

# 参考价格效应下农产品直播电商微分策略研究

陈苡萱, 姚冠新

扬州大学商学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2025年3月10日; 录用日期: 2025年3月26日; 发布日期: 2025年4月22日

## 摘要

面对农产品直播电商中品牌效应弱的问题, 本文基于由一个涉农企业和一个主播构成的二级供应链, 分别构建集中决策与分散决策两种模式下的微分博弈模型。为进一步实现供应链协调, 设计出“双向成本分担-转移支付”契约, 并对不同决策模式下的动态均衡策略和契约协调效果进行仿真。结果表明: 参考价格效应在两种决策模式下都能推动供应链形成“投入增加-需求扩大-利润增长”的良性循环。在特定条件下, 供应链成员的投入、农产品网络商誉和参考价格的最优轨迹和系统长期利润可达集中决策水平, 从而实现农产品直播电商供应链协调。

## 关键词

农产品直播电商, 参考价格效应, 商誉, 微分博弈, 供应链协调

# Optimal Differential Game Strategies for Agricultural Live-Streaming E-Commerce Supply Chains under Reference Price Effects

Yixuan Chen, Guanxin Yao

Business School, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Mar. 10<sup>th</sup>, 2025; accepted: Mar. 26<sup>th</sup>, 2025; published: Apr. 22<sup>nd</sup>, 2025

## Abstract

Facing the problem of weak brand effect in agricultural product live broadcasting e-commerce, this paper constructs a differential game model under two modes of centralized decision-making and decentralized decision-making based on a secondary supply chain consisting of an agribusiness enterprise and an anchor. In order to further realize supply chain coordination, a “two-way cost-sharing-transfer-payment” contract is designed, and the dynamic equilibrium strategies and coordination ef-

fects of the contract under different decision-making modes are simulated. The results showed that the reference price effect can drive the supply chain to form a virtuous circle of “input increase-demand expansion-profit growth” under both modes of decision-making. Under specific conditions, the optimal trajectories of supply chain members’ inputs, agricultural products’ online goodwill and reference prices, as well as the long-term profits of the system can reach the level of centralized decision-making, thus realizing the coordination of agricultural product live e-commerce supply chain.

## Keywords

**Agricultural Product Live Broadcasting E-Commerce, Reference Price Effects, Goodwill, Differential Game, Supply Chain Coordination**

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

直播电商是网络直播与电子商务的融合, 因其能在短期内吸引大量粉丝观看, 有效解决农产品滞销问题[1], 故而越来越多的涉农企业选择和主播合作, 开通线上直播带货渠道。根据抖音电商发布《2024年丰收节抖音电商助农数据报告》显示, 抖音直播间货架场景带动农特产品销量同比增长 60%, 为各地农产品开拓增量市场。然而, 农产品直播电商也面临诸多困境, 如品牌效应不强、直播内容缺乏创新、农产品质量参差不齐等[2]。其原因之一在于农产品辨识度不足, 对农产品网络品牌的管理缺失。刘杰指出品牌化是让农产品脱颖而出的最佳途径, 因为品牌通常代表着良好口碑, 能够激发消费者的购买欲望[3]。因此, 本文引入“农产品网络商誉”这一概念, 将其界定为农产品在网络销售过程中, 借助直播电商平台所建立的品牌形象与声誉[4]。

当前农产品品牌建设研究主要集中于区域公用品牌的构建路径[5]、作用机制[6]及发展对策[7], 多采用理论与实证分析方法。现有文献较少涉及品牌建设的模型化研究, 李新建等运用演化博弈探讨了不同场景下企业、运营公司与地方政府的区域品牌提升策略[8]。费威和王阔基于微分博弈分析了直播电商中品牌商与主播的二级供应链决策问题, 发现成本分担模式能提升主播选品投入与食品质量[9]。但该研究假设决策主体为理性人, 未考虑非理性因素如参考价格对消费者行为的影响。参考价格效应指消费者会将产品当前价格与其内心预期价格(参照点)进行比较, 价格高于参照点时产生“亏损”感知并减少需求, 反之则形成“获利”感知而增加购买[10]。该理论已应用于广告促销[11]、定价策略[12]等动态决策领域, 但直播电商供应链中的参考价格效应研究仍较匮乏。

鉴于此, 本文引入参考价格效应构建微分博弈决策模型, 结合消费者品牌偏好, 将农产品网络商誉与参考价格设定为状态变量, 运用微分博弈理论研究直播电商供应链最优投入决策。通过设计“双向成本分担-转移支付”契约实现供应链协调, 给出分担比例与转移支付的取值范围, 并通过数值仿真验证不同决策模式下的动态均衡策略与契约协调。

## 2. 模型描述与假设

本文构建了一个由涉农企业与主播组成的二级供应链系统。涉农企业通过品种筛选、土壤改良、技术革新及产地保鲜等措施决定农产品质量水平, 主播则通过产品讲解、互动答疑等行为决定直播营销努

力水平。双方在质量提升与营销投入方面的动态投入行为构成了供应链系统的动态演化基础。所涉及到的符号及其含义如表 1 所示。

**Table 1.** Symbol description  
**表 1.** 符号说明

符号	含义
$q(t)$	涉农企业在 $t$ 时刻的质量水平
$E(t)$	主播在 $t$ 时刻的直播营销水平
$G(t)$	农产品在 $t$ 时刻的网络商誉, $G(0)=G_0 \geq 0$
$R(t)$	消费者在 $t$ 时刻的参考价格, $R(0)=R_0 \geq 0$
$D(t)$	农产品在 $t$ 时刻的市场需求
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$	分别表示涉农企业质量水平和主播直播营销水平对农产品网络商誉的影响系数, $\varepsilon_1 > 0, \varepsilon_2 > 0$
$\eta_1, \eta_2$	分别表示涉农企业质量水平和主播直播营销水平投入成本系数, $\eta_1 > 0, \eta_2 > 0$
$\xi_1, \xi_2$	分别表示涉农企业质量水平和主播直播营销水平对消费者参考价格的影响系数, $\xi_1 > 0, \xi_2 > 0$
$\mu_1, \mu_2$	分别表示涉农企业质量水平和主播直播营销水平对消费者需求的影响系数, $\mu_1 > 0, \mu_2 > 0$
$\rho_1, \rho_2$	分别表示涉农企业和主播的边际利润, $\rho_1 > 0, \rho_2 > 0$
$\delta$	农产品网络商誉的自然衰退率, $\delta > 0$
$\gamma$	消费者的记忆参数, $\gamma > 0$
$\Omega$	基本市场规模, $\Omega > 0$
$b$	消费者价格敏感系数, $b > 0$
$p$	农产品的市场价格, $p > 0$
$\lambda$	消费者对参考价格的敏感系数, $\lambda \in [0, 1]$
$\phi, \phi_2$	质量改进成本分担比例, $\phi, \phi_2 \in [0, 1]$
$\phi_1$	直播营销成本分担比例, $\phi_1 \in [0, 1]$
$\rho$	贴现率, $\rho > 0$
$J_S, J_A, J_C$	分别表示涉农企业、主播和供应链系统的目标函数

