

基于电商平台农产品供应链三方博弈分析

王国义^{1, 2}, 牛丹婷^{1, 2}, 郭文静^{1, 2}, 于晓辉^{1*}

(1. 北京物资学院物流学院, 北京 101149;

2. 北京市物流系统与技术重点实验室, 北京 101149)

摘要:【目的】针对农产品供应链发展过程中合作不稳定等问题, 提出了基于电商平台农产品供应链三方博弈的策略。【方法】首先, 以农产品供应链发展现状为背景, 以农产品供应链中最基本的农户、电商平台和第三方物流为研究对象, 构建三方演化博弈模型。其次, 利用雅可比矩阵进行系统演化稳定性分析。【结果】得出对农产品供应链合作的影响因素包括政府对农户及电商平台的补贴力度、农产品快速流通程度、各参与主体的监管力度等。【结论】利用Matlab 2022b进行数据仿真分析来进行验证, 并提供相应的对策与建议, 为进一步稳定农产品供应链的发展做出参考。

关键词: 电商平台; 农产品供应链; 三方博弈; 演化稳定策略; 仿真分析

1 引言

随着国民生活质量的提高, 人们对于蔬菜、水果、肉类以及蛋类等农产品的需求每年都百万吨地增加^[1]。数字经济的发展同样带动了农产品的对外发展, 正如东方甄选将农产品与电商直播平台有效结合, 同时依靠第三方物流实现农产品的运输, 整个过程与传统农产品市场售卖相比, 加快了农产品的流通与供应链的发展。赵捷和谭琳元以数字经济快速发展为背景, 构建了加入直播端—平台端的新农产品直播供应链^[2]。朱婷和夏英同样是在农业数字化背景下以小农户商品生产和流通两个维度来进行供应链问题分析, 结合小农户嵌入电商供应链的实现路径^[3]。覃燕红等提到数字化供应链时代的到来, 越来越多企业更加关注供应链整体收益, 通过将利他偏好引入供应链来实现各成员合作发展和互利共赢^[4]。

研究表明, 在农产品供应链联盟中存在很多问题和障碍, 链上各主体利益分配争议较大, 影响整个电商农产品供应链高质量发展以及链上各主体稳定合作^[5]。因此, 找出影响供应链多方合作利益分配主要因素, 对于供应链有序运行、持续合作起至关重要的

作用。蔡利红提到, 利益分配是关系到整个供应链条能否持续性和长久性发展的重要环节^[6]。张喜才等以京津冀为背景, 提到利益分配不合理始终影响农业合作的观点, 认为建立合理的利益分配机制是实现供应链良好发展的保障^[7]。对于农产品供应链中如何实现利益公平分配以及保证供应链各参与主体稳定合作发展问题, 不同学者从不同角度进行了分析。Cai等利用博弈中的委托代理模型, 提到了农产品供应链中农业经纪人和政府的重要作用^[8]。Guo等学者通过引入市场研究, 提出了通过灵活订购策略来降低物流服务供应链的不确定性, 进一步提高供应链的整体效益^[9]。邱慧等以农超对接为背景, 以二级农产品供应链为研究对象, 提出了农户需要向超市支付一定转移费用才能实现协调, 才能保证双方持续稳定合作^[10]。兰岚以农民专业合作社为研究对象, 通过分析农业合作社的发展现状, 找到当前合作社发展的弊端, 进一步探索了调动农户和合作社能更好发展的积极因素^[11]。

通过上述文献研究可知, 研究合作稳定性的文献不多, 且主要集中在农户与电商两方博弈主体上, 本研究创新性地引入第三方物流, 选取农户、电商平台和第三方物流作为农产品供应链的主体, 采用演化博弈模型进行演化稳定性分析, 得出农产品供应链影响三方主体积极参与合作的因素, 为农产品供应链稳定发展提供相关依据。

2 问题描述与模型假设

2.1 问题的描述

首先, 在直播电商模式下, 农产品供应链各主体大多规模较小、较分散、经营粗放, 各主体不利于

基金项目: “非完全信息联盟结构博弈理论及在服务型制造跨链合作中的应用”项目批准号: 72171024。

作者简介: 王国义, 副教授, 博士, 研究方向: 农产品供应链质量安全。

牛丹婷, 硕士研究生, 研究方向: 农产品供应链。Email: 1134692708@qq.com

通讯作者: 于晓辉, 教授, 博士, 研究方向: 合作博弈与供应链管理。

结成有效的联盟伙伴^[12]，需要分析政府给予补贴能否促进各主体之间合作。同时，核心企业权力过于集中，当农户种植的农产品有大量剩余时，企业方会尽可能压低农产品价格，导致田间地头农产品与城市餐桌农产品价格悬殊^[13]，或平台方为自身利益提高农户入驻平台费用，导致农户投入产出不成正比。其次，各参与主体发生利益冲突或摩擦屡见不鲜。典型案例是当年圆通快递出现爆仓情况，导致电商商家损失近百万，企业相互推诿责任。在农产品供应链中，农户、电商平台和第三方物流之间责任损失尚不明确，导致供应链摩擦不断，所以需要分析三方参与主体相互之间损失对最终合作的影响程度。最后，由于农产品具有易变质、易腐烂的特质，目前的农产品供应链多依托农户进行农产品供应，农村地区相关物流基础设施尚未完善。有关统计数据显示，我国农产品供应链在运输过程中出现的货损率高达25%–30%^[14]。因此，在与电商平台合作时会面临农产品因质量、新鲜程度被挑剔的被动局面；同时，第三方物流要承担农产品在运输途中的货损风险，分析因农户原因导致第三方物流损失情况也至关重要。

