



郑小平, 应冰瑜. 流量奖惩机制下电商农产品质量安全监管三方博弈建模与仿真[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(10): 349-363.
ZHENG Xiaoping, YING Bingyu. Modeling and simulation of the tripartite game theory for e-commerce agricultural product quality and safety supervision under the traffic reward and punishment mechanism[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(10): 349-363.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.10.27

流量奖惩机制下电商农产品质量安全监管三方博弈建模与仿真

郑小平 应冰瑜

(中国农业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘要 针对传统的质量安全监管方式难以在农产品电商交易中奏效的问题,本研究旨在从流量奖惩视角提出有效的解决方案。在对流量奖惩机制所涉主体行为选择进行分析的基础上,构建平台、商家、消费者三方博弈矩阵,用演化博弈法探究电商农产品质量安全监管演化路径和系统均衡,并进行数值模拟仿真和参数敏感性仿真。研究结论如下:适当加大流量奖惩力度有助于系统向有效治理的理想状态演化;三方主体的初始行为对系统演化的影响有差异,其中平台与消费者的行为仅影响系统演化速度,而商家的行为概率殊异能导致不同的演化结果;商家违规收益增加会减缓系统演化至理想状态的进程,过高违规收益将驱使商家策略选择由自律向不自律转变;降低消费者评价成本有利于系统向理想状态演进,平台对消费者评价的过度激励会造成平台消极监管、商家不自律的非理想结果。

关键词 电子商务; 农产品质量安全; 流量奖惩; 演化博弈

中图分类号 F272

文章编号 1007-4333(2025)10-0349-15

文献标志码 A

Modeling and simulation of the tripartite game theory for e-commerce agricultural product quality and safety supervision under the traffic reward and punishment mechanism

ZHENG Xiaoping, YING Bingyu

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Aiming at the problem that the traditional quality and safety supervision method is difficult to work in the e-commerce transaction of agricultural products, this study aims to put forward effective solutions from the perspective of traffic rewards and punishments. Based on the analysis of the behavior choices of subjects involved in the traffic reward and punishment mechanism, a three-party game matrix of platform, merchant and consumer is constructed. The evolutionary game method is used to explore the evolution path and system equilibrium of e-commerce agricultural product quality and safety supervision, and the numerical simulation and parameter sensitivity simulation are conducted. The research conclusions are as follows: Appropriately increasing the intensity of traffic rewards and punishments can help the system evolve towards an ideal state of effective governance; The initial behavior of the three parties has different impacts on the evolution of the system, where the behavior of the platform and consumers only affects the speed of system evolution, and the probability of merchant behavior can lead to different evolutionary outcomes; The increase in illegal profits of merchants will slow down the process of the system evolving to an ideal state, and excessively high illegal profits will drive

收稿日期: 2025-01-05

基金项目: 国家社会科学基金项目(23BGL212)

第一作者: 郑小平(ORCID:0000-0003-2538-2415), 副教授, 主要从事农业品牌、复杂系统建模与仿真、农产品质量安全信用体系研究, E-mail: zhxp@cau.edu.cn

merchants to shift their strategic choices from self-discipline to non self-discipline. Reducing the cost of consumer evaluations is beneficial for the system to evolve towards an ideal state, while the excessive incentives from platforms for consumer evaluations lead to negative regulation and lack of self-discipline among merchants, resulting in non-ideal outcomes.

Keywords e-commerce; agricultural product quality and safety; traffic rewards and punishments; evolutionary game

随着互联网应用的普及与深化,一些消费者购买农产品的渠道由线下向线上迁徙^[1],淘宝、美团、京东、拼多多等电商平台已经成为不少消费者购买农产品的重要渠道之一。《数字乡村发展实践白皮书(2024年)》^①显示,2023年全国农产品网络零售额达5 870.3亿元,同比增长12.5%^[2]。伴随着农产品电商交易的增多,农产品电商质量安全问题开始凸显。根据《2023年度中国生鲜电商消费投诉数据与典型案例报告》^②,生鲜电商平台如盒马鲜生、美团优选等存在商品质量问题^[3]。目前的农产品电商平台具有入驻门槛低、经营主体多、销售分散、跨地域交易等特点^[4],使得取证、调查和处理问题变得更加复杂。农产品具有信任品特征,线上购物的形式使消费者不能直接确认农产品质量,进一步导致信息不对称程度增加,造成了质量安全隐患。针对电商农产品质量安全问题,传统的现场抽检等监管措施往往难以实施。实践中,高额罚款易因金额计算或证据链问题引发商家司法诉讼,电商平台大多对违规商家采取由消费者个人申诉并退货退款等处理。由于消费者个人难以确认质量安全问题而致使申诉比例有限,不多比例的小额客单价商品退货退款对商家造成的损失并不大,违规商家并未受到足够的惩处。“轻罚重获”使得部分商家在利益驱使下不惜铤而走险,甚至造成了电商农产品“劣币驱良币”现象,亟需探寻新的方式治理电商农产品质量安全问题。

在当今流量为王的时代,浏览量是销量的基础^[5],电商平台入驻商家的收益与其获得的曝光流量密不可分^[6-7],流量奖惩是治理电商农产品质量安全问题的重要抓手。与经济奖惩相比,平台实施流量奖惩优势和区别如下:流量奖惩是通过调整曝光率、搜索排名等虚拟资源分配影响商家获客能力,而经济奖惩是直接通过奖金、罚款或补贴改变商家实际收入;流量奖惩见效较慢但影响较为持久,经济奖惩即时性强但影响时效短暂;流量奖惩更易被

视为软性机制而非强制干预,抵触情绪较低,经济奖惩中罚款易引发不满,补贴可能滋生依赖;流量奖惩对平台而言边际成本低,依赖算法调整,而经济奖惩下平台需预留资金池用于补贴或承担坏账风险。总体而言,流量奖惩机制能被多方接受,且有利于引导商家秉持长期主义、行稳致远。

流量奖惩机制是平台根据商家所获得的综合评分对商家实施增加或减少曝光流量的治理机制。通常情况下,销售合规农产品的商家会受到消费者好评,销售低质违规农产品的商家则会受到差评。鉴于此,消费者评价可成为流量奖惩机制生效的重要依据。平台根据消费者的评价,对高评分商家给予流量奖励,通过增加搜索权重、提高推送率等方式增加其曝光量,间接促进其销量的提升;对低评分商家,则给予一定的流量惩罚,限制其曝光量。这一机制能够促使商家合规销售,以获得好评、增加流量,促进销量和利润的提升,形成产品品质与经济效益的良性循环,从而减少电商农产品质量安全问题。

消费者评价视角下的流量奖惩涉及消费者、商家和电商平台的三方博弈。以往的研究大多从平台对商家的经济奖惩(如奖金、罚款、退费等)出发,而本研究则注重探讨流量这一直接影响商家销量的元素。通过构建电商平台、消费者、入驻商家三方的博弈矩阵,探究有效的流量奖惩机制,激励消费者积极评论、入驻平台的农产品商家自律售卖合规商品,以期促进电商平台中农产品质量安全问题的解决。