假设 1: 涉农企业的质量投入与主播的营销努力通过正向影响消费者产品感知形成“农产品网络商誉”。但受消费者遗忘、替代产品竞争等因素影响, 网络商誉存在自然衰减特性。对 Nerlove-Arrow 经典商誉模型进行修正, 构建农产品网络商誉的动态演化方程:

$$\dot{G}(t) = \varepsilon_1 q(t) + \varepsilon_2 E(t) - \delta G(t). \tag{1}$$

假设 2: 涉农企业的质量投入与主播的直播营销努力成本与其努力程度有关, 并具有凸性特征, 即:

$$C_S = \frac{1}{2} \eta_1 q^2(t), C_A = \frac{1}{2} \eta_2 E^2(t). \tag{2}$$

假设 3: 消费者参考价格 in 农产品直播电商供应链中呈现动态演化特征, 其变化受记忆价格、产品质

量及直播营销水平共同影响。生活中, 农产品价格(如大米、水果等)具有相对稳定性。鉴于本文聚焦于质量投入、营销努力与参考价格效应的互动关系, 设定农产品价格  $p$  为常数。参考价格动态方程如下:

$$\dot{R}(t) = \gamma(p - R(t)) + \xi_1 q(t) + \xi_2 E(t). \quad (3)$$

其中,  $\gamma(p - R(t))$  表示消费者历史购买经验,  $\gamma$  值越大, 则参考价格受近期网购记忆的影响越大。

假设 4: 首先, 需求受参考价格与农产品网络商誉的双重影响。其次, 直播观众兼具交易型(追求性价比)与关系型(注重情感联结)的双重心理特征[13], 表明质量投入与营销努力对功能需求与情感需求存在短期影响。构建市场需求函数:

$$D(t) = \Omega - bp + \lambda(R(t) - p) + G(t) + \mu_1 q(t) + \mu_2 E(t). \quad (4)$$

假设 5: 假农产品直播电商供应链中, 主播(如东方甄选的董宇辉、辛巴)凭借市场影响力占据主导地位, 为激励涉农企业提高质量投入, 主播承诺分担部分质量成本, 比例为  $\phi$ , 不随时间变化。

假设 6, 忽略存货成本与缺货成本, 不失一般性。在无限时间范围内, 双方通过动态优化决策确定最优质量水平和直播营销水平, 以实现利润最大化目标。于是涉农企业、主播以及供应链系统的目标函数分别为

$$\max_{q(t)} J_S = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_1 D(t) - \frac{1}{2}(1-\phi)\eta_1 q^2(t) \right] dt, \quad (5)$$

$$\max_{E(t), \phi} J_A = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_2 D(t) - \frac{1}{2}\eta_2 E^2(t) - \frac{1}{2}\phi\eta_1 q^2(t) \right] dt, \quad (6)$$

$$\max_{q(t), E(t)} J_C = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ (\rho_1 + \rho_2) D(t) - \frac{1}{2}\eta_1 q^2(t) - \frac{1}{2}\eta_2 E^2(t) \right] dt. \quad (7)$$

为简化书写, 下文将不再列出时间变量  $t$ 。

### 3. 模型求解与分析

#### 3.1. 分散决策模式

分散决策模式用上标  $N$  表示, 涉农企业和主播之间形成 Stackelberg 博弈, 决策顺序是: 主播首先决定直播营销水平和质量改进成本分担比例, 然后涉农企业决定最优质量水平, 则双方的决策函数分别为:

$$\begin{cases} \max_q J_S^N = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_1 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}(1-\phi)\eta_1 q^2 \right] dt \\ \max_{E, \phi} J_A^N = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_2 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}\eta_2 E^2 - \frac{1}{2}\phi\eta_1 q^2 \right] dt \end{cases} \quad (8)$$

分散决策模式下, 涉农企业和主播决策分别满足式(9)和式(10)所示的 HJB 方程:

$$\begin{aligned} \rho V_S^N(G, R) = \max_q & \left\{ \rho_1 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}(1-\phi)\eta_1 q^2 \right. \\ & \left. + V_{SG}^{N'}(\varepsilon_1 q + \varepsilon_2 E - \delta x) + V_{SR}^{N'}[\gamma(p - R) + \xi_1 q + \xi_2 E] \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \rho V_A^N(G, R) = \max_{E, \phi} & \left\{ \rho_2 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}\eta_2 E^2 - \frac{1}{2}\phi\eta_1 q^2 \right. \\ & \left. + V_{AG}^{N'}(\varepsilon_1 q + \varepsilon_2 E - \delta G) + V_{AR}^{N'}[\gamma(p - R) + \xi_1 q + \xi_2 E] \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

命题 1: 分散决策模式中,

(1) 涉农企业和主播的各自最优均衡策略分别为:

$$\begin{cases} q^N = \frac{\rho_1}{\eta_1(1-\phi)} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) \\ E^N = \frac{\rho_2}{\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right) \end{cases} \quad (11)$$

(2) 主播的最优质量成本分担比例  $\phi$  为:

$$\phi = \frac{2\rho_2 - \rho_1}{2\rho_2 + \rho_1}, 2\rho_2 - \rho_1 \geq 0 \quad (12)$$

(3) 农产品网络商誉和参考价格的最优轨迹分别为:

$$\begin{cases} G^N(t) = A_1 e^{-\delta t} + G_{RSS}^N, A_1 = G_0 - G_{RSS}^N \\ R^N(t) = A_2 e^{-\gamma t} + R_{RSS}^N, A_2 = R_0 - R_{RSS}^N \end{cases} \quad (13)$$

$$\text{其中, } G_{RSS}^N = \frac{\varepsilon_1 \rho_1}{\eta_1(1-\phi)\delta} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) + \frac{\varepsilon_2 \rho_2}{\eta_2 \delta} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right),$$

$$R_{RSS}^N = p + \frac{\xi_1 \rho_1}{\eta_1(1-\phi)\gamma} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) + \frac{\xi_2 \rho_2}{\eta_2 \gamma} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right).$$

证明: 利用逆向归纳法, 首先对式(9)中的  $q$  求偏导, 解得  $q^N = \frac{1}{\eta_1(1-\phi)} (\rho_1 \mu_1 + \varepsilon_1 V_{SG}^{N'} + \xi_1 V_{SR}^{N'})$ 。然后

对式(10)中的  $E$  求偏导, 解得  $E^N = \frac{1}{\eta_2} (\rho_2 \mu_2 + \varepsilon_2 V_{AG}^{N'} + \xi_2 V_{AR}^{N'})$ 。将  $q^N$  和  $E^N$  代入 HJB 方程并整理可得:

$$\begin{aligned} \rho V_s^N(G, R) = & (\rho_1 - \delta V_{SG}^{N'}) G + (\lambda \rho_1 - \gamma V_{SR}^{N'}) R + \rho_1 [\Omega - (b + \lambda) p + \mu_1 q^N + \mu_2 E^N] \\ & - \frac{1}{2} (1 - \phi) \eta_1 (q^N)^2 + V_{SG}^{N'} (\varepsilon_1 q^N + \varepsilon_2 E^N) + V_{SR}^{N'} (\gamma p + \xi_1 q^N + \xi_2 E^N) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \rho V_A^N(G, R) = & (\rho_2 - \delta V_{AG}^{N'}) x + (\lambda \rho_2 - \gamma V_{AR}^{N'}) R + \rho_2 [\Omega - (b + \lambda) p + \mu_1 q^N + \mu_2 E^N] \\ & - \frac{1}{2} \eta_2 (E^N)^2 - \frac{1}{2} \phi \eta_1 (q^N)^2 + V_{AG}^{N'} (\varepsilon_1 q^N + \varepsilon_2 E^N) + V_{AR}^{N'} (\gamma p + \xi_1 q^N + \xi_2 E^N) \end{aligned} \quad (15)$$

