的新需求的增加而补充。如图 1、图 2 所示。

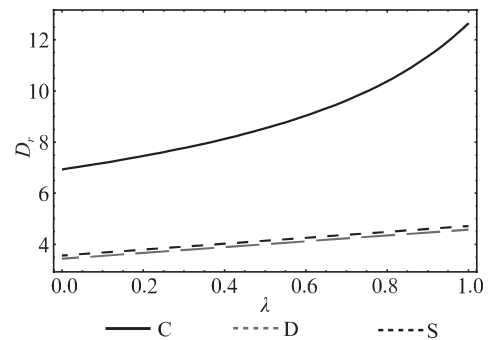


图 1 零售成交量受  $\lambda$  的影响

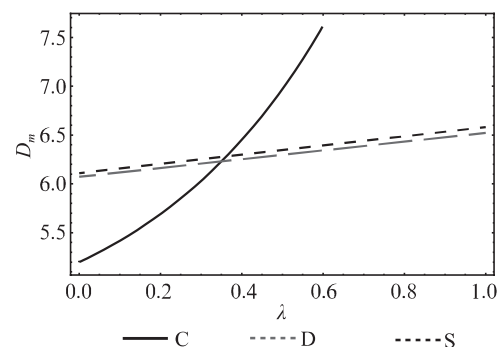


图 2 直销成交量受  $\lambda$  的影响

从图 3、图 4 可以看出在非集中决策的情境下, 零售价随  $\lambda$  的增加而减少, 直销价则相反, 直观的反映了供应链各成员对待外部性的不同态度, 结合性质 1, 随着正外部性的增加, 意味着消费者更倾向于“搭便车”, 在提供服务与披露产品信息服务寻求成交量增长的路径上正反馈逐渐减少, 因此零售商对改善营销与服务的态度随  $\lambda$  的增大而变得更加



消极；相对而言，制造商享受到零售商营销努力的正外部性越多，直销渠道的均衡价格越高，表明在正外部性越大的情况下，获得的市场份额越大，制造商不必通过降低价格的方式与零售商竞争市场份额。

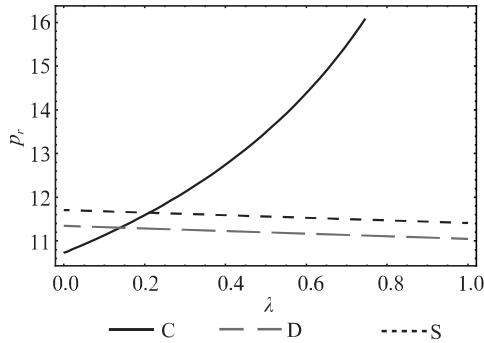


图 3 零售价受  $\lambda$  的影响

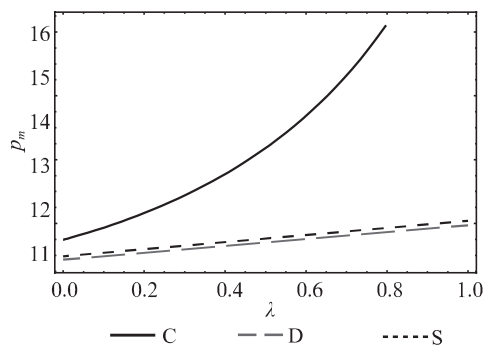


图 4 直销价受  $\lambda$  的影响

从集中决策的角度出发，并结合图 1、图 2，可以发现当  $\lambda$  较大时，制造商维持相对高价将市场份额让渡零售商，能够通过外部性引流到网上渠道得到弥补。当外部性增大，供应链整体获得需求增量增大，因此双渠道价格随着外部性的增加而增加，因此集中决策对供应链的优化作用更强，集中供应链更好协调各方利益。但在外部性处于较低水平时，通过增加营销努力的方式对供应链利润影响有限，于是调整价格成为供应链集中协调的选择，最终结果是线上渠道价格相对增加，而线下渠道价格减少，结合图 1 与 2 探究其机制，是由于增加零售商营销努力所拓展的需求拓展额外需求增量有限，因此供应链主要将从价格协调的方向着手，根据市场地位等原因协调价格。