2.2 博弈模型基本假设

本节就上述分析以及演化博弈模型进行假设分析，为后续进一步研究做铺垫。

假设1：博弈初期，农户选择积极合作和消极合作的比例分别为 x 和 $(1-x)$ ，农产品电商平台比例分别为 y 和 $(1-y)$ ，第三方物流比例分别为 z 和 $(1-z)$ 。

假设2：电商农产品供应链三方参与主体消极参与合作和积极参与合作产生的成本分别为 C_i 和 C'_i ， C_i 具体指农户按照合作方的要求进行生产投入成本、电商企业宣传成本、第三方物流流通加工费用和包装费用^[15]。

假设3：在正常过程中三方参与主体基本利益为 P_i ，积极合作情况下参与主体所获利益为 P'_i ，后者指农产品有更好销路、电商平台所售农产品有较好销量，带动其他产品销量、第三方物流能充分利用到企业的物流体系与设备^[16]。

假设4：为鼓励农业的发展，政府会给予一定补贴政策，正常情况下农户和电商平台可得补贴为 S_i ，积极参与合作情况下可得政府补贴为 S'_i ^[17]。

假设5：电商企业消极合作导致农产品不能一次

性售完，在转向市场过程中会产生保鲜或损失成本 L_1 ^[15]；同理农户消极合作会造成电商平台损失 L_2 ；第三方物流消极参与会造成农产品在运输过程中变质，不利于维护电商企业形象，进而使得电商平台造成一定损失 L'_2 ^[18]。

假设6：第三方物流积极参与能促使农产品快速流通，使农户得到相应的经济效益 R_1 ；同时，电商企业积极合作情况下，也会获得农户的合作支付费用 R_2 ，农户会取得电商企业的资金支持率 R_3 ^[15]。

具体各参数符号及其表示含义如表1所示。

表1 各参数符号及其含义

参数	符号含义
C_i	消极合作产生的成本， $i=(1, 2, 3)$ 表示农户、电商平台和第三方物流
C'_i	积极合作产生的成本， $i=(1, 2, 3)$ 表示同上
P_i	消极合作获取收益， $i=(1, 2, 3)$ 表示同上
P'_i	积极合作获取收益， $i=(1, 2, 3)$ 表示同上
S_i	消极合作情况下所获政府补贴， $i=(1, 2)$ 表示农户、电商平台
S'_i	积极合作情况下所获政府补贴， $i=(1, 2)$ 表示农户、电商平台
L_1	电商平台消极合作农户的损失成本
L_2	农户消极合作电商平台的损失成本
L_3	农户消极合作造成第三方物流损失成本
L'_2	第三方物流消极参与，造成电商平台损失成本
R_1	供应链良性发展，农户获得经济效益
R_2	农户支付费用
R_3	农户获得电商平台资金支持

3 三方博弈支付矩阵分析

基于上述假设，本文构建了农户、农产品电商企业和第三方物流的支付矩阵，如表2所示。

设农户积极合作的期望收益为 U_{11} ，消极合作的期望收益为 U_{12} ，平均期望收益为 \bar{U}_1 。根据表2，可得出农户、电商企业以及第三方物流的收益矩阵，进而可以从不同策略角度下计算出三方各自的期望收益^[19]。

首先，农户选择积极合作和消极合作策略时收益分别为 U_{11} 和 U_{12} ，以及平均期望收益：

$$\begin{aligned}
 U_{11} = & yz(P'_1 - C'_1 + S'_1 + R_1 - R_2 + R_3) + y(1-z) \\
 & (P'_1 - C'_1 + S'_1 - R_2 + R_3) + (1-y)z(P'_1 - C'_1 + S'_1 \\
 & - L_1 + R_1) + (1-y)(1-z)(P'_1 - C'_1 + S'_1 - L_1)
 \end{aligned} \quad (1)$$

表2 农户、电商平台以及第三方物流策略收益矩阵

电商平台	第三方物流	
	积极参与	消极参与
积极合作	$P'_1 - C'_1 + S'_1 + R_1 - R_2 + R_3$	$P'_1 - C'_1 + S'_1 - R_2 + R_3$
	$P'_2 - C'_2 + S'_2 + R_2$	$P'_2 - C'_2 + S'_2 + R_2 - L'_2$
消极合作	$P'_3 - C'_3$	$P_3 - C_3$
	$P'_1 - C'_1 + S'_1 - L_1 + R_1$	$P'_1 - C'_1 + S'_1 - L_1$
积极合作	$P_2 - C_2 + S_2$	$P_2 - C_2 + S_2 - L'_2$
	$P'_3 - C'_3$	$P_3 - C_3$
消极合作	$P_1 - C_1 + S_1 + R_3$	$P_1 - C_1 + S_1 + R_3$
	$P'_2 - C'_2 + S'_2 - L_2$	$P'_2 - C'_2 + S'_2 - L_2 - L'_2$
积极合作	$P'_3 - C'_3 - L_3$	$P_3 - C_3$
	$P_1 - C_1 + S_1 - L_1$	$P_1 - C_1 + S_1 - L_1$
消极合作	$P_2 - C_2 + S_2 - L_2$	$P_2 - C_2 + S_2 - L_2 - L'_2$
	$P'_3 - C'_3 - L_3$	$P_3 - C_3$