故假设  $V_s^N(G, R) = m_1 G + n_1 R + l_1$ ,  $V_A^N(G, R) = m_2 G + n_2 R + l_2$ , 其中  $m_1, m_2, n_1, n_2, l_1, l_2$  均为常数。由待

定系数法可得:  $m_1 = \frac{\rho_1}{\rho+\delta}, n_1 = \frac{\lambda\rho_1}{\rho+\gamma},$

$$\begin{aligned} l_1 = & \frac{\rho_1 [\Omega - (b + \lambda) p]}{\rho} + \frac{\mu_1 \rho_1^2}{\eta_1(1-\phi)\rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) + \frac{\mu_2 \rho_1 \rho_2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right) \\ & + \frac{m_1 \varepsilon_1 \rho_1}{\eta_1(1-\phi)\rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) + \frac{m_1 \varepsilon_2 \rho_2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right) + \frac{n_1 \gamma p}{\rho} \\ & + \frac{n_1 \rho_1 \xi_1}{\eta_1(1-\phi)\rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right) + \frac{n_1 \rho_2 \xi_2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho+\gamma} \right) \\ & - \frac{\rho_1^2}{2\eta_1(1-\phi)\rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho+\delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho+\gamma} \right)^2. \end{aligned}$$

$$m_2 = \frac{\rho_2}{\rho + \delta}, n_2 = \frac{\lambda \rho_2}{\rho + \gamma},$$

$$l_2 = \frac{\rho_2 [\Omega - (b + \lambda)p]}{\rho} + \frac{\mu_1 \rho_1 \rho_2}{\eta_1 (1 - \phi) \rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) + \frac{\mu_2 \rho_2^2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)$$

$$+ \frac{m_2 \varepsilon_1 \rho_1}{\eta_1 (1 - \phi) \rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) + \frac{m_2 \varepsilon_2 \rho_2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right) + \frac{n_2 \gamma p}{\rho}$$

$$+ \frac{n_2 \xi_1 \rho_1}{\eta_1 (1 - \phi) \rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) + \frac{n_2 \xi_2 \rho_2}{\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)$$

$$- \frac{\rho_2^2}{2\eta_2 \rho} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\phi \rho_1^2}{2\eta_1 (1 - \phi)^2 \rho} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2.$$

由此可得命题 1 (1) 最优均衡策略  $q^N$  和  $E^N$ , 并将其代入式(15), 求关于  $\phi$  一阶偏导, 可得:

$$\phi^* = \frac{2\rho_2 - \rho_1}{2\rho_2 + \rho_1}. \text{ 将 } \phi^* \text{ 代入式(15)关于 } \phi \text{ 的二阶导并化简可知小于零。基于此, } \phi^* = \frac{2\rho_2 - \rho_1}{2\rho_2 + \rho_1} \text{ 是唯一极大值}$$

点。由于  $\phi \in [0, 1]$ , 所以  $2\rho_2 - \rho_1 \geq 0$ 。再将最优均衡策略  $q^N$  和  $E^N$  代入式(1)和式(3), 并求解微分方程, 可得命题 1 (3), 证毕。

于是该模式中供应链成员与系统的长期均衡分别为:

$$\left\{ \begin{aligned} J_S^{N*} &= \frac{A_1 \rho_1}{\rho + \delta} + \frac{A_2 \rho_1 \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{\rho_1 G_{RSS}^N}{\rho} + \frac{\lambda \rho_1 R_{RSS}^N}{\rho} + \frac{\rho_1 [\Omega - (b + \lambda)p]}{\rho} + \frac{\rho_1 \mu_1 q^N}{\rho} + \frac{\rho_1 \mu_2 E^N}{\rho} - \frac{(1 - \phi) \eta_1 (q^N)^2}{2\rho}, \\ J_A^{N*} &= \frac{A_1 \rho_2}{\rho + \delta} + \frac{A_2 \rho_2 \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{\rho_2 G_{RSS}^N}{\rho} + \frac{\lambda \rho_2 R_{RSS}^N}{\rho} + \frac{\rho_2 [\Omega - (b + \lambda)p]}{\rho} + \frac{\rho_2 \mu_1 q^N}{\rho} + \frac{\rho_2 \mu_2 E^N}{\rho} - \frac{\eta_2 (E^N)^2}{2\rho} - \frac{\phi \eta_1 (q^N)^2}{2\rho}, \\ J_C^{N*} &= \frac{A_1 (\rho_1 + \rho_2)}{\rho + \delta} + \frac{A_2 (\rho_1 + \rho_2) \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) G_{RSS}^N}{\rho} + \frac{\lambda (\rho_1 + \rho_2) R_{RSS}^N}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) [\Omega - (b + \lambda)p]}{\rho} \\ &\quad + \frac{(\rho_1 + \rho_2) \mu_1 q^N}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) \mu_2 E^N}{\rho} - \frac{\eta_1 (q^N)^2}{2\rho} - \frac{\eta_2 (E^N)^2}{2\rho}. \end{aligned} \right. \quad (16)$$

**推论 1** 分散决策中, 双方最优策略与参考价格敏感系数、各自的边际利润以及各自努力对商誉、参考价格和需求的边际贡献率正相关, 与自身努力水平成本系数、农产品网络商誉衰退率、记忆参数、贴现率负相关。其中, 涉农企业最优质量策略还受主播成本补贴的负面影响。这揭示了涉农企业过度依赖成本补贴策略风险: 盲目提高分担比例可能削弱涉农企业自主创新动力。因此, 主播应建立动态补贴机制, 基于质量水平、成本结构等多维度分析, 给予合理的成本分担比例。

**推论 2** 分散决策中, 当主播边际利润大于涉农企业的一半, 主播才会主动进行成本分担, 且最优分担比例  $\phi$  与主播边际利润  $\rho_2$  正相关, 与涉农企业边际利润  $\rho_1$  负相关。这表明双方在选择直播电商合作伙伴时倾向于选择边际利润高、单位成本低的对象, 以期承担对方较低成本或从对方处获得更多成本分担。事实上, 知名农特产品供应商或头部网红主播凭借其先进生产技术或成熟的直播经验, 才能实现较高的边际收益, 也因此更容易与供应链成员达成合作。

**推论 3** 分散决策中, 农产品网络商誉和参考价格的稳定值均与供应链系统边际利润、参考价格敏感系数、双方努力水平的相关影响系数正相关, 与双方努力水平成本系数、农产品网络商誉衰退率、记忆参数以及贴现率负相关。

若忽视供应链成员投入对参考价格的影响, 则参考价格稳定值等于市场价, 但在直播电商场景下, 可视化营销提升了农产品生产、运输及销售全流程的透明度, 这种信息对称有效改善了消费者信任感知, 促使参考价格稳定值, 形成“感知低价”与“质量信任”的双重心理。同时, 农产品网络商誉与参考价格的稳定值与记忆参数呈负相关, 表明高频次直播促销导致消费者记忆衰减加速, 既损害品牌忠诚度, 又会使消费者内心预期价格下降。