当供应链处于分散决策的状态时， $\lambda$  与  $b$  代表在产品信息披露方面供应链各方的优势，制造商能够垄断区块链认证收益，当  $\lambda$  接近于零时，零售商也可以独享营销努力带来的好处，但这样封闭的供应链只会将供应链各方的信息披露转化为相互竞争的手段，使供应链的利润处于较低水平。图 5 可以看出集中决策下的供应链利润水平相比非集中决策有着较大提升，并且随着  $\lambda$  与  $b$  逐渐增大，集体决策与区块链分享模式的优势愈发明显，此时的信息披露的目的不再是争夺市场份额而是满足消费者多样化消费需求，由此开拓新市场份额，这也印证区块链认证共享模型中的结论，开放信息共享、增大信息辐射半径与鼓励双渠道信息披露，将提升供应链整体成交量与利润。

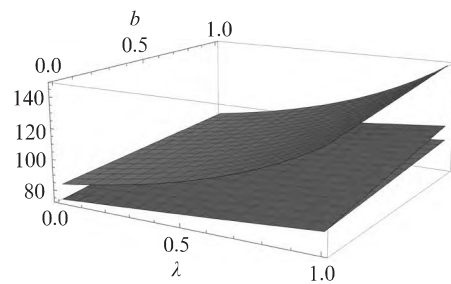


图 5 供应链利润受  $\lambda$  与  $b$  的影响

图 5 中认证分享模式的供应链利润水平位于集中决策与分散决策之间，可以视为在无法满足集中决策前提下对分散决策进行的改进，整体利润得到相对提升。结合图 1 与 2，区块链认证分享模式不是以市场份额的重新分配的方式提高供应链整体利润，制造商与零售商均可以通过区块链认证得到额外的市场需求。结合图 3 与 4，同样可以发现区块链分享不同于集中决策模式，集中决策时通过渠道间价格协调的方式重新分配市场份额或是激励零售商投入营销活动增加额外需求，因此集中策略则需要一定的共同利益为基础，例如需要较高的外部性水平，但区块链认证分享模式在外部性水平较低时甚至能够在维持不同渠道间的价格的情形下，提高供应链的整体利润。

#### 4 结论

在供应链中引入区块链认证技术，可以有效改善供应链与消费者之间信息不对称的情况，借助区块链信息不可篡改与建立互信机制，满足消费者对产品信息的需求。制造商可以凭借认证使其与线下零售产品有所区别，施行产品差异化战略提升产品竞争力，在渠道竞争中占据优势，但在不考虑单位认证成本的情况下，对线下产品共享认证有助于提高产品总体成交量与供应链利润。本文从集中决策、分散决策和分享区块链模式来讨论供应链协作与区块链认证对供应链带来的影响，其经济管理意义为：

(1) 供应链对消费者的信息披露可以促进需求的增长，但幅度受消费者对信息偏好的影响。若渠道产品相对独立，即正外部性较低时，信息披露的差异往往会塑造成渠道间产品的差异化，进一步形成产品竞争，综合考虑其信息披露成本，处于劣势的一方往往会降低信息披露的投入或者转向降价策略。集中决策在缓解渠道竞争中有着积极的作用，对渠道价格与市场份额的协调，激励供应链信息披露与改善服务的努力，实现供应链整体利润最大化。

(2) 供应链协作需要共同利益的基础，如较大的服务外溢性或者渠道替代效应，选择集中决策模式往往能实现供应链双赢；其他情况中集中决策的结果往往是以领导者市场份额的转移或是利润的下降为代价，激励追随者。本文提出了一种新的供应链协作思路，制造商向零售商免费提供区块链认证，虽从无法对区块链补偿构建成本，同时分享区块链认证使得线上产品丧失了差异化竞争的优势，但通过模型的推导和数值模拟，发现分享认证总是优于制造商区块链独享的分散决策，不仅能够缓解价格竞争，而且能开拓新市场份额。

(下转 134 页)

红蓝爆闪灯开启的情况下车速降低约 7%，可使交通事故率降低 20% 左右。以上数据表明，在本文所确定参数（布设间距 280 m、闪烁频率小于等于 13 次/秒）的指导下，多功能车道控制器在隧道中的应用取得了较好的效果，对公路隧道行车安全具有重要意义。

#### 4 结 论

本文采用 Light Tools 光学分析软件，建立了隧道模型并在其表面设定反射率等参数，对多功能车道控制器的红绿指示灯及红蓝爆闪灯进行了配光建模，采用相对阈值增量 TI 和眩光恢复时间  $T$  对不同距离处车道控制器对人眼的眩光影响进行了定量分析，从而确定了车道控制器的最优布设间距和红蓝爆闪灯的闪烁频率，主要结论为：

(1) 相邻两个车道控制器的布设间距在 50 m ~ 280 m 范围内时，多功能车道控制器既能在车辆正常通行时发挥指挥交通的作用，又能在发生事故或紧急情况下有效警示驾驶员。结合经济性，确定了相邻两个车道控制器的最优布设间距为 280 m。