$$U_{12} = yz(P_1 - C_1 + S_1 + R_3) + y(1-z)(P_1 - C_1 + S_1 + R_3) + (1-y)z(P_1 - C_1 + S_1 - L_1) + (1-y)(1-z)(P_1 - C_1 + S_1 - L_1) \quad (2)$$

$$\bar{U} = xU_{11} + (1-x)U_{12} \quad (3)$$

参与主体农户的复制动态方程为：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - \bar{U}) = x(1-x)(U_{11} - U_{12}) = x(1-x)(zR_1 - yR_2 + P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1) \quad (4)$$

$$\frac{dF(x)}{dx} = (1-2x)(zR_1 - yR_2 + P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1) \quad (5)$$

根据微分方程稳定性定理和演化稳定策略性质可知演化稳定策略需满足 $F(x)=0$ 且 $dF(x)/dx < 0$ ， $y^* = (zR_1 + P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1)/R_2$ 或者 $z^* = (yR_2 - P'_1 + P_1 - C_1 + C'_1 - S'_1 + S_1)/R_1$ 时，所有的 x 均为稳定状态，即 $F(x)=0$ ；又因为 $H(y) = (zR_1 - yR_2 + P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1)$ ， $H(y)$ 为 y 的减函数，故当 $y > y^*$ 时， $H(y) < 0$ ， $dF(x)/dx|_{x=0} < 0$ ，此时 $x=0$ 为平衡点；当 $y < y^*$ 时， $H(y) > 0$ ， $dF(x)/dx|_{x=1} < 0$ ，此时 $x=1$ 为平衡点。

同理，对于 z 而言， $H(y)$ 为 z 的增函数，当 $z > z^*$ 时， $H(y) > 0$ ，此时 $x=1$ 为平衡点，当 $z < z^*$ 时， $H(y) < 0$ ，此时 $x=0$ 为平衡点。

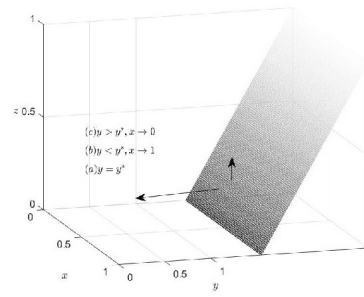


图1 农户演化策略相位图

如图所示，设参与主体农户积极合作策略的概率为 G_1 ，对应体积为 V_{G1} ，选择消极合作概率为 G_2 ，对应体积为 V_{G2} ，经计算得：

$$V_{G1} = \int_0^1 \int_0^1 \frac{zR_1 + P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1}{R_2} dz dx = \int_0^1 \frac{R_1 + 2(P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1)}{2R_2} dx = \frac{R_1 + 2(P'_1 - P_1 + C_1 - C'_1 + S'_1 - S_1)}{2R_2}$$

$$V_{G2} = 1 - V_{G1} = \frac{2(R_2 - P'_1 + P_1 - C_1 + C'_1 - S'_1 + S_1) + R_1}{2R_2}$$

推论1：农户采取积极合作策略的概率与农产品快速流通所获利益、积极合作收益、积极合作政府补贴、消极合作成本正相关，与消极合作收益、积极合作成本、消极合作政府补贴以及与电商合作支付费用负相关。

证明：对 V_{G1} 各要素求一阶偏导，得 $\partial V_{G1} / \partial R_1 > 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial P'_1 > 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial C_1 > 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial S'_1 > 0$ ； $\partial V_{G1} / \partial P_1 < 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial C'_1 < 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial S_1 < 0$ ， $\partial V_{G1} / \partial R_2 < 0$ 。因此，当 R_1 、 P'_1 、 C_1 、 S'_1 上升或者 P_1 、 C'_1 、 S_1 、 R_2 下降时，农户采用积极合作策略将上升。

同理，参与主体电商企业选择积极合作和消极合作策略时的收益分别为 U_{21} 和 U_{22} ，以及平均期望收益 \bar{U}_2 为：

$$U_{21} = xz(P'_2 - C'_2 + S'_2 + R_2) + x(1-z)(P'_2 - C'_2 + S'_2 + R_2 - L'_2) + (1-x)z(P'_2 - C'_2 + S'_2 - L_2) + (1-x)(1-z)(P'_2 - C'_2 + S'_2 - L_2 - L'_2) \quad (6)$$

$$U_{22} = xz(P_2 - C_2 + S_2) + x(1-z)(P_2 - C_2 + S_2 - L'_2) + (1-x)z(P_2 - C_2 + S_2 - L_2) + (1-x)(1-z)(P_2 - C_2 + S_2 - L_2 - L'_2) \quad (7)$$

$$\bar{U}_2 = yU_{21} + (1-y)U_{22} \quad (8)$$

参与主体电商平台的复制动态方程为:

$$\begin{aligned}
 F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(U_{21} - \bar{U}_2) \\
 &= y(1-y)(U_{21} - U_{22}) \\
 &= y(1-y)(xR_2 + P_2' - P_2 + C_2 - C_2' + S_2' - S_2)
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\frac{dF(y)}{dy} = (1-2y)(xR_2 + P_2' - P_2 + C_2 - C_2' + S_2' - S_2) \tag{10}$$