推论 4 分散决策中, 农产品网络商誉和参考价格的最优轨迹均具有单调性。即当  $G_0 > G_{RSS}^N$ , 农产品网络商誉随时间单调递减; 当  $G_0 < G_{RSS}^N$ , 农产品网络商誉随时间单调递增, 当  $G_0 = G_{RSS}^N$ , 农产品网络商誉不随时间变化。同理, 当  $R_0 > R_{RSS}^N$ , 参考价格随时间单调递减; 当  $R_0 < R_{RSS}^N$ , 参考价格随时间单调递增, 当  $R_0 = R_{RSS}^N$ , 参考价格为常数。

### 3.2. 集中决策模式

为实现供应链系统整体最优, 涉农企业与主播形成合作博弈框架, 以供应链总利润最大化为决策目标, 联合确定最优质量水平与直播营销水平。用上标  $C$  表示。构建供应链系统的决策函数如下:

$$\max_{q,E} J_C^C = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left\{ (\rho_1 + \rho_2) [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2} \eta_1 q^2 - \frac{1}{2} \eta_2 E^2 \right\} dt. \quad (17)$$

集中决策模式下, 供应链系统满足式(18)所示的 HJB 方程:

$$\rho V_C^C(G, R) = \max_{q,E} \left\{ (\rho_1 + \rho_2) [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2} \eta_1 q^2 - \frac{1}{2} \eta_2 E^2 + V_{CG}^C(\varepsilon_1 q + \varepsilon_2 E - \delta G) + V_{CR}^C[\gamma(p - R) + \xi_1 q + \xi_2 E] \right\}. \quad (18)$$

命题 2: 集中决策模式中,

(1) 涉农企业和主播的各自最优均衡策略分别为:

$$\begin{cases} q^C = \frac{\rho_1 + \rho_2}{\eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) \\ E^C = \frac{\rho_1 + \rho_2}{\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right) \end{cases} \quad (19)$$

(2) 农产品网络商誉和参考价格的最优轨迹分别为:

$$\begin{cases} G^C(t) = B_1 e^{-\delta t} + G_{RSS}^C, B_1 = G_0 - G_{RSS}^C \\ R^C(t) = B_2 e^{-\gamma t} + R_{RSS}^C, B_2 = R_0 - R_{RSS}^C \end{cases} \quad (20)$$

$$\text{其中, } G_{RSS}^C = \frac{\varepsilon_1(\rho_1 + \rho_2)}{\eta_1 \delta} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) + \frac{\varepsilon_2(\rho_1 + \rho_2)}{\eta_2 \delta} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right),$$

$$\begin{aligned} R_{RSS}^C = & p + \frac{\xi_1(\rho_1 + \rho_2)}{\eta_1 \gamma} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right) \\ & + \frac{\xi_2(\rho_1 + \rho_2)}{\eta_2 \gamma} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right). \end{aligned}$$

证明: 与命题 1 的证明类似, 受篇幅所限, 不再赘述。

于是该模式下系统的长期均衡利润为:

$$J_C^{C*} = \frac{B_1(\rho_1 + \rho_2)}{\rho + \delta} + \frac{B_2(\rho_1 + \rho_2)\lambda}{\rho + \gamma} + \frac{(\rho_1 + \rho_2)G_{RSS}^C}{\rho} + \frac{\lambda(\rho_1 + \rho_2)R_{RSS}^C}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2)[\Omega - (b + \lambda)p]}{\rho} \\ + \frac{(\rho_1 + \rho_2)\mu_1 q^C}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2)\mu_2 E^C}{\rho} - \frac{\eta_1(q^C)^2}{2\rho} - \frac{\eta_2(E^C)^2}{2\rho} \quad (21)$$

### 3.3. 对比分析

推论 5 比较两种情形下最优质量水平、直播营销水平、农产品网络商誉和参考价格及其稳态值, 结果如下:

- (1)  $q^C > q^N$ ,  $E^C > E^N$ ;
- (2)  $G_{RSS}^C > G_{RSS}^N$ ,  $R_{RSS}^C > R_{RSS}^N$ ;
- (3)  $G^C(t) > G^N(t)$ ,  $R^C(t) > R^N(t)$ 。

由推论 5 可知, 相较于分散决策模式, 集中决策下涉农企业的质量努力和主播直播营销努力均达到更高水平。并且, 同一时刻的农产品网络商誉和参考价格及其稳定值也均有所提高, 这也是涉农企业和主播选择增加投入的原因。

推论 6 比较两种情形下供应链系统长期利润, 可得:  $J_C^{C*} > J_C^{N*}$ 。

由推论 6 可知, 相较于分散决策, 集中决策下的供应链系统长期利润更大, 但涉农企业和主播各自利润的相对大小并不能确定, 这与利润分配协议有关。

## 4. “双向成本分担 - 转移支付” 契约协调机制

基于前文分析, 分散决策下存在“双重边际效应”, 导致供应链成员努力水平以及系统长期利润均低于集中决策的最优状态, 无法实现帕累托最优。针对这一协调困境, 本文设计出“双向成本分担 - 转移支付”组合契约——涉农企业和主播相互为对方承担投入成本。同时, 引入转移支付, 以分散决策模式所得基准, 利润增量较大的一方需向增量较小(或减量)的一方支付经济补偿。

构建“双向成本分担 - 转移支付”组合契约(上标 B 表示), 假设  $\phi_1$  是涉农企业所承担的直播营销成本比例,  $\phi_2$  是主播所承担到的质量改进成本比例,  $F$  是双方之间的转移支付。 $\phi_1$ 、 $\phi_2$  和  $F$  均是外生变量。于是, 涉农企业和主播的决策函数如下:

$$\begin{cases} \max_{q, \phi_1} J_S^B = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_1 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}(1 - \phi_2)\eta_1 q^2 - \frac{1}{2}\phi_1 \eta_2 E^2 - F \right] dt \\ \max_{E, \phi_2} J_A^B = \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left[ \rho_2 [\Omega - (b + \lambda)p + \lambda R + G + \mu_1 q + \mu_2 E] - \frac{1}{2}\phi_2 \eta_1 q^2 - \frac{1}{2}(1 - \phi_1)\eta_2 E^2 + F \right] dt \end{cases} \quad (22)$$

当  $F < 0$  时, 说明相较于分散决策模式, 组合契约下涉农企业利润增加较少或减少, 主播向其支付一定的经济补偿(如补偿营销、物流等方面的费用); 当  $F > 0$  时, 说明主播利润增加较少或减少, 涉农企业向其支付一定的经济补偿(如定向营销资源支持、排他性合作补偿等)。

命题 3: 组合契约协调下, 供应链成员的最优努力策略分别为:

$$q^B = \frac{\rho_1}{\eta_1(1 - \phi_2)} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right), \quad (25)$$

$$E^B = \frac{\rho_2}{\eta_2(1 - \phi_1)} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right). \quad (26)$$

证明: 具体求解思路与分散决策模式类似, 略。

通过比较命题 2(1)和命题 3 可知, 当  $\phi_1$  和  $\phi_2$  可以使得  $q^C = q^B, E^C = E^B$  时, 组合契约就能让供应链系统协调, 简单计算可得命题 4。

命题 4: 组合契约协调下, 供应链成员的分担比例满足  $\phi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}, \phi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$  时, 便能实现农产品直播电商供应链协调。