1 国内外研究现状

农产品质量安全问题一直备受到社会各界关注。在线上农产品交易中,电子商务平台经营者(简称平台)为交易双方或者多方提供网络经营场所、交易撮合、信息发布等服务,具有管理和监督电商农产品质量安全的义务和权利^[8]。近年来,农产品电商平台蓬勃发展,但平台对农产品质量安全的

①中国信息通信研究院,2024年6月。https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202406/P020240604545842789562.pdf

②网经社电子商务研究中心,2024年3月。https://www.100ec.cn/zt/23sxtsbq/img/ts.pdf

监管却存在诸多问题,包括法律依据不完善、对商家资质审核不严格、监管标准不到位、对供应商约束不足、质量认证信息不够完备和真实等。针对以上问题,学者们从不同的角度,采取不同方法进行了研究(表 1),为电商平台对农产品质量安全的监管提供了建议。张云清等^[9]通过文献分析法得出,要引入信用评价体系,完善电商平台“三品一标”监管体系。曹裕等^[10]通过博弈演化分析,得出要加大

平台参与监管力度,政府委托平台监管更能阻止合谋行为。汪旭晖等^[11]通过归纳演绎法,从声誉视角,指出平台应当通过加强声誉约束规范卖家行为。邱玉霞等^[12]通过演化博弈法,从社会共治的视角,指出平台应当保障商家合规销售利益,通过消费者反馈机制形成共治以维护质量安全。一些学者认为平台给予优秀商家流量奖励,是质量安全监管中的激励手段之一^[13-14]。

表 1 电商平台农产品质量安全监管研究文献梳理

Table 1 Literature review on agricultural product quality and safety supervision on e-commerce platforms

作者 Author	研究方法 Research method	研究内容 Research content	主要结论 Main conclusion
张云清等 ^[9]	文献分析	电商平台监管体系	引入信用评价体系,有助于完善电商平台监管
汪旭晖等 ^[11]	归纳演绎	平台型电商声誉构建	平台应当充分发挥声誉机制作用以约束规范卖家行为
曹裕等 ^[10]	演化博弈	平台参与下网络食品安全政府监管策略	加大平台参与监管力度,政府委托平台监管更能阻止合谋行为
邱玉霞等 ^[12]	演化博弈	网络餐饮食品安全共治	平台应当保障商家合规销售利益,通过消费者反馈机制形成共治以维护质量安全

虽然学者们的研究角度不同,但大多学者都指出,电商农产品质量安全问题产生的根本原因是信息不对称^[15],而消费者评价作为一种信号传递机制,能够为其他消费者提供更多质量安全信息,打破信息壁垒。现有研究表明,有效的消费者评价能够减少卖家机会主义行为的发生,促进卖家合规销售产品,以减少质量安全问题的产生^[16]。消费者们拥有不同的评价频率和习惯。根据消费者的购后评论习惯,消费者可以被分为评论型、普通型和购买型等,其中评论型消费者购后评论概率最高,人群占比却最低^[17]。消费者不愿意发表评论的原因是多样的,包括执行成本高、经济回报低、担心遇到骚扰、缺乏动机等等,仅消费不反馈的现象普遍存在,许多研究也将消费者的行为选择分为评价与不评价两类^[12,18]。因此,为了提升消费者评价积极性,有必要给予消费者评价激励,降低消费者反馈成本,这有助于促进政府和平台加强审查,促进质量安全的提升^[18]。

电商农产品质量安全问题本质上是电商平台、入驻商家和消费者三者的利益博弈问题。演化博弈的方法被广泛应用于农产品质量安全领域的研

究中^[19]。国外学者较早开始将博弈论应用于农产品质量安全领域,主要集中在供应链管理、市场准入以及信息不对称等方面^[20-22]。国内学者则更多地关注于具体的政策和制度设计。通过收益矩阵的构建、均衡点稳定性分析和仿真分析,现有研究得出通过政府部门严格监管,保障商家合规销售利益,加大对违规主体的惩罚力度,积极引导消费者参与反馈评价与监督等手段可以促进农产品质量安全问题的解决^[23-27]。然而,在变量选取方面,现有研究大多关注平台依据消费者评价对商家进行的经济惩罚,而忽略了流量惩罚这一间接影响商家销量的举措。在现有治理机制下,电商平台会根据消费者评价对商家进行流量奖惩,增加或减少其曝光量,客观上会影响商家的销量,比起直接的经济惩罚,流量奖惩机制是一种更为有力的措施。面对消费者可能存在的消极评价心理,采取什么力度的激励能够有效提升其评价积极性,也是应当被考虑的重要问题。

综合上述分析,电商平台是电商农产品质量安全的主要监管主体,而消费者评价机制是电商平台治理质量安全问题的重要手段,平台对商家的监管

方式、力度以及消费者的评价、反馈是影响农产品质量安全的关键因素。本研究聚焦于流量奖惩机制下消费者、商家和电商平台三方的博弈,为如何构建有效的流量奖惩机制以促进电商农产品质量安全提供建议。旨在解决以下问题:1)平台应当采取什么样的流量奖惩机制与力度,使商家倾向于自律销售合规产品?2)平台对商家的流量惩罚和奖励,对消费者评价的激励,消费者评价的成本,以及商家不自律带来的违规收益等对各主体的演化稳定策略有什么影响?

2 三方静态博弈模型的构建

2.1 流量奖惩机制下电商农产品质量安全监管三方博弈行为分析

流量奖惩机制是指通过调整分配给商家的流量资源来对商家的行为激励或惩罚的机制。消费者评价驱动流量奖惩机制旨在通过增减曝光流量来影响商家销量。平台根据消费者的综合评价,对获得好评的商家进行流量奖励,增加其曝光流量;对获得差评的商家则进行流量惩罚,削减其曝光。

在电子商务交易中,平台、商家和消费者是主要的农产品电商质量安全利益主体。平台吸引商家入驻,并通过抽成的方式获取利益。若平台积极监管,则需要付出额外的人力物力等成本,但能获得提高用户认可度、增加用户数量和粘性等收益;若平台消极监管,则商家的进入门槛会降低,有利于增加商家入驻的数量。对于商家而言,不自律销售违规产品可以节省一部分成本,获得违规收益,但对平台声誉和对消费者效用都会造成一定的损失。平台积极监管时,会根据消费者的评价对商家行为做出流量奖惩。若消费者不评价或者平台消极监管,则不进行流量奖惩。消费者从入驻商家处购买产品,并选择是否进行评价;若进行评价,则需耗费一定的时间、精力等成本。平台积极监管时,会采取一定的激励措施以提升消费者评价积极性,消极监管则不会。同时,消费者评价一定程度上会促使商家为了声誉和长期利益等考虑改善产品质量,使消费者购物体验感上升,但平台消极监管时,商家不会受到平台惩罚,消费者评价对商家的约束会有所折扣。综上所述,三方的博弈行为分析如图1:

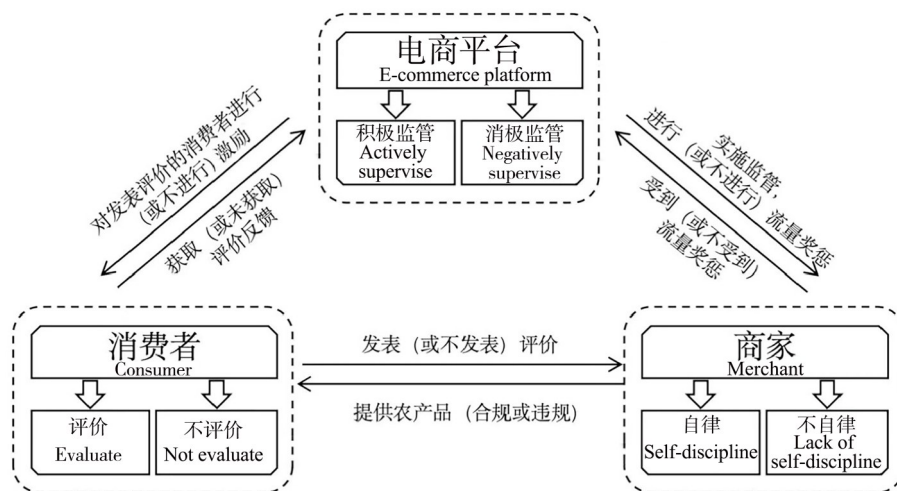


图1 流量奖惩机制下农产品电商平台-商家-消费者三方博弈行为分析

Fig. 1 Analysis of the three-party game behavior of agricultural product e-commerce platform merchant consumer under the traffic reward and punishment mechanism

2.2 模型参数假设

为了展开流量奖惩机制下农产品电商平台、商家和消费者之间的博弈分析,在确保问题核心要素得以保留的基础上,提出如下假设:

假设一:博弈主体各自追求自身效益最大化,三方主体具有有限理性,各主体不断地对自身利益

扩大化这一较优策略进行学习和调整,直到达到均衡状态为止。

假设二:博弈主体为平台、商家和消费者。对平台而言,选择“积极监管”策略的概率为 x ,选择“消极监管”策略的概率为 $1-x$;商家的策略为“自律”和“不自律”,自律表示销售质量安全符合标准

的商品,不自律表示销售质量安全未达标的商品,商家选择“自律”策略的概率为 y ,选择“不自律”策略的概率为 $1-y$;对消费者而言,选择“进行评价”的策略概率为 z ,选择“不评价”的策略概率为 $1-z$ 。且 $x, y, z \leq 1$ 。

假设三:平台积极监管时,需要消耗额外的人力、物资等成本 C_1 ,同时会因提高用户认可度、增加用户数量和粘性等获得监管收益 E_1 ;平台消极监管则降低了商家入驻门槛,可能会增加入驻商家数量,获得消极监管收益 R_1 。积极监管时,若消费者进行评价,平台将对自律商家进行流量奖励 t ,提高其曝光流量,间接促进商家销量的提升;对不自律商家进行流量惩罚 f ,降低其流量和销量;给予发表评价的消费者激励 T_2 。消极监管时,则不对商家进行流量奖惩,不对消费者实施评价激励。平台对入驻商家销售额的抽成系数为 α 。

假设四:商家销售产品所需的进货、储存、管理、人力等成本为 C_2 ,获得收益为 E_2 。商家自律时,为平台带来正向口碑收益 G_1 。商家不自律时,能够节省进货、保鲜等成本,获得违规收益 H ,为平台带来声誉等损失 L_1 ,对消费者造成损失 L_2 。

假设五:消费者购买农产品获得基础收益 R_3 。消费者进行评价时,耗费一定的时间精力,付出评价成本 C_3 。平台积极监管下,消费者评价可能导致商家为了声誉和长期利益等考虑改善产品质量,消费者可获得体验感上升等正向收益 E_3 ;平台消极监管时,因缺乏约束,消费者评价带来的效果相比于积极监管会降低,折扣系数 β ;同时,平台消极监管将使得消费者体验下降 D 。

具体参数含义如表 2 所示。

2.3 模型构建

根据上述假设,构建三方静态博弈模型收益矩阵,如表 3 所示。

表 2 平台-商家-消费者三方博弈模型收益矩阵参数

Table 2 Profit matrix parameters of platform merchant consumer three party game model

参数 Parameter	含义 Meaning	参数 Parameter	含义 Meaning
x	平台积极监管的概率	C_2	商家销售产品成本
y	商家自律的概率	E_2	商家销售产品收益
z	消费者进行评价的概率	H	商家不自律带来的违规收益
C_1	平台积极监管额外成本(人力、物资等成本)	α	平台抽取商家出售产品利益系数
E_1	平台积极监管的收益(用户认可度高,增加用户数量和粘性等)	L_1	商家不自律对平台造成的损失
t	积极监管时,若消费者进行评价,平台对自律商家进行流量奖励系数	L_2	商家不自律对消费者造成的损失
f	积极监管时,若消费者进行评价,平台对不自律商家进行流量惩罚系数	R_3	消费者购买农产品的基础收益
R_1	平台消极监管下的收益(商家门槛低,增加商家入驻数量等)	C_3	消费者进行评价的成本
T_2	平台积极监管时对进行评价的消费者的激励	E_3	平台积极监管下,消费者进行评价时,商家为了声誉和长期利益等考虑改善产品质量,消费者可获得体验感上升等正向收益
G_1	商家自律为平台带来的正向口碑收益	β	平台消极监管时,消费者评价带来的体验感上升效果相比于积极监管会降低的折扣系数
G_2	消费者积极进行评价帮助平台治理,为平台带来的正向收益	D	平台消极监管使得消费者体验感下降

表3 流量奖惩机制下农产品电商平台-商家-消费者三方博弈模型收益矩阵

Table 3 Payment matrix of three party game model of agricultural product e-commerce platform merchant consumer under the traffic reward and punishment mechanism

消费者 Consumer	平台积极监管(x) The platform actively supervise(x)	
	商家自律(y) Self-discipline of merchant(y)	商家不自律($1-y$) Lack of self-discipline of merchant($1-y$)
	Self-discipline of merchant(y)	Lack of self-discipline of merchant($1-y$)
评价(z) Evaluate(z)	$E_1 + G_1 + G_2 + \alpha E_2 - C_1 - T_2,$ $(1 - \alpha + t)E_2 - C_2,$ $R_3 + E_3 + T_2 - C_3$	$E_1 + G_2 + \alpha E_2 - C_1 - L_1 - T_2,$ $(1 - \alpha - f)E_2 - C_2 + H,$ $R_3 + E_3 + T_2 - C_3 - L_2$
不评价($1-z$) Not evaluate($1-z$)	$E_1 + G_1 + \alpha E_2 - C_1,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2,$ R_3	$E_1 + \alpha E_2 - C_1 - L_1,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2 + H,$ $R_3 - L_2$
消费者 Consumer	平台消极监管($1-x$) The platform negatively supervise($1-x$)	
	商家自律(y) Self-discipline(y)	商家不自律($1-y$) Lack of self-discipline($1-y$)
	Self-discipline(y)	Lack of self-discipline($1-y$)
评价(z) Evaluate(z)	$R_1 + G_1 + G_2 + \alpha E_2,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2,$ $R_3 + \beta E_3 - C_3 - D$	$R_1 + G_2 + \alpha E_2 - L_1,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2 + H,$ $R_3 + \beta E_3 - C_3 - D - L_2$
不评价($1-z$) Not evaluate($1-z$)	$R_1 + G_1 + \alpha E_2,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2,$ $R_3 - D$	$R_1 + \alpha E_2 - L_1,$ $(1 - \alpha)E_2 - C_2 + H,$ $R_3 - D - L_2$