$x^* = (-P_3' + P_3 - C_3 + C_3' + L_3)/L_2$ 时, 所有的 z 均为稳定状态, 即 $F(z)=0$; 又因为 $H_3(x)=(xL_3+P_3'-P_3+C_3-C_3'-L_3)$, $H_3(x)$ 为 x 的增函数, 故当 $x > x^*$ 时, $H_3(x) > 0$, $dF(z)/dz|_{z=1} < 0$, 此时 $z=1$ 为平衡点; 当 $x < x^*$ 时, $H_3(x) < 0$, $dF(z)/dz|_{z=0} < 0$, 此时 $z=0$ 为平衡点。

推论2: 电商平台积极合作概率与积极合作收益、消极合作成本、积极合作情况下政府补贴、农户支付费用成正相关; 与电商消极合作收益、积极参与成本以及消极合作情况下政府补贴负相关。

证明同推论1。

同理可得, 第三方物流选择积极参与和消极参与策略时的收益分别为 U_{31} 和 U_{32} , 以及平均期望收益 \bar{U}_3 为:

$$\begin{aligned}
 U_{31} &= xy(P_3' - C_3') + x(1-y)(P_3' - C_3') + (1-x)y \\
 &\quad (P_3' - C_3' - L_3) + (1-x)(1-y)(P_3' - C_3' - L_3)
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
 U_{32} &= xy(P_3 - C_3) + x(1-y)(P_3 - C_3) + (1-x)y \\
 &\quad (P_3 - C_3) + (1-x)(1-y)(P_3 - C_3)
 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\bar{U}_3 = zU_{31} + (1-z)U_{32} \tag{13}$$

参与主体第三方物流的复制动态方程为:

$$\begin{aligned}
 F(z) &= \frac{dz}{dt} = z(U_{31} - \bar{U}_3) \\
 &= z(1-z)(U_{31} - U_{32}) \\
 &= z(1-z)(xL_3 + P_3' - P_3 + C_3 - C_3' - L_3)
 \end{aligned} \tag{14}$$

$$\frac{dF(z)}{dz} = (1-2z)(xL_3 + P_3' - P_3 + C_3 - C_3' - L_3) \tag{15}$$

$x^* = (-P_3' + P_3 - C_3 + C_3' + L_3)/L_2$ 时, 所有的 z 均为稳定状态, 即 $F(z)=0$; 又因为 $H_3(x)=(xL_3+P_3'-P_3+C_3-C_3'-L_3)$, $H_3(x)$ 为 x 的增函数, 故当 $x > x^*$ 时, $H_3(x) > 0$, $dF(z)/dz|_{z=1} < 0$, 此时 $z=1$ 为平衡点; 当 $x < x^*$ 时, $H_3(x) < 0$, $dF(z)/dz|_{z=0} < 0$, 此时 $z=0$ 为平衡点。

推论3: 第三方物流积极参与概率与积极参与收益、消极参与成本、农户消极合作给电商企业带来损失呈正相关; 与消极参与收益、积极参与成本、农户消极合作给第三方物流造成损失呈负相关。

证明同推论1。

4 三方博弈稳定策略分析

使参与主体的复制动态方程为0, 可得:

$$F(x) = x(1-x)(zR_1 - yR_2 + P_1' - P_1 + C_1 - C_1' + S_1' - S_1) = 0;$$

$$F(y) = y(1-y)(xR_2 + P_2' - P_2 + C_2 - C_2' + S_2' - S_2) = 0;$$

$$F(z) = z(1-z)(xL_3 + P_3' - P_3 + C_3 - C_3' - L_3) = 0.$$

当 $x=0$ 或 $x=1$, $y=0$ 或 $y=1$, 以及 $z=0$ 或 $z=1$ 时, 任其自由组合即 $(0,0,0)$ 、 $(0,1,0)$ 、 $(0,0,1)$ 、 $(1,0,0)$ 、 $(1,1,0)$ 、 $(1,0,1)$ 、 $(0,1,1)$ 、 $(1,1,1)$ 都可得 $F(x)=0$, $F(y)=0$, $F(z)=0$ 。

另外当 $x = (P_3' - P_3 + C_3 - C_3' - L_3)/L_3$, $y=0$ 或 $y=1$, $z = (P_1' - P_1 + C_1 - C_1' + S_1' - S_1)/R_1$;

$$x = -(P_2' - P_2 + C_2 - C_2' + S_2' - S_2)/R_2,$$

$$y = (P_1' - P_1 + C_1 - C_1' + S_1' - S_1)/R_2, \quad z=0 \text{ 或 } z=1,$$

满足 $F(x)=0$, $F(y)=0$, $F(z)=0$ 。

通过运用Friedman的方法, 对自由组合得到的相应均衡点进行分析, 得到系统雅可比矩阵为^[20]:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial(x)} & \frac{\partial F(x)}{\partial(y)} & \frac{\partial F(x)}{\partial(z)} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial(x)} & \frac{\partial F(y)}{\partial(y)} & \frac{\partial F(y)}{\partial(z)} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial(x)} & \frac{\partial F(z)}{\partial(y)} & \frac{\partial F(z)}{\partial(z)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{bmatrix} \tag{16}$$