命题 4 表明, 当供应链成员自身边际利润在系统收益占比越大时, 其越愿意为另一方分担更多的成本。进一步比较  $\phi_2$  和  $\phi$ , 可知  $\phi_2 > \phi$ , 且  $\phi_1 > 0$ , 表明为了促使供应链实现协调, 相较于分散决策, 组合契约下, 主播应加大分担力度, 同时涉农企业也需承担部分直播营销成本。此时  $G_{RSS}^B = G_{RSS}^C, R_{RSS}^B = R_{RSS}^C$ , 达到集中决策模式的最优状态。进一步可求得该组合契约下涉农企业、主播以及供应链系统的长期均衡利润分别为:

$$J_S^{B*} = \frac{C_1 \rho_1}{\rho + \delta} + \frac{C_2 \rho_1 \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{\rho_1 G_{RSS}^B}{\rho} + \frac{\lambda \rho_1 R_{RSS}^B}{\rho} + \frac{\rho_1 [\Omega - (b + \lambda) p]}{\rho} + \frac{\rho_1 \mu_1 q^B}{\rho} + \frac{\rho_1 \mu_2 E^B}{\rho} - \frac{(1 - \phi_2) \eta_1 (q^B)^2}{2\rho} - \frac{\phi_1 \eta_2 (E^B)^2}{2\rho} \quad (29)$$

$$J_A^{B*} = \frac{C_1 \rho_2}{\rho + \delta} + \frac{C_2 \rho_2 \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{\rho_2 G_{RSS}^B}{\rho} + \frac{\lambda \rho_2 R_{RSS}^B}{\rho} + \frac{\rho_2 [\Omega - (b + \lambda) p]}{\rho} + \frac{\rho_2 \mu_1 q^B}{\rho} + \frac{\rho_2 \mu_2 E^B}{\rho} - \frac{\phi_2 \eta_1 (q^B)^2}{2\rho} - \frac{(1 - \phi_1) \eta_2 (E^B)^2}{2\rho} \quad (30)$$

$$J_C^{B*} = \frac{C_1 (\rho_1 + \rho_2)}{\rho + \delta} + \frac{C_2 (\rho_1 + \rho_2) \lambda}{\rho + \gamma} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) G_{RSS}^B}{\rho} + \frac{\lambda (\rho_1 + \rho_2) R_{RSS}^B}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) [\Omega - (b + \lambda) p]}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) \mu_1 q^B}{\rho} + \frac{(\rho_1 + \rho_2) \mu_2 E^B}{\rho} - \frac{\eta_1 (q^B)^2}{2\rho} - \frac{\eta_2 (E^B)^2}{2\rho}, \quad C_1 = G_0 - G_{RSS}^B, C_2 = R_0 - R_{RSS}^B \quad (31)$$

令  $\Delta J_S = J_S^{B*} - J_S^{N*}, \Delta J_A = J_A^{B*} - J_A^{N*}, \Delta J_C = J_C^{B*} - J_C^{N*}$ , 于是有:

$$\begin{cases} \Delta J_S = \frac{\rho_1 \rho_2}{2\rho \eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\rho_2^2}{8\rho \eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{F}{\rho} \\ \Delta J_A = \frac{\rho_2 (\rho_2 - \rho_1)}{2\rho \eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 + \frac{\rho_2^2}{4\rho \eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 + \frac{F}{\rho} \\ \Delta J_C = \frac{\rho_2^2}{2\rho \eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 + \frac{\rho_2^2}{8\rho \eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda \xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 \end{cases} \quad (32)$$

从式(32)可知,  $\Delta J_C \geq 0$ , 即当  $\phi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}, \phi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$  时, 农产品直播电商供应链可实现协调, 且协调之后的供应链系统利润增大。由于  $\Delta J_S \geq 0, \Delta J_A \geq 0$  成立需要满足一定的条件, 即命题 4, 才能使得协调后双方利润均不低于分散决策模式下的利润时( $\Delta J_S \geq 0$  且  $\Delta J_A \geq 0$ ), 从而达成该组合契约。

命题 5 当  $\phi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}, \phi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$  时, 且  $F \in [F_{\min}, F_{\max}]$  ( $F_{\min}$  和  $F_{\max}$  满足式(32))时, 组合契约才能达成, 不仅促使供应链成员增大投入, 还能让彼此双方和系统的长期利润实现帕累托改善, 达到完美协调的效果。

$$\begin{cases} F_{\min} = \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{2\eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\rho_2^2}{4\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 \\ F_{\max} = \frac{\rho_1\rho_2}{2\eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\rho_2^2}{8\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2 \end{cases} \quad (33)$$

证明：组合契约达成的前提是：该契约下供应链成员的长期均衡利润均不低于分散决策下各自的利润，即  $\Delta J_S \geq 0$ ,  $\Delta J_A \geq 0$ 。结合式(32)可求得：当

$$F \geq \frac{\rho_2(\rho_1 - \rho_2)}{2\eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\rho_2^2}{4\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2, \quad \Delta J_A \geq 0; \text{ 当}$$

$$F \leq \frac{\rho_1\rho_2}{2\eta_1} \left( \mu_1 + \frac{\varepsilon_1}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_1}{\rho + \gamma} \right)^2 - \frac{\rho_2^2}{8\eta_2} \left( \mu_2 + \frac{\varepsilon_2}{\rho + \delta} + \frac{\lambda\xi_2}{\rho + \gamma} \right)^2, \quad \Delta J_S \geq 0. \text{ 因此, 当 } F \in [F_{\min}, F_{\max}] \text{ 时, } \Delta J_S \geq 0, \Delta J_A \geq 0, \text{ 命题 5 得证。}$$

## 5. 数值分析

基准参数设置为：  $\Omega = 20$ ,  $b = 1$ ,  $\lambda = 0.7$ ,  $\mu_1 = 0.6$ ,  $\mu_2 = 0.6$ ,  $\eta_1 = 1$ ,  $\eta_2 = 1$ ,  $\rho_1 = 0.8$ ,  $\rho_2 = 1$ ,  $\varepsilon_1 = 0.9$ ,  $\varepsilon_2 = 1.2$ ,  $\delta = 0.8$ ,  $\gamma = 0.7$ ,  $p = 5$ ,  $\xi_1 = 0.5$ ,  $\xi_2 = 0.5$ ,  $\rho = 0.3$ ,  $\phi = 0.2308$ 。

### 5.1. 状态变量的轨迹与敏感性分析

其他参数不变，令农产品网络商誉与参考价格的初始值  $G_0$ ,  $R_0 \in \{3, 13\}$ ，两种模式下两个状态变量的时间演化轨迹如图 1 和图 2 所示。

由图 1 可知，两种决策模式下的农产品网络商誉演化过程与其初始值有关，取较低的初始农产品网络商誉值，商誉会随着时间提升，取较高的初始农产品网络商誉，商誉会随着时间衰减，并在一段时间