3 演化博弈模型分析

3.1 复制动态方程

从表3的博弈收益矩阵可以分别计算出平台选择积极监管的期望收益 U_{11} , 选择消极监管的期望收益 U_{12} 以及平台的平均收益 $\bar{U}_1$, 复制动态方程 $F(x) = dx/dt$, 具体求解如下:

$$\begin{aligned}
 U_{11} &= yz(E_1 + G_1 + G_2 + \alpha E_2 - C_1 - T_2) + \\
 & y(1-z)(E_1 + G_1 + \alpha E_2 - C_1) + z(1-y)(E_1 + G_2 + \alpha E_2 - C_1 - L_1 - T_2) + \\
 & (1-y)(1-z)(E_1 + \alpha E_2 - C_1 - L_1) \quad (1) \\
 U_{12} &= yz(R_1 + G_1 + G_2 + \alpha E_2) + y(1-z)(R_1 + G_1 + \alpha E_2) + \\
 & z(1-y)(R_1 + G_2 + \alpha E_2 - L_1) + (1-y)(1-z)(R_1 + \alpha E_2 - L_1) \quad (2)
 \end{aligned}$$

进而由 $\bar{U}_1 = xU_{11} + (1-x)U_{12}$, 可得:

$$F(x) = dx/dt = x(U_{11} - \bar{U}_1) = x(1-x)(-zT_2 + E_1 - C_1 - R_1) \quad (3)$$

同理可求商家自律的期望收益 U_{21} , 不自律的期望收益 U_{22} , 平均期望收益 $\bar{U}_2$, 复制动态方程 $F(y) = dy/dt$. 具体求解如下:

$$\begin{aligned}
 U_{21} &= xz((1-\alpha+t)E_2 - C_2) + x(1-z)((1-\alpha)E_2 - C_2) + \\
 & z(1-x)((1-\alpha)E_2 - C_2) + (1-x)(1-z)((1-\alpha)E_2 - C_2) \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{22} &= xz((1-\alpha-f)E_2 - C_2 + H) + x(1-z)((1-\alpha)E_2 - C_2 + H) + \\
 & z(1-x)((1-\alpha)E_2 - C_2 + H) + (1-x)(1-z)((1-\alpha)E_2 - C_2 + H) \quad (5)
 \end{aligned}$$

进而由 $\bar{U}_2 = yU_{21} + (1-y)U_{22}$, 可得:

$$F(y) = dy/dt = y(U_{21} - \bar{U}_2) = y(1-y)[xz(E_2f + E_2t) - H] \quad (6)$$

同理可求得消费者选择评价的期望收益 U_{31} ,

选择不评价的期望收益 U_{32} , 平均收益 $\bar{U}_3$, 复制动态方程 $F(z) = dz/dt$ 。具体求解如下:

$$U_{31} = xy[R_3 + E_3 + T_2 - C_3] + x(1-y)(R_3 + E_3 + T_2 - C_3 - L_2) + y(1-x)(R_3 + \beta E_3 - C_3 - D) + (1-x)(1-y)(R_3 + \beta E_3 - C_3 - D - L_2) \quad (7)$$

$$U_{32} = xy(R_3) + x(1-y)(R_3 - L_2) + y(1-x)(R_3 - D) + (1-x)(1-y)(R_3 - D - L_2) \quad (8)$$

进而由 $\bar{U}_3 = zU_{31} + (1-z)U_{32}$, 可得:

$$F(z) = dz/dt = z(U_{31} - \bar{U}_3) = z(1-z)[x((1-\beta)E_3 + T_2) + \beta E_3 - C_3] \quad (9)$$

3.2 三方演化路径分析

3.2.1 平台演化路径

根据复制动态方程定理, 对平台的稳定性进行分析。由上节所述平台的复制动态方程, $F(x) = dx/dt = x(U_{11} - \bar{U}_1) = x(1-x)(-zT_2 + E_1 - C_1 - R_1)$, 则 $F'(x) = (1-2x)(-zT_2 + E_1 - C_1 - R_1)$, 令 $G(z) = -zT_2 + E_1 - C_1 - R_1$, 则 $F'(x) = (1-2x)G(z)$, 博弈规定稳定点状态的动态方程的导数必须 < 0 , 即 $F'(x) < 0$, 所以平台采取积极监管的博弈策略有以下几种情况:

1) 若 $G(z) = 0$, $z = z^* = \frac{E_1 - C_1 - R_1}{T_2}$, 那么

$F(x) \equiv 0$, 此时 $F'(x) \equiv 0$, 意味着平台无论选择何种策略均属于稳定策略, 且不会随着时间的变化而改变, 即所有 x 水平都是演化稳定策略 (Evolutionarily stable strategy) ESS。

2) 若 $G(z) \neq 0$, 即 $z \neq z^*$, 则 $x_1 = 1$ 和 $x_2 = 0$ 是两个 ESS, 对 $G(z)$ 求导得 $G'(z) = -T_2 < 0$, 为减函数, 分以下几种情况讨论:

① 若 $z^* < z$, $F'(x_1) > 0$, $F'(x_2) < 0$, 所以此时 $x_2 = 0$ 为 ESS, 意味着消费者进行评价的概率 $z > z^*$, 平台将选择消极监管策略。

② 若 $z^* > z$, $F'(x_1) < 0$, $F'(x_2) > 0$, 所以此时 $x_1 = 1$ 为 ESS, 意味着消费者进行评价的概率 $z < z^*$, 平台将选择积极监管策略。

根据以上分析, 平台的演化相位图如图 2 所示:

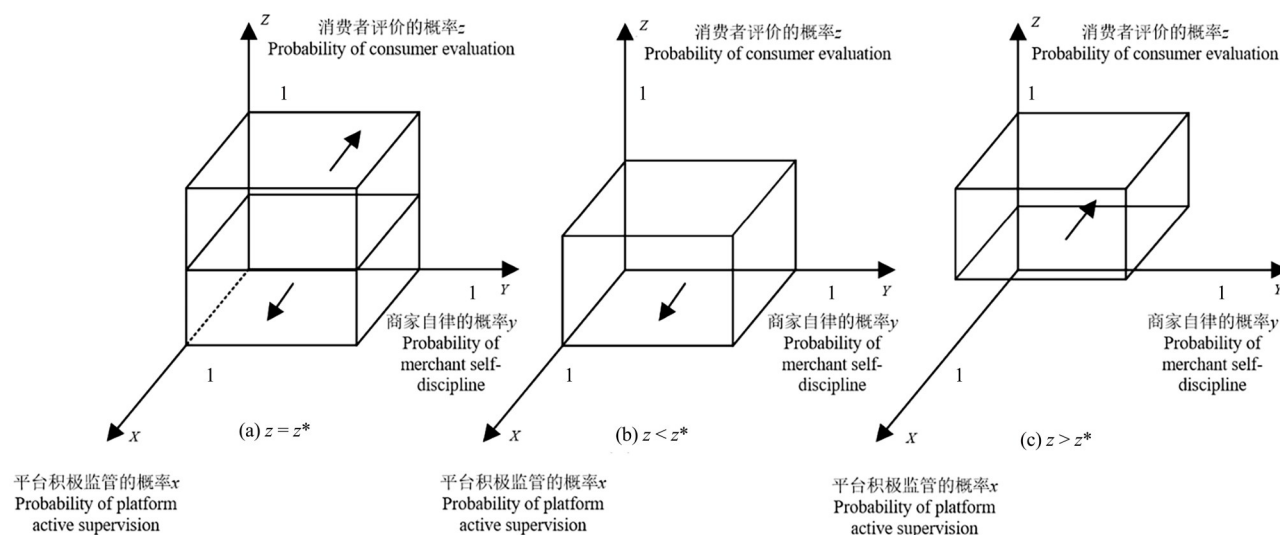


图 2 流量奖惩机制下农产品电商平台的策略演化相位图

Fig.2 Phase diagram of strategic evolution of agricultural product e-commerce platforms under the traffic reward and punishment mechanism

3.2.2 商家演化路径

由商家的复制动态方程, $F(y) = dy/dt = y(U_{21} - \bar{U}_2) = y(1-y)[xz(E_2f + E_2t) - H]$, 令

$G(x) = xz(E_2f + E_2t) - H$, 则 $F'(y) = (1-2y)G(x)$, 稳定状态要求 $F'(y)$ 在均衡解处的导数必须为负值, 即 $F'(y) < 0$, 所以商家的博弈策略有以下几种

情况:

1) 若 $G(x)=0$ 时, $x=x^*=\frac{H}{z(E_2f+E_2t)}$, 那

么 $F(y)=0$, 此时 $F'(y)=0$, 即所有 y 水平都是 ESS。

2) 若 $G(x) \neq 0$, 即 $x \neq x^*$, 则 $y_1=1$ 和 $y_2=0$ 是 2 个 ESS, 对 $G(x)$ 求导得 $G'(x)=z(E_2F+E_2T_1)>0$, 为增函数, 分以下几种情况讨论:

① 若 $x^* < x$, $F'(y_1) < 0$, $F'(y_2) > 0$, 所以此时 $y_1=1$ 为 ESS, 意味着系统稳定状态为当平台积极监管的概率 $x > x^*$, 商家将选择自律策略。

② 若 $x^* > x$, $F'(y_1) > 0$, $F'(y_2) < 0$, 所以此时 $y_2=0$ 为 ESS, 意味着系统稳定状态为当平台积极监管的概率 $x < x^*$, 商家将选择不自律策略。

根据以上分析, 商家的演化相位图如图 3 所示:

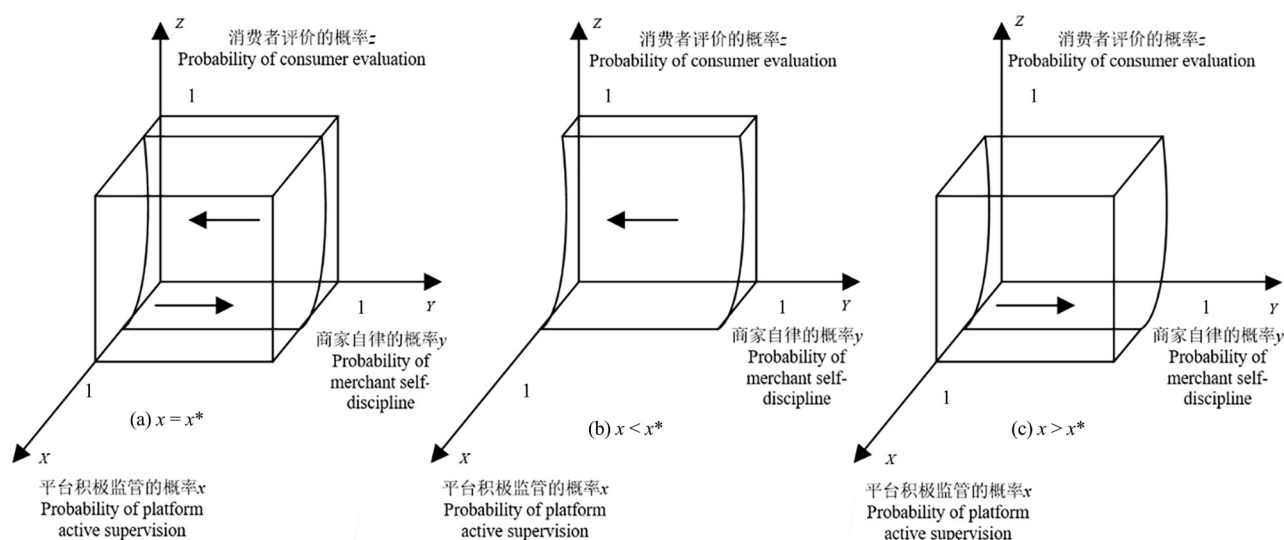


图3 流量奖惩机制下农产品电商平台入驻商家的策略演化相位图

Fig.3 Phase diagram of the strategic evolution of merchants entering agricultural product e-commerce platforms under the traffic reward and punishment mechanism

3.2.3 消费者演化路径

由消费者的复制动态方程, $F(z)=dz/dt=z(U_{31}-\bar{U}_3)=z(1-z)[x((1-\beta)E_3+T_2)+\beta E_3-C_3]$, 令 $H(x)=x((1-\beta)E_3+T_2)+\beta E_3-C_3$, 则 $F(z)=(1-2z)H(x)$, 稳定状态要求 $F(z)$ 在均衡解处的导数必须为负值, 即 $F'(z) < 0$, 所以消费者的博弈策略有以下几种情况:

1) 若 $H(x)=0$ 时, $x=x^*=\frac{-\beta E_3+C_3}{(1-\beta)E_3+T_2}$,

那么 $F(z)=0$, 此时 $F'(z)=0$, 即所有 z 水平都是 ESS。

2) 若 $H(x) \neq 0$, 即 $x \neq x^*$, 则 $z_1=1$ 和 $z_2=0$ 是 2 个 ESS, 对 $H(x)$ 求导得到 $H'(x)=(1-\beta)E_3+T_2>0$, 为增函数, 分以下几种情况讨论:

① 若 $x^* < x$, $F'(z_1) < 0$, $F'(z_2) > 0$, 所以此时 $z_1=1$ 为 ESS, 意味着系统稳定状态为当平台积极

监管的概率 $x > x^*$, 消费者选择进行评价策略。

② 若 $x^* > x$, $F'(z_1) > 0$, $F'(z_2) < 0$, 所以此时 $z_2=0$ 为 ESS, 意味着系统稳定状态为当平台积极监管的概率 $x < x^*$, 消费者选择不评价策略。

根据以上分析, 消费者的演化相位图如图 4:

3.3 均衡点稳定性分析

当三方演化博弈的均衡点同时满足 $F(x)=0$, $F(y)=0$, $F(z)=0$ 时, 联立可解得 8 个特殊均衡点 $(1,1,1)$, $(1,1,0)$, $(1,0,1)$, $(0,1,1)$, $(1,0,0)$, $(0,1,0)$, $(0,0,1)$, $(0,0,0)$ 。三方博弈动态复制方程系统的雅可比矩阵如下

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} \end{bmatrix}$$

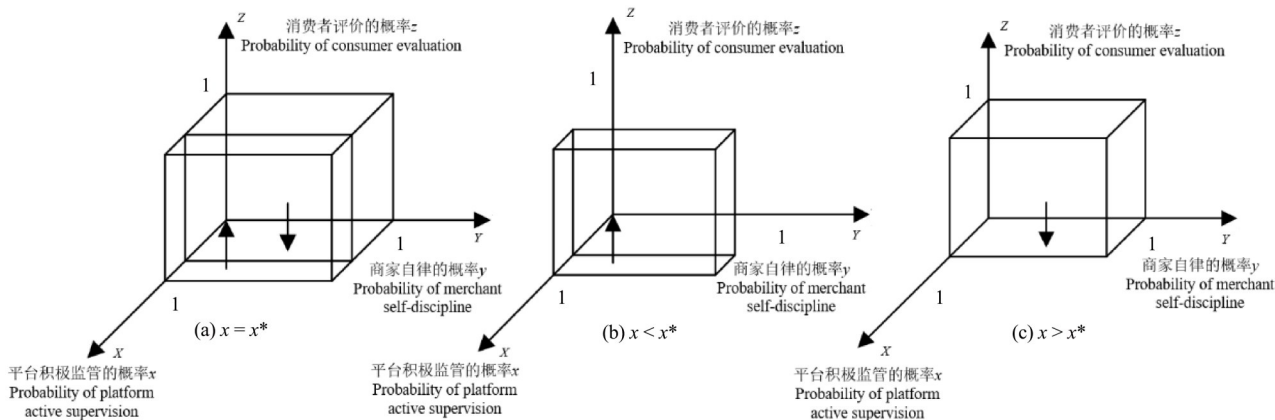


图 4 流量奖惩机制下农产品电商平台消费者的策略演化相位图

Fig.4 Phase diagram of consumer strategy evolution on agricultural e-commerce platforms under the traffic reward and punishment mechanism

根据李雅普诺夫判别法,当雅可比矩阵的所有特征值均为负,即 0 时,该均衡点为系统的渐进演化稳定点。因此,通过求得 8 个纯策略均衡点对应的雅可比矩阵的特征值如表 4 所示:

表 4 流量奖惩机制下三方博弈系统均衡点特征值及稳定性判断

Table 4 Characteristic values and stability judgment of equilibrium points in a three party game system under the traffic reward and punishment mechanism

均衡点 Equilibrium	特征值 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) Characteristic value	结果 Result	稳定条件 Stable condition
$E_1(0, 0, 0)$	$\beta E_3 - C_3,$ $-H,$ $E_1 - C_1 - R_1$	ESS	A
$E_2(1, 0, 0)$	$-H,$ $C_1 - E_1 + R_1,$ $E_3 - C_3 + T_2$	ESS	B
$E_3(0, 1, 0)$	$H,$ $\beta E_3 - C_3,$ $E_1 - C_1 - R_1$	不稳定	\
$E_4(0, 0, 1)$	$-H,$ $C_3 - \beta E_3,$ $E_1 - C_1 - R_1 - T_2$	ESS	C
$E_5(1, 1, 0)$	$H,$ $C_1 - E_1 + R_1,$ $E_3 - C_3 + T_2$	不稳定	\
$E_6(1, 0, 1)$	$fE_2 - H + tE_2,$ $C_3 - E_3 - T_2,$ $C_1 - E_1 + R_1 + T_2$	ESS	D
$E_7(0, 1, 1)$	$H,$ $C_3 - \beta E_3,$ $E_1 - C_1 - R_1 - T_2$	不稳定	\
$E_8(1, 1, 1)$	$H - fE_2 - tE_2,$ $C_3 - E_3 - T_2,$ $C_1 - E_1 + R_1 + T_2$	ESS	E
$E_9(x^*, y^*, z^*)$		鞍点	

情形一:当 $\beta E_3 - C_3 < 0, E_1 - C_1 - R_1 < 0$ 时,即满足稳定条件A,此时系统均衡点为 $E_1(0, 0, 0)$,即平台选择消极监管,商家选择不自律,消费者选择不评价策略。

情形二:当 $C_1 - E_1 + R_1 < 0, E_3 - C_3 + T_2 < 0$ 时,即满足稳定条件B,此时系统均衡点为 $E_2(1, 0, 0)$,即平台选择积极监管,商家选择不自律,消费者选择不评价策略。

情形三:当 $C_3 - \beta E_3 < 0, E_1 - C_1 - R_1 - T_2 < 0$ 时,即满足稳定条件C,此时系统均衡点为 $E_4(0, 0, 1)$,即平台选择消极监管,商家选择不自律,消费者选择进行评价策略。

情形四:当 $fE_2 - H + tE_2 < 0, C_3 - E_3 - T_2 < 0, C_1 - E_1 + R_1 + T_2 < 0$ 时,即满足稳定条件D,此时系统均衡点为 $E_6(1, 0, 1)$,即平台选择积极监管,

商家选择不自律,消费者选择进行评价策略。

情形五:当 $H - fE_2 - tE_2 < 0, C_3 - E_3 - T_2 < 0, C_1 - E_1 + R_1 + T_2 < 0$ 时,即满足稳定条件E,此时系统均衡点为 $E_8(1, 1, 1)$,即平台选择积极监管,商家选择自律,消费者选择进行评价策略。

4 仿真分析

4.1 对系统演化路径的仿真分析

根据上述分析对5种条件A、B、C、D、E下的系统演化路径分别用数组1、2、3、4、5进行数值仿真,目的是检验上述仿真模型的有效性以及均衡结果的准确性。表中的参数选取了分别满足上述5种情形均衡条件下,仿真效果较为明显的5个数组,数值选取方式参考李明琨等^[14]、宝哲等^[28]以及洪怡恬等^[29]相关研究(表5),仿真结果如图5所示。

表5 数值仿真各组参数设置
Table 5 Parameter setting of each group of numerical simulation

数组 Digit group	参数 Parameter										
	C_1	E_1	t	f	R_1	T_2	E_2	H	C_3	E_3	β
1	4.3	5	0.2	0.3	2	0.5	5	2.2	1.5	1.3	0.5
2	4.3	8	0.2	0.3	2	0.5	5	2.2	2.5	1.3	0.5
3	4.3	8	0.2	0.3	4	0.5	5	2.2	0.5	1.3	0.5
4	4.3	8	0.2	0.3	2	0.5	5	3.2	0.5	1.3	0.5
5	4.3	8	0.2	0.3	2	0.5	5	2.2	0.5	1.3	0.5