式(16)中:

$$J_{11} = (1-2x)(zR_1 - yR_2 + P_1' - P_1 + C_1 - C_1' + S_1' - S_1),$$

$$J_{12} = x(1-x)(-R_2), \quad J_{13} = x(1-x)R_1;$$

$$J_{21} = y(1-y)R_2,$$

$$J_{22} = (1-2y)(xR_2 + P_2' - P_2 + C_2 - C_2' + S_2' - S_2),$$

$$J_{23} = 0; \quad J_{31} = z(1-z)L_3, \quad J_{32} = 0,$$

$$J_{33} = (1-2z)(xL_3 + P_3' - P_3 + C_3 - C_3' - L_3);$$

通过计算各均衡点 λ 值来判断均衡点的稳定性, 如表3所示: 为了方便计算设

$$m_1 = C_1 - C_1' - P_1 + P_1' - S_1 + S_1';$$

$$m_2 = C_2 - C_2' - P_2 + P_2' - S_2 + S_2';$$

$$m_3 = C_3 - C_3' - P_3 + P_3'.$$

由表2中数据可知, m_1 、 m_2 、 m_3 有多种组合方式, $(R_1 > R_2)$ 具体稳定分析结果如表4所示。

表3 各均衡点所求 λ 值

均衡点	特征值		
	λ_1	λ_2	λ_3
$E_1(0,0,0)$	$C_1 - C'_1 - P_1 + P'_1 - S_1 + S'_1$	$C_2 - C'_2 - P_2 + P'_2 - S_2 + S'_2$	$C_3 - C'_3 - L_3 - P_3 + P'_3$
$E_2(0,1,0)$	$C_1 - C'_1 - P_1 + P'_1 - R_2 - S_1 + S'_1$	$C'_2 - C_2 + P_2 - P'_2 + S_2 - S'_2$	$C_3 - C'_3 - L_3 - P_3 + P'_3$
$E_3(0,0,1)$	$C_1 - C'_1 - P_1 + P'_1 + R_1 - S_1 + S'_1$	$C_2 - C'_2 - P_2 + P'_2 - S_2 + S'_2$	$C'_3 - C_3 + L_3 + P_3 - P'_3$
$E_4(1,0,0)$	$C'_1 - C_1 + P_1 - P'_1 + S_1 - S'_1$	$C_2 - C'_2 - P_2 + P'_2 + R_2 - S_2 + S'_2$	$C_3 - C'_3 - P_3 + P'_3$
$E_5(1,1,0)$	$C'_1 - C_1 + P_1 - P'_1 + R_2 + S_1 - S'_1$	$C'_2 - C_2 + P_2 - P'_2 - R_2 + S_2 - S'_2$	$C_3 - C'_3 - P_3 + P'_3$
$E_6(1,0,1)$	$C'_1 - C_1 + P_1 - P'_1 - R_1 + S_1 - S'_1$	$C_2 - C'_2 - P_2 + P'_2 + R_2 - S_2 + S'_2$	$C'_3 - C_3 + P_3 - P'_3$
$E_7(0,1,1)$	$C_1 - C'_1 - P_1 + P'_1 + R_1 - R_2 - S_1 + S'_1$	$C'_2 - C_2 + P_2 - P'_2 + S_2 - S'_2$	$C'_3 - C_3 + L_3 + P_3 - P'_3$
$E_8(1,1,1)$	$C'_1 - C_1 + P_1 - P'_1 - R_1 + R_2 + S_1 - S'_1$	$C'_2 - C_2 + P_2 - P'_2 - R_2 + S_2 - S'_2$	$C'_3 - C_3 + P_3 - P'_3$

表4 各均衡点稳定分析

条件	均衡点	λ 符号	稳定性结论	策略组合
$m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$	$E_1(0,0,0)$	$(-, -, \times)$	不确定	(消极合作, 消极合作, 消极参与)
$m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 < 0$		$(-, -, -)$	ESS	
$m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 > 0$	$E_2(0,1,0)$	$(\times, -, \times)$	不确定	(消极合作, 积极合作, 消极参与)
$m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 < 0$		$(\times, -, -)$	不确定	
$m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 > 0$		$(-, -, \times)$	不确定	
$m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 < 0$		$(-, -, -)$	ESS	
$m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$	$E_3(0,0,1)$	$(\times, -, \times)$	不确定	(消极合作, 消极合作, 积极参与)
$m_1 > 0, m_2 < 0, m_3 < 0$	$E_4(1,0,0)$	$(-, \times, -)$	不确定	(积极合作, 消极合作, 消极参与)
$m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 < 0$	$E_5(1,1,0)$	$(\times, -, -)$	不确定	(积极合作, 积极合作, 消极参与)
$m_1 > 0, m_2 < 0, m_3 < 0$		$(\times, \times, -)$	不确定	
$m_1 > 0, m_2 < 0, m_3 > 0$	$E_6(1,0,1)$	$(-, \times, -)$	不确定	(积极合作, 消极合作, 积极参与)
$m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$		$(\times, \times, -)$	不确定	
$m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 > 0$	$E_7(0,1,1)$	$(\times, -, \times)$	不确定	(消极合作, 积极合作, 积极参与)
$m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 > 0$		$(\times, -, \times)$	不确定	
$m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 > 0$	$E_8(1,1,1)$	$(\times, -, -)$	不确定	(积极合作, 积极合作, 积极参与)
$m_1 > 0, m_2 < 0, m_3 > 0$		$(\times, \times, -)$	不确定	
$m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 > 0$		$(\times, -, -)$	不确定	
$m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$		$(\times, \times, -)$	不确定	