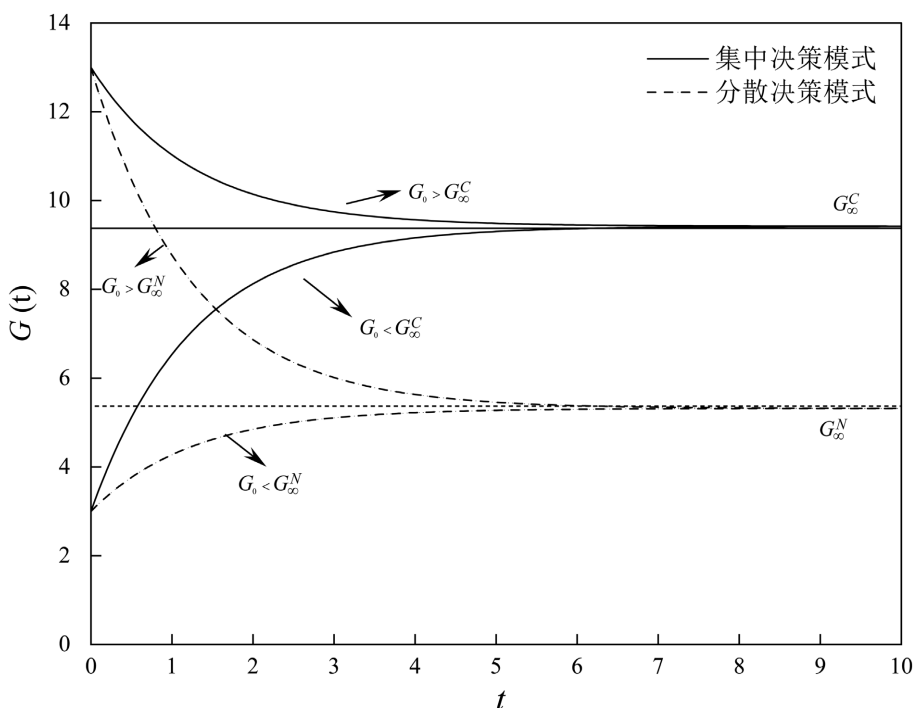
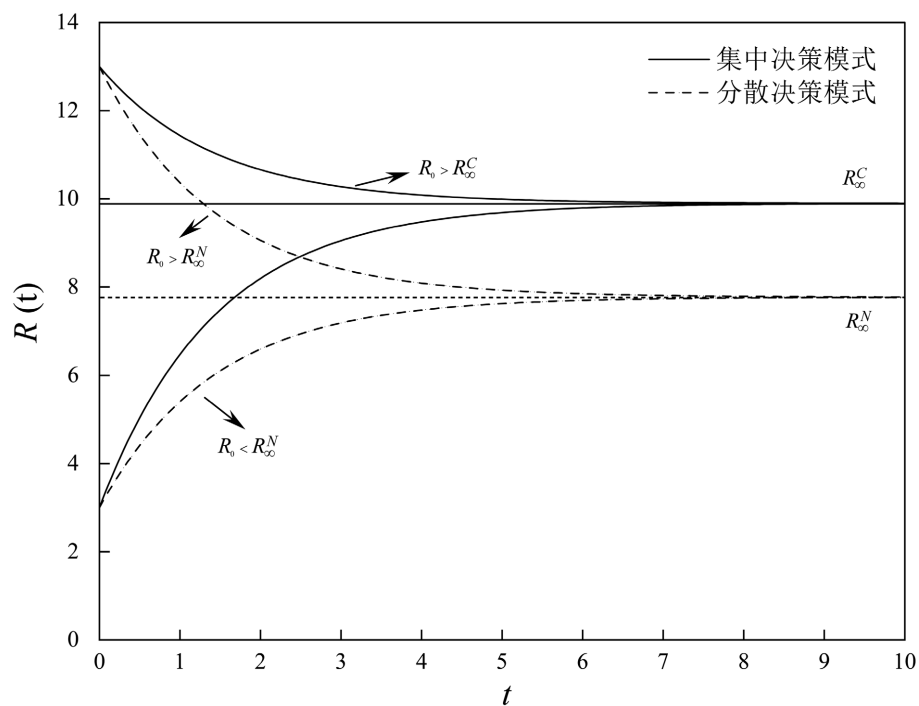
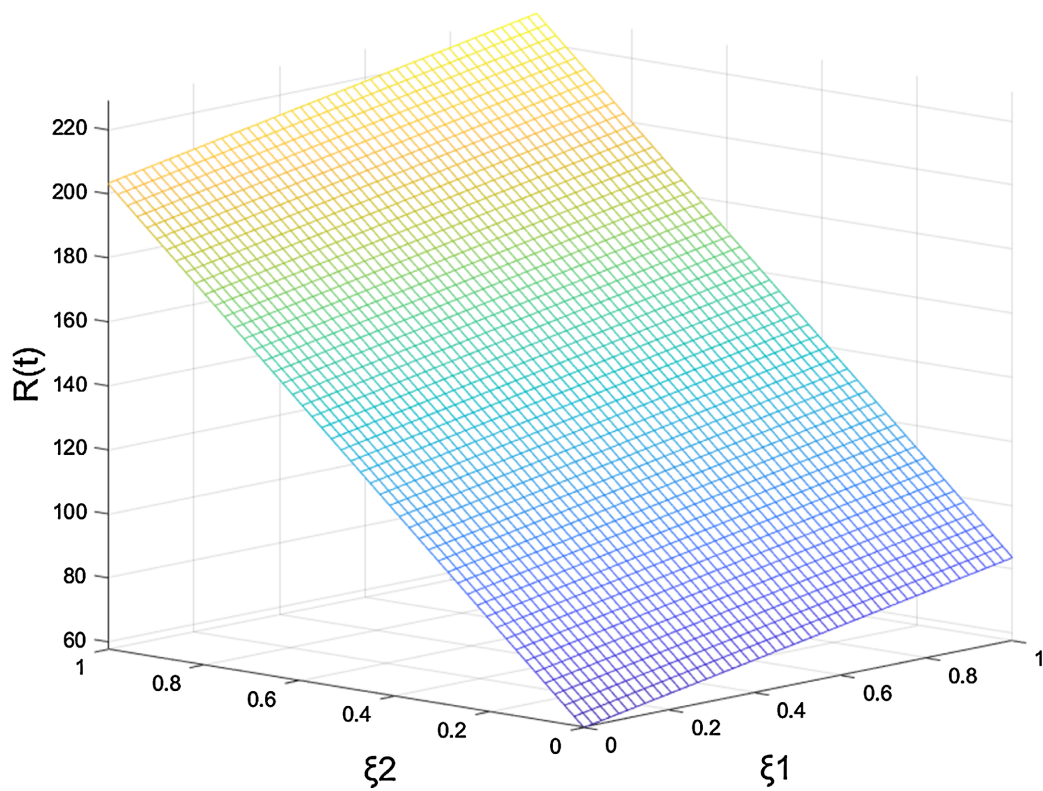


Figure 1. Time trajectories of agricultural product online goodwill under two modes