由图5可知,仿真分析与系统演化稳定分析结论一致,模型具有有效性。三方选择何种策略取决于这种情景下不同策略带来的收益。以最有代表性的图5(a)和图5(e)为例进行解释:根据图5(a),当消费者评价没有带来应有的购物体验改善(即消费者因平台消极监管带来的体验感上升感知小于消费者评价付出的成本),且平台积极监管没有带来应有的收益(即平台积极监管收益小于积极监管付出的额外成本与消极监管的收益之和)($\beta E_3 - C_3 < 0, E_1 - C_1 - R_1 < 0$),平台将选择消极监管,商家将选择不自律,消费者将选择不评价;根据图5(e),当商家受到的流量奖惩影响大于其违规收益(即不自律带来的违规收益小于商家受到流量奖惩获得的额外收益),消费者评价成本小于评价获利(即消费者因评价获得的激励与购物体验提升之

和),平台积极监管达到应有的收益(即平台积极监管收益大于平台积极监管付出的成本、平台消极监管的收益与平台对消费者评价的激励之和)($H - fE_2 - tE_2 < 0, C_3 - E_3 - T_2 < 0, C_1 - E_1 + R_1 + T_2 < 0$),平台将选择积极监管,商家选择自律,消费者选择评价。

4.2 参数敏感性仿真分析

1)对平台积极监管时,若消费者进行评价,平台对自律商家进行流量奖励系数 t 的仿真分析。

由图6可知,在平台对自律商家进行流量奖励系数 t 不断增大的情况下, t 在0.1~0.2内升高时,系统稳定策略由(1,0,1)逐渐转变为(1,1,1),即由平台积极监管、商家不自律、消费者评价转变为平台积极监管、商家自律、消费者评价,其中商家发生了从不自律到自律的转变,以后随着 t 的增大,系统

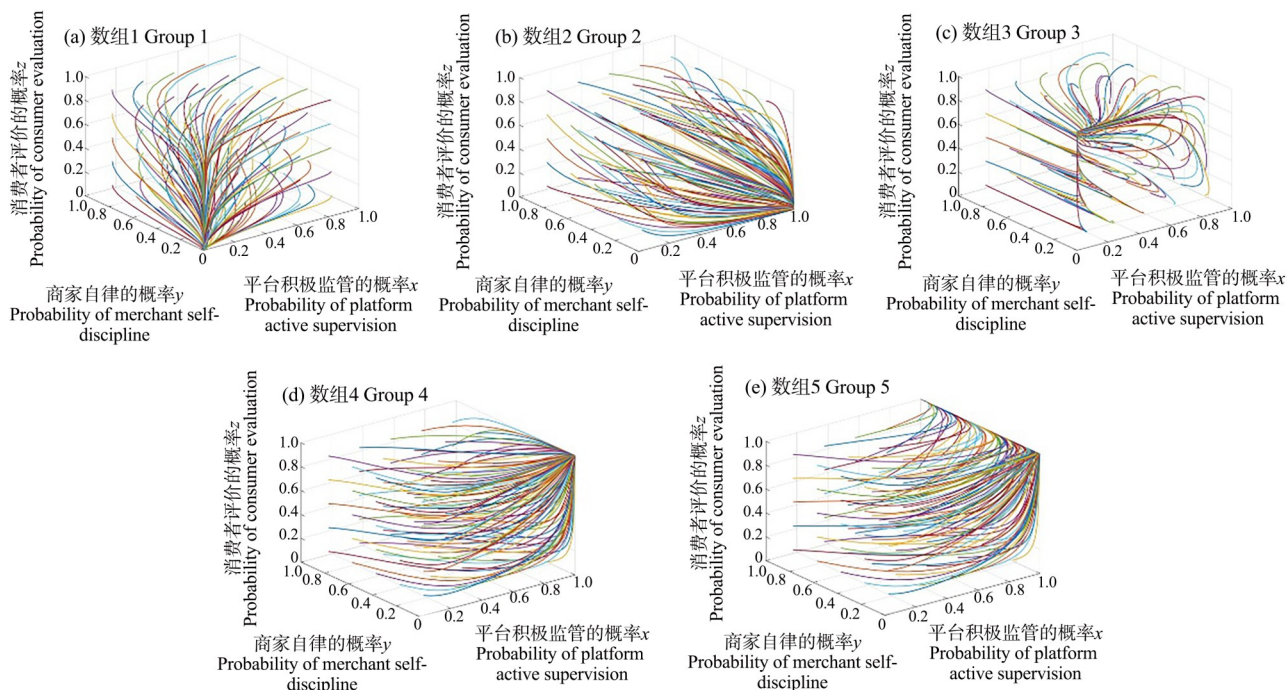
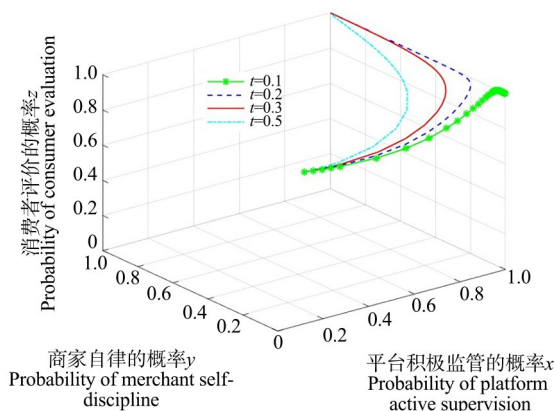
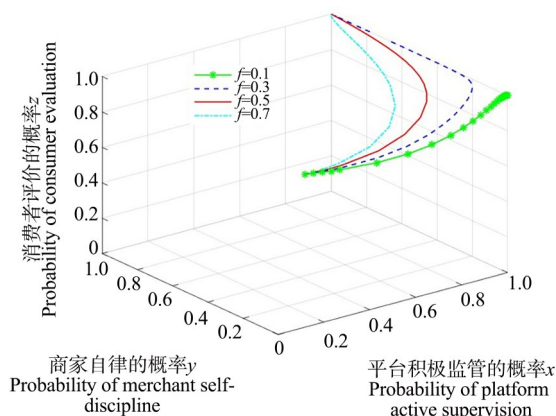


图 5 数组 1~5 的系统演化路径

Fig.5 System evolution path of digit group 1-5

图 6 对流量奖励系数(t)的仿真演化路径分析Fig. 6 Simulation evolution path analysis of traffic reward coefficient t 图 7 对惩罚系数(f)的仿真演化路径分析Fig. 7 Simulation evolution path analysis of punishment coefficient f

演化只会影响速率并不影响策略组合变化,即更快地达到平台积极监管、商家自律、消费者进行评价的均衡。

2)对平台积极监管时,若消费者进行评价,平台对不自律商家进行流量惩罚系数 f 的仿真分析。

根据图 7,与 t 演化行为相似,当惩罚系数 f 在 0.1~0.3 内升高时,系统稳定策略由(1,0,1)逐渐转变为(1,1,1),即平台、消费者选择积极监管、评价的取向不变,商家从倾向于不自律选择倾向于自

律,以后随着 t 的增大,系统演化只会变化速率并不会影响系统策略组合变化,即更快地达到平台积极监管、商家自律、消费者进行评价的均衡。

3)对三方主体初始行为选择概率的仿真分析

为探究三方主体选择积极监管、自律、评价策略的不同初始行为选择概率 x, y, z 对系统演化的影响,在其他参数不变的情况下,分别令 x, y, z 为 0.2, 0.5 和 0.8,演化路径如图 8 所示。