(2) 红蓝爆闪灯的闪烁频率小于等于 13 次/秒时，可避免红蓝爆闪灯对人眼产生持续致眩，既能起到警示作用，又不会对行车安全产生影响。

(3) 在本文所确定参数的指导下，多功能车道控制器取得了较好的应用效果，可使交通事故率降低 20% 左右。

#### 参考文献：

- [1] 金绍晨. 公路隧道照明对驾驶员视觉眩光影响分析与仿真研究 [D]. 西安: 长安大学, 2014.
  - [2] 叶飞. 高速公路隧道群驾驶人视觉明暗适应变化规律研究 [D]. 西安: 长安大学, 2014.
  - [3] 施卢丹. 高速公路特长隧道驾驶人眼动注视特性研究 [D]. 西安: 长安大学, 2011.
  - [4] J R 柯顿, A M 马斯登. 光源与照明 (第四版) [M]. 陈大华, 刘九昌, 徐庆辉, 等译. 复旦大学出版社, 2000.
  - [5] 白欣欣. 高速公路长大隧道照明系统改进研究 [D]. 西安: 长安大学, 2013.
  - [6] 王辉. 高速公路长隧道路段驾驶人眼动特性研究 [D]. 西安: 长安大学, 2010.
  - [7] 刘翠萍. 基于 LED 的公路隧道照明设计与中间视觉下 LED 隧道照明研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
  - [8] 王春雨. 隧道路段驾驶员视觉安全技术研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.
- 作者简介: 边艳妮 (1977.03—), 女, 汉族, 陕西礼泉人, 高级工程师, 硕士研究生, 研究方向: 机电工程。

(上接 130 页)

#### 参考文献：

- [1] 施涛, 许建雷. 基于服务正外部性特征的双渠道供应链决策研究 [J]. 商业研究, 2013 (12): 184-190.
- [2] 王硕. 区块链技术在金融领域的研究现状及创新趋势分析 [J]. 上海金融, 2016 (2): 26-29.
- [3] LONGO F, NICOLETTI L, PADOVANO A, et al. Blockchain-enabled supply chain: An experimental study [J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 136 (C): 57-69.
- [4] TIAN F. A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things [C]//2017 International Conference on Service Systems & Service Management. Dalian: IEEE, 2017: 1-6.
- [5] 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: 17-29.
- [6] 林强, 刘名武, 王晓斐. 嵌入区块链信息传递功能的绿色供应链决策 [J/OL]. 计算机集成制造系统, (2021-10-08) [2022-06-14]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5946.tp.20211006.1222.006.html>.
- [7] 李秋香, 邓清, 黄毅敏. 新零售模式下制造商渠道入侵的

供应链定价研究 [J]. 管理评论, 2021, 33 (10): 297-312.

- [8] 刘新民, 孙向彦, 吴士健. 不同权力结构下二级双渠道供应链决策 [J]. 系统工程, 2021, 39 (3): 69-79.
  - [9] 赵婉鹏, 叶春明. 考察双渠道供应链中偏好性服务投资的影响及协调措施 [J]. 工业工程与管理, 2020, 25 (6): 80-89.
  - [10] 王威昊, 胡劲松. 线上结合线下的供应链动态服务与定价决策研究 [J]. 运筹与管理, 2021, 30 (12): 84-91.
  - [11] 叶欣, 周艳菊. 考虑商誉的双渠道供应链动态定价与联合减排策略 [J]. 中国管理科学, 2021, 29 (2): 117-128.
  - [12] 罗美玲, 李刚, 孙林岩. 具有服务溢出效应的双渠道供应链竞争 [J]. 系统管理学报, 2011, 20 (6): 648-657.
  - [13] 计国君, 刘茜, 杨光勇. 搭便车行为下服务水平对双渠道供应链影响 [J]. 商业研究, 2018 (11): 18-29.
  - [14] 郭金森, 杨萍, 周永务, 等. 规模不经济下基于一致定价和促销努力的双渠道供应链协调策略 [J]. 运筹与管理, 2021, 30 (8): 99-107.
  - [15] 经有国, 孟月霞. 搭便车行为下双渠道绿色供应链协调机制研究 [J]. 工业工程与管理, 2019, 24 (5): 72-80.
- 作者简介: 蔡知铭 (1996—), 男, 汉族, 福建福州人, 硕士在读, 研究方向: 供应链优化、博弈论; 林杨 (1983—), 男, 汉族, 福建福州人, 副教授, 博士, 研究方向: 供应链优化、博弈论。