推论4: 当 $m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 < 0$ 时, $E_1(0,0,0)$ 为均衡稳定点。

证明: 结合表2和表3可知, 此时在 $E_1(0,0,0)$ 点满足 $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0, \lambda_3 < 0$, 故在此时 $E_1(0,0,0)$ 为复制动态方程的均衡稳定点。

推论4可知: 此时政府对于农户积极合作与消极合作的补贴差和农户积极合作消极合作收益差小于其前后成本差, 故此时农户选择消极合作; 同理, 电商

平台亦是如此; 对第三方物流来说, 其收益低于成本与损失的总和, 也是选择消极参与。

推论5: 当 $m_1 < 0, m_2 > 0, m_3 < 0$ 时, 此时 $E_2(0,1,0)$ 为均衡稳定点。

证明同推论4。

推论5可知: 此时政府补贴差额和收益差额之和小于成本差额, 故此时农户选择消极合作; 但对于电商平台来说成本差额小于补贴差额与收益差额总和,

故对于电商平台来说是有益的，其会选择积极合作；相反对于第三方物流则选择消极参与。

推论 6：当满足 $m_1 < 0, m_2 < 0, m_3 > 0$ 且 $-m_1 > R_1 > R_2, m_3 > L_3 > 0$ 时，此时 $E_3(0,0,1)$ 为系统均衡稳定点 $E_1(0,0,0), E_6(1,0,1), E_8(1,1,1)$ 为非稳定点。

证明同推论4。

推论6可知：当农户整体收益差小于其付出的成本差，是会选择消极合作的，即使之后所获规模效益大于其支付给电商平台的费用；同理，电商平台亦是如此；此时，对于第三方物流来说，其收益大于成本差，其会选择积极参与。

推论 7：当满足 $m_1 > 0, m_2 > 0, m_3 > 0$ 且 $m_1 > R_1 - R_2, m_2 > R_2 > 0, m_3 > L_3 > 0$ ，时，此时系统均衡稳定点为 $E_8(1,1,1)$ ； $E_2(0,1,0), E_7(0,1,1)$ 为非稳定点。

证明同推论4。

推论7可知：此时农户满足整体收益差远高于其所投入的成本差，故选择积极合作；同理，电商平台和第三方物流在收益远高于成本情况下，也会选择积极合作与积极参与。

5 数值仿真分析

影响系统的演化稳定策略因素主要有 $C_1, C_2, C_3, C'_1, C'_2, C'_3, P_1, P'_1, P_2, P'_2, P_3, P'_3, S_1, S'_1, S_2, S'_2, L_2, L_1, L'_2, L_3, R_1, R_2, R_3$ 。各因素不同取值也会导致有不同的演化策略。通过参考相关文献可设 $P'_1 - P_1 = 25, P'_2 - P_2 = 35, P'_3 - P_3 = 37$ （第三方物流由于原本投入设备成本高，故只有与更多合作伙伴合作能产生更大利益）； $C'_1 - C_1 = 10, C'_2 - C_2 = 13, C'_3 - C_3 = 15$ ； $S'_1 - S_1 = 5, S'_2 - S_2 = 4$ ； $L_1 = 7, L_1 = 10, L'_2 = 11, L_3 = 6$ ； $R_1 = 15, R_2 = 10$ ^[16]。满足推论7的条件，同时结合各参与主体复制动态方程，进而研究 $S'_1 - S_1, S'_2 - S_2, L_3, R_1, R_2$ 对演化博弈系统的影响。

首先为了分析 R_1, R_2 的变化对演化博弈过程和结果的影响，将 R_1 分别赋予 5, 15, 30；可得到复制动态方程组随时间演化 50 次的仿真结果，如图 2 所示； R_2 分别赋予 10, 20, 25；可得到复制动态方程组随时间演化 50 次的仿真结果，如图 3 所示。