图 1. 两种模式下农产品网络商誉的时间轨迹

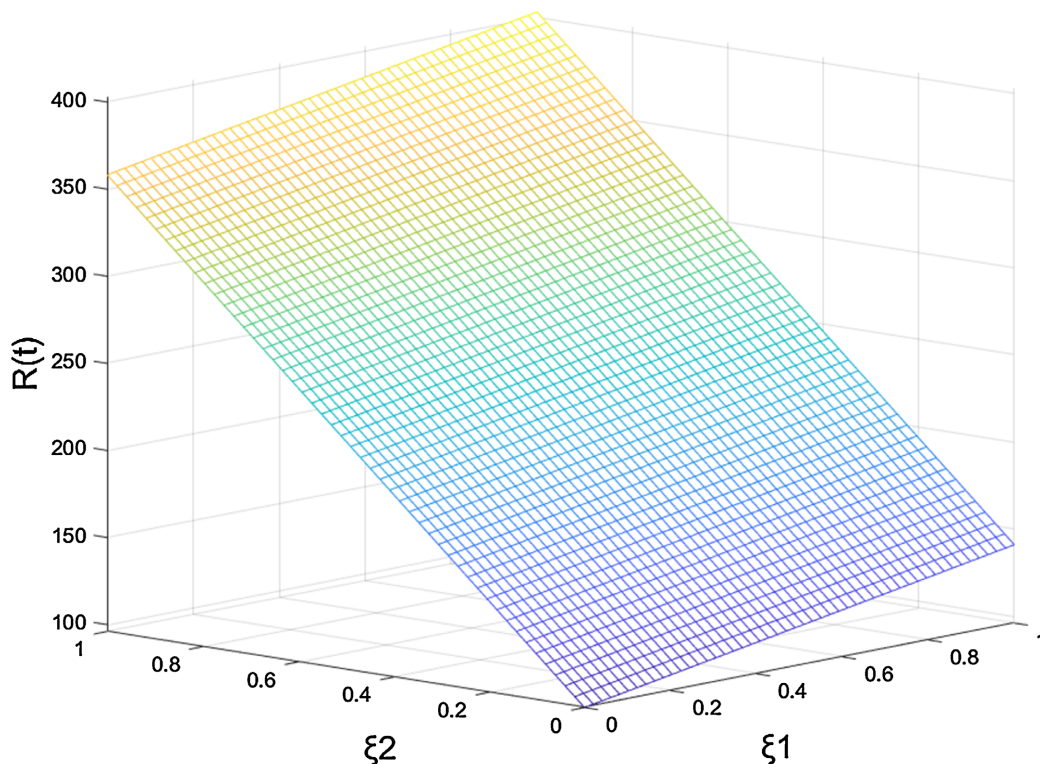


**Figure 2.** Time trajectories of reference price under two modes  
**图 2.** 两种模式下参考价格的时间轨迹



**Figure 3.**  $\xi_1, \xi_2 - R(t)$  in a decentralized decision-making model

**图 3.** 分散决策模式下的  $\xi_1, \xi_2 - R(t)$



**Figure 4.**  $\xi_1, \xi_2 - R(t)$  in a centralized decision-making model

**图 4.** 集中决策模式下的  $\xi_1, \xi_2 - R(t)$

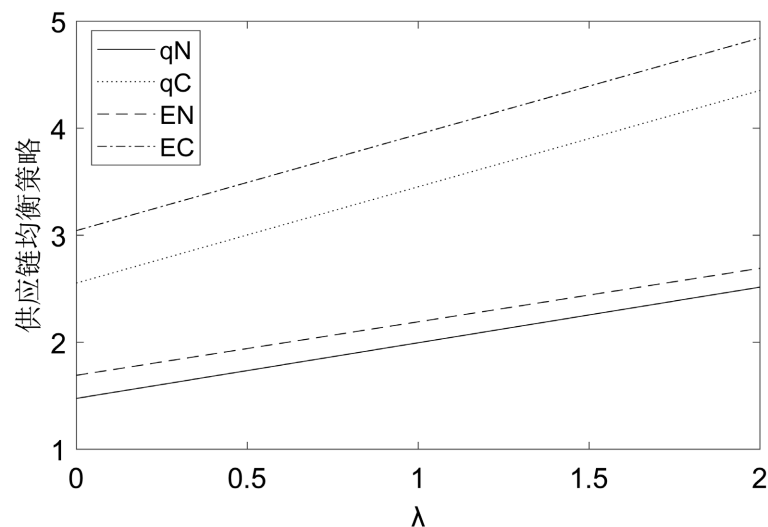
内收敛至稳定值。但农产品网络商誉稳态值却与初始值无关，仅与决策模式有关，具体呈现为集中决策模式的消费者参考价格稳态值要大于分散决策模式的对应值。相比分散决策模式，集中决策模式农产品网络商誉的衰减或提升更快，是因为集中决策模式下农产品质量水平和主播营销水平平均达到最高，能够极大地提高农产品网络商誉。由图 2 可知，参考价格的演化趋势类似，不再赘述。

不同于初始值，参考价格还受  $\xi_1, \xi_2$  影响，其分别表示涉农企业的质量水平对消费者参考价格的影响系数和主播的直播营销水平对消费者参考价格的影响系数，其组合在不同决策模式下对参考价格的影响如图 3 和图 4 所示，显然无论何种决策模式，当该参数值同时达到最小时，参考价格才最小，而只要其中一项不为最小，参考价格就会有所增加。

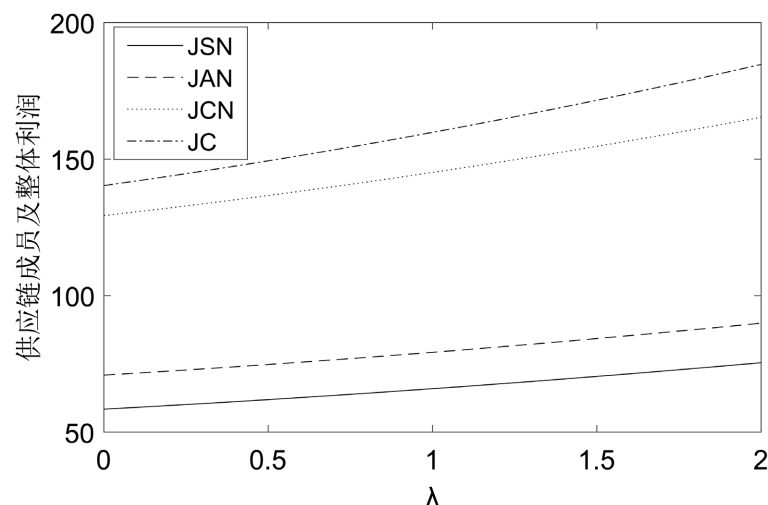
## 5.2. 参考价格效应的影响分析

其他参数不变，取  $\lambda \in [0, 2]$ ，两种模式下参考价格敏感系数对供应链成员均衡策略及相应利润值的影响情况如图 5 和图 6 所示。

由图 5 可知，两种模式下涉农企业的质量水平和主播直播营销水平均与参考价格敏感系数  $\lambda$  正相关。参考价格效应下，直播通过展现农产品标准化生产过程、专业化的播品讲解与趣味化的即时互动，共同作用于农产品网络商誉、参考价格。这种双维价值提升形成了“参考价格锚定 - 需求偏好强化 - 销量增长”的正向反馈机制，对供应链成员形成有效激励，促使其增加质量投入与直播营销努力，最终达成“投入增加 - 需求扩大 - 利润增长”的良性循环。进一步比较分析表明，集中决策模式下的质量投入与直播营销努力均显著高于分散决策模式，且两者差距随参考效应的放大而扩大。因此，参考价格效应下，当直播电商供应链的上下游成员采取合作，能够促进双方加大投入力度与提升农产品网络商誉。