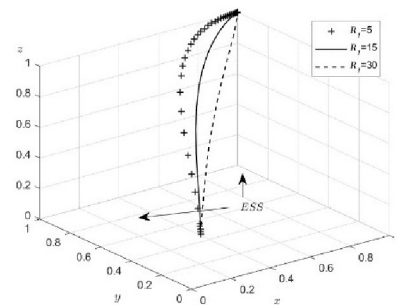


图2 农产品快速流通所获经济效益的影响

图2表明，农产品快速流通所获经济收益的提升能够加快农户进行供应链的合作，农产品能快速流通不积累，农户选择积极合作概率也会进一步提升。

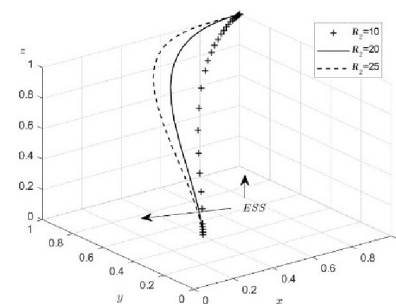


图3 农户与电商平台合作支付费用的影响

由图3可知，在系统演化稳定过程中，随着农户合作支付费用的提升，其参与合作的概率是在不断下降的。即使此时电商平台和第三方物流参与供应链合作概率不断提升，这也会造成农户负担加重，更愿意倾向于自己找销售市场。由此可见，当农户支付费用足够高的情况也会影响电商平台的策略抉择，可以选择提升农户给电商平台的支付费用，但适当即可。

分别赋值 L_3 为 0, 10, 20，进一步分析 L_3 对整个系统演化的影响，仿真结果如图 4 所示，并为进一步验证推论 3 来进行分析。

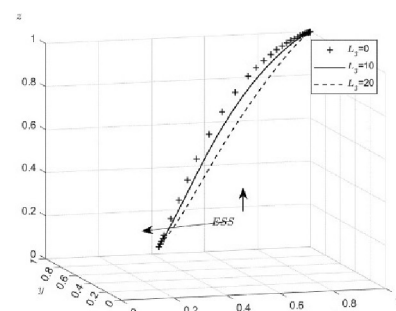


图4 农户给第三方物流损失的影响

图4可知，随着 L_3 的增大，第三方物流选择积极参与的概率也明显下降，进一步验证了推论 3 的结

论。

其次，为了分析政府补贴是否对三方策略选择有影响，分别赋值 $S'_1-S_1=0$ ， $S'_1-S_1=5$ ， $S'_1-S_1=10$ ，复制动态方程随时间演化50次的仿真结果如图4所示；分别赋予 $S'_2-S_2=0$ ， $S'_2-S_2=4$ ， $S'_2-S_2=8$ ，仿真结果如图5所示。

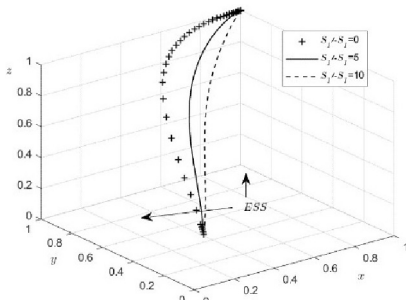


图5 政府对农户补贴的影响

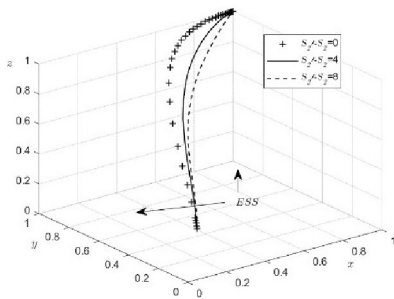


图6 政府对电商平台补贴的影响

由图5、图6可知，在演化过程中，随着政府对农户和电商平台补贴力度的加大，农户和电商平台选择合作的概率都会有所提升，能使其收益其中一项得到提升，对农户和电商平台本身来说也是有益的，对三方合作也起到积极促进作用。

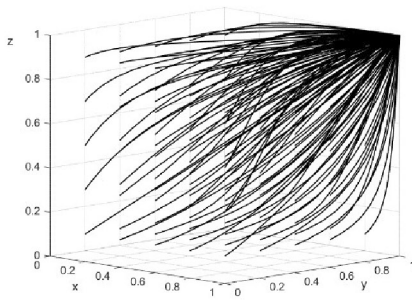


图7 数组1演化50次结果

数组1满足推论7中的条件，对其进行演化50次结果如图7所示，可得系统存在演化稳定点 $E_8(1,1,1)$ ，即农户、电商平台以及第三方物流的策略组合为（积极合作、积极合作、积极参与）演化稳定策略组合，故而应适当增加政府对农户以及电商平台补贴，降低

农户对第三方物流的损失，适当减少农户与电商平台合作成本，增加农产品流通过程中的经济效益。综合上述分析可知，仿真分析与各方演化策略稳定性分析结论一致具有有效性，对于后续建议的提出具有指导意义。

6 结语

通过上述博弈分析可以了解到政府补贴、农产品快速流通、电商平台支付费用等问题对农产品供应链各参与主体的积极合作非常重要，直接决定农产品供应链能否长久持续发展。为了农产品能持续稳定发展也需要我们从以下5个方面不断完善。1) 加大政府扶持力度。政府需要加大对弱势参与主体公共服务力度，例如增加政府农产品补贴，同时在电商企业和农户进行合作时给予与农户合作的电商企业政策补贴，增加农户和电商平台的合作黏性。2) 严格把控农产品供应质量。具体实施：农户、电商平台和第三方物流签订合同，例如农户提供劣质农产品滥竽充数，电商平台出现压榨农户和第三方物流情况，第三方物流也要按照规定时间将农产品送达，任何一方参与主体违约都要受到相应罚款。3) 促进供应链各主体有效合作。在原有合作基础上探索新的发展前景，为整个电商农产品供应链带来更多经济效益。例如电商平台与农户根据生产农产品特性、地理位置等共同打造如洛川苹果、丹东草莓、新疆大枣等专属农产品品牌，通过电商平台进行品牌推广，同时保证第三方物流稳定运输，共建农产品信息跟踪平台，确保从农产品采摘到运达消费者手中整个过程公开透明。4) 减少电商平台入驻费用。在农产品供应链中应降低平台入驻费用，更多选择以质量筛选农户、以时效性筛选第三方物流，不是一味地提高入驻费用，而是要通过正向的影响提高平台知名度和好评度，来吸引更多合作者积极参与。5) 加大共享物流设施的投入。为减少农户给第三方物流造成的损失，第三方物流可以将冷链设施前置投入，即在农产品产出阶段就配有相应保鲜措施，以减少整条供应链的效益损失。

参考文献

- [1] 马佳玉,孙宗军.基于组合模型的某农场电商生鲜农产品需求预测研究[J].物流科技,2022,45(13):71-74.
- [2] 赵捷,谭琳元.数字经济下直播电商嵌入农产品供

- 供应链的运作模式及发展对策[J]. 商业经济研究, 2022 (22):107-110.
- [3] 朱婷,夏英. 农业数字化背景下小农户嵌入农产品电商供应链研究[J]. 现代经济探讨, 2022 (8): 115-117.
- [4] 覃燕红,白萌,林强. 基于演化博弈模型的供应链利他偏好动态演进研究[J]. 工业工程, 2021, 24 (3): 34-45.
- [5] 刘瑞. 演化博弈下农产品电商供应链收益分配机制研究[J]. 商业经济研究, 2022 (22):111-114.
- [6] 蔡利红. 浅析农产品供应链中的利益分配[J]. 商业经济研究, 2017 (1):153-155.
- [7] 张喜才,杨冬海,王莲花. 京津冀一体化背景下蔬菜供应链利益分配机制构建研究[J]. 农业经济与管理, 2018 (2):18-26.
- [8] Cai Si-yang, Fang Xuan, Wang Zhu, Pu Xu-jin. Research on Supply Chain Operation of Connecting Agriculture with Supermarkets Based on Agricultural Brokers System[J]. Asian Agricultural Research, 2011 (5):107-115.
- [9] Guo L, Sun D S, Waheed A, et al. Game theory based decision coordination strategy of agricultural logistics service information system[J]. Computers, Materials & Continua, 2022, 73 (1):513-532.
- [10] 邱慧,李雷,杨怀珍. 考虑产出率影响销售价格的农产品供应链利益协调模型[J]. 系统科学学报, 2022, 30 (2):81-85.
- [11] 兰岚. 农产品供应链中农民专业合作社利益协调机制研究[J]. 农业经济, 2019 (10):20-21.
- [12] 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.
- [13] 隋秀勇. 多地蔬菜滞销暴露农产品供应链问题[J]. 中国物流与采购, 2022 (24):25-26.
- [14] 岑小琴. 依托电商平台推动农业经济发展的对策研究[J]. 中国集体经济, 2023 (11):81-84.
- [15] 刘晓丽,杨红. 基于关系契约视角的农户与农产品电子商务企业合作机制演化博弈分析[J]. 运筹与管理, 2021, 30 (6):96-102.
- [16] 王珍珍. 电子商务企业与第三方物流企业协同发展的动态演化博弈分析[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2015 (3):102-111.
- [17] 郭翔宇,姚江南. 政府干预、消费者购买与农产品品牌建设—基于三方主体演化博弈的分析[J]. 农林经济管理学报, 2023, 22 (2):171-181.
- [18] 李星浩. 对基于三农问题的农产品电商问题分析与对策探讨[J]. 农村实用技术, 2022 (9):1-3.
- [19] 张金泉,温素彬,吕欣,等. 低碳经济下闭环供应链的三方博弈分析[J]. 工业工程与管理, 2023, 28 (4):60-69.
- [20] 蒋致远,李畅帆. 三方博弈模型下零售商主导型供应链演化研究[J]. 商业经济研究, 2015 (29):4-6.

习近平《论“三农”工作》

坚决守住防止规模性返贫底线，接续推进全面脱贫与乡村振兴有效衔接①

(二〇一九年三月—二〇二二年一月)

要做好巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接，加强动态监测帮扶，落实“四个不摘”要求，跟踪收入变化和“两不愁三保障”巩固情况，定期核查，动态清零。要发展壮大扶贫产业，拓展销售渠道，加强对易地搬迁群众的后续扶持。要推动城乡融合发展，推动乡村产业、人才、文化、生态、组织等

全面振兴。要继续选派驻村第一书记和农村工作队。

(二〇二一年二月三日至五日春节前夕赴贵州看望慰问各族干部群众时的讲话)

——节选自习近平同志二〇一九年三月至二〇二二年一月期间文稿中有关坚决守住防止规模性返贫底线，接续推进全面脱贫与乡村振兴有效衔接内容的节录，《论“三农”工作》，中央文献出版社，2022年6月第1版