**Figure 5.** Impact of reference price sensitivity coefficient on equilibrium strategies  
**图 5.** 参考价格敏感系数对均衡策略的影响



**Figure 6.** Impact of reference price sensitivity coefficient on profit  
**图 6.** 参考价格敏感系数对利润的影响

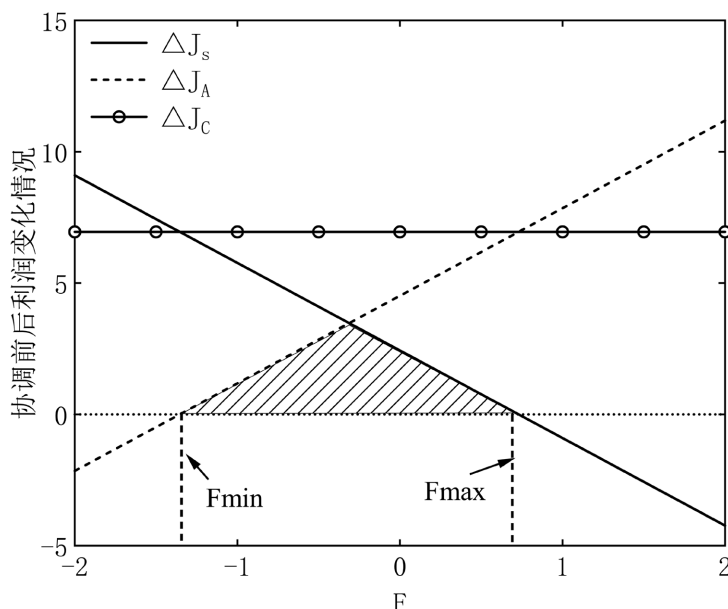
由图 6 可知, 两种模式下参考价格敏感系数对供应链成员以及系统的长期利润起积极作用。且集中决策模式下系统利润显著高于分散决策的, 随着参考价格效应的增强, 两者间的差距不断扩大。表明当参考价格敏感度增强时, 分散决策下的供应链利润偏离集中决策的程度越大。此外, 虽然集中决策能够显著提升系统利润, 但未必就可以同时增加供应链成员的所得。这揭示了现实中供应链成员之间合作的脆弱性。

### 5.3. 组合契约调效果分析

其他参数不变, 通过边际利润可知  $\phi_1 = 0.44$ ,  $\phi_2 = 0.56$ , 取  $F \in [-2, 2]$ , 在组合契约协调机制下, 供应链成员及系统利润变化情况与转移支付  $F$  间的关系, 如图 7 所示。

图 7 揭示了组合契约协调的临界条件: 当  $F = F_{\min} = -1.35$  时, 主播长期利润增量为 0, 即协调后的利润增量全部由涉农企业获得; 当  $F = F_{\max} = 0.75$  时, 涉农企业长期利润增量为 0, 即协调后的利润增量

全部由主播获得。当  $F < -1.35$  时, 组合契约协调后主播的长期利润受损, 理性主播将拒绝该契约; 同理, 当  $F > 0.75$  时, 涉农企业也会基于理性而选择拒绝。因此, 只有转移支付  $F \in [-1.35, 0.75]$  时(图中阴影部分), 此时, 双方的长期利润与分散决策模式相比, 都能同时得到显著提升, 从而可以达成契约。而真正实施组合契约时, 涉农企业和主播将通过谈判确定  $F$  的具体值, 尤其依赖于双方各自的议价能力(如口碑、竞争状况、规模等)。



**Figure 7.** Relationship between equilibrium profit changes and transfer payment  $F$  under contract coordination  
**图 7.** 契约协调前后均衡利润变化与转移支付之间的关系

## 6. 结论

本文同时考虑消费者品牌偏好与参考价格效应, 假定农产品网络商誉和参考价格都随时间动态变化, 且均受供应链成员投入策略的影响, 构建一个由涉农企业(追随者)和主播(领导者)组成的二级农产品直播电商供应链微分博弈模型, 深入剖析与比较集中决策模式和分散决策模式下的均衡策略与利润。研究进一步设计出的“双向成本分担-转移支付”组合契约, 明确该契约成功协调的条件与转移支付的区间, 为农产品直播电商供应链运营管理提供理论依据。主要研究结论如下: (1) 分散决策模式下, 主播进行成本分担契约的必要条件是其边际利润超过涉农企业边际利润的一半, 该分担比例与主播边际利润正相关, 与涉农企业边际利润负相关。(2) 考虑参考价格效应对集中与分散两种决策模式均能促成“投入增加-需求扩大-利润增长”的供应链良性循环。(3) 均衡结果比较中, 集中决策模式下的供应链成员的最优努力水平、农产品网络商誉和参考价格的最优轨迹、供应链系统的长期利润均显著优于分散决策, 但成员之间利润的相对大小与利润分配机制有关。(4) “双向成本分担-转移支付”组合契约在满足一定条件下, 能够促使涉农企业质量努力和主播直播营销努力、农产品网络商誉和参考价格的时间轨迹以及供应链系统的长期利润均能达到集中决策水平, 并且与分散决策模式相比, 该契约能保证成员双方的利润都能得到帕累托改善。

本研究基于单一涉农企业和单一主播的二级直播电商供应链, 未来研究可扩展为多级竞争供应链的动态决策问题。此外, 尚未考虑动态定价策略问题, 未来可进一步研究定价方面的动态决策。对于直播电商供应链契约协调, 本文没有考虑信息不对称和道德风险问题, 这也是下一步的研究方向。

## 基金项目

扬州大学商学院研究生科研创新项目(SXYYJSKC202316)。

## 参考文献

- [1] 汪慧. 乡村振兴背景下农产品直播营销模式研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(3): 5158-5163
- [2] 许莉莎. 乡村振兴背景下农产品直播带货的发展研究[J]. 电子商务评论, 2024, 13(2): 1706-1711.
- [3] 刘杰. 直播电商视角下农产品供应链整合的逻辑、现实问题及对策建议[J]. 商业经济研究, 2021(24): 150-153.
- [4] 杨越, 丁玉莲, 等. 区域公用品牌对农产品网络销量的影响: 在线声誉“赋能”还是“负能”? [J]. 中国农村经济, 2024(7): 75-95.
- [5] 贾伟强, 杨佳雨. 农产品区域品牌建设问题的系统研究[J]. 系统科学学报, 2023, 31(3): 133-136.
- [6] 张艳, 黄炎忠. 地理标志品牌参与对农产品质量安全的影响研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022(5): 123-135.
- [7] 董银果, 钱薇雯. 新发展格局下农产品品牌发展路径研究——基于农产品质量投入的视角[J]. 中国软科学, 2022(8): 31-44.
- [8] 李新建, 杨红, 等. 参与农产品区域公用品牌提升的三方演化博弈[J]. 中国管理科学, 2022, 30(8): 196-209.
- [9] 费威, 王阔. 直播电商背景下品牌商、平台与主播的食品安全动态策略[J]. 软科学, 2024, 38(7): 117-126.
- [10] Winer, R.S. (1986) A Reference Price Model of Brand Choice for Frequently Purchased Products. *Journal of Consumer Research*, **13**, 250-256. <https://doi.org/10.1086/209064>
- [11] Zhang, J., Gou, Q., Liang, L. and Huang, Z. (2013) Supply Chain Coordination through Cooperative Advertising with Reference Price Effect. *Omega*, **41**, 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.03.009>
- [12] Cao, Y. and Duan, Y. (2020) Joint Production and Pricing Inventory System under Stochastic Reference Price Effect. *Computers & Industrial Engineering*, **143**, Article ID: 106411. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106411>
- [13] 陈义涛, 赵军伟, 等. 电商直播中心理契约到消费意愿的演化机制——卷入度的调节作用[J]. 中国流通经济, 2021, 35(11): 44-55.