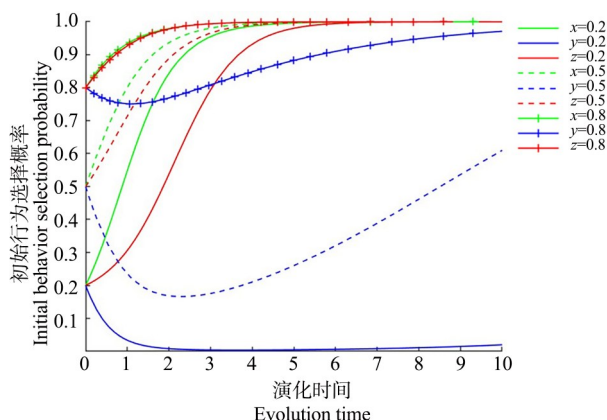


图8 对初始行为选择概率的仿真演化路径分析

Fig. 8 Simulation evolution path analysis of initial behavior selection probability

在图8中,绿色、蓝色和红色分别代表平台、商家和消费者的行为策略演化。对于平台和消费者而言,随着初始选择积极监管、进行评价的概率增大,其演化速率随之增加,平台、消费者演化趋向于1(即平台选择积极监管,消费者选择进行评价);对于商家而言,当初始选择自律的概率减小,其演化趋向于0(即选择不自律),当初始概率增大,其演化趋向于1(即选择自律),说明初始概率大小对商家影响较大。

4)对商家违规收益 H 的仿真分析

根据图9,在商家违规收益 H 不断增大的情况下, H 在1.2~2.2内的升高会造成演化速率的变化,使得系统演化至(1,1,1)(即平台积极监管,商家自律,消费者进行评价)的速率减慢;然而,当 H 在2.2~3.2内升高时,系统稳定策略由(1,1,1)逐渐转变为(1,0,1),即平台、消费者策略不变,商家的策略由选择自律变为选择不自律。

5)对消费者评价成本 C_3 的仿真分析

根据图10,在消费者评价成本 C_3 不断增大的情况下,当 C_3 在0.5~1.5内升高时,系统演化至(1,1,1)策略的速率减慢,但当 C_3 达到2时,系统稳定策略由(1,1,1)转变为(1,0,0),即商家和消费者的策略发生改变,由自律、评价变为不自律、不评价。

6)对消费者评价激励 T_2 的仿真分析

根据图11,在平台积极监管时,对消费者评价的激励 T_2 不断增大的情况下,当 T_2 在0.5~1内升高时,对三方的利益影响较小,系统均衡点为(1,1,1),即平台积极监管、商家自律、消费者进行评价,当 T_2 超过2时,平台和商家策略发生改变,分别变

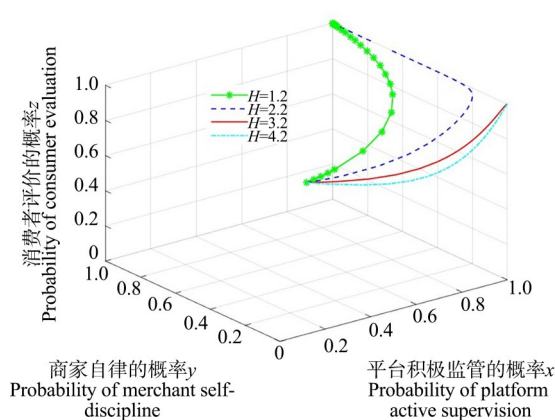
图9 对商家不自律带来的违规收益 H 的仿真演化路径分析

Fig. 9 Simulation evolution path analysis of cost saving H for merchants who lack of self-discipline

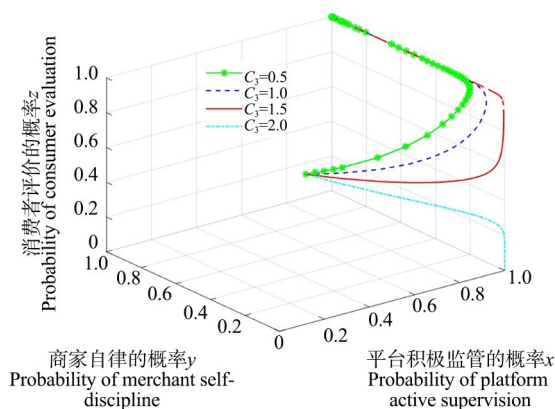
图10 对消费者评价成本 C_3 的仿真演化路径分析

Fig.10 Simulation evolution path analysis of consumer evaluation cost C_3

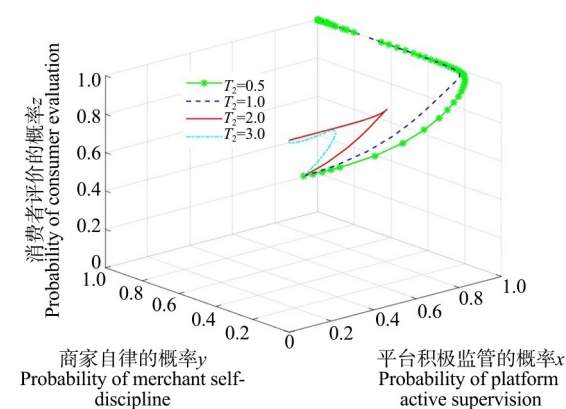
图11 对消费者评价激励 T_2 的仿真演化路径分析

Fig.11 Simulation evolution path analysis of consumer evaluation incentive T_2

为消极监管和不自律,此时系统稳定策略由(1,1,1)转变为(0,0,1)。此后 T_2 的继续增大只影响系统演化速率,不影响三方策略组合。

5 结论与建议

本研究对流量奖惩机制下电商交易中平台、商家和消费者这三方农产品质量安全利益相关主体的博弈行为进行探讨,构建了平台、商家与消费者的三方演化博弈模型,根据复制动态方程分析各方的演化路径和演化稳定策略,应用 Matlab 软件进行数值模拟仿真,探究了不同参数变化对三方演化策略选择的影响。研究从三方面对电商平台农产品质量安全治理进行了有益探索。首先,突破既有研究对经济激励与惩罚机制的路径依赖,创新性地构建基于流量调控视角的分析框架,发现差异化流量分配机制有助于平台质量安全治理效果提升。其次,通过探究参与主体初始行为选择概率的敏感性分析发现,电商平台农产品质量安全治理不应仅依赖事后监管,也应关注事前控制措施的实施,如平台治理监管、商家入驻教育、消费者评价意识培育等,尤其是商家合规性教育方面。最后,修正了现有部分文献对消费者评价激励的单一效用认知。据本研究发现,对消费者评价的过度激励将造成消费者不当获利,导致平台压力递增,最终对农产品质量安全产生逆向调节效应。

本研究主要结论与相应对策建议如下:

1) 流量奖励系数 t 和流量惩罚系数 f 的增加均有利于系统向电商农产品质量安全监管有效治理的理想状态演化,促使商家选择自律、消费者选择评价。据此平台可以基于《中华人民共和国电子商务法》赋予的监管职能,采取流量倾斜、阶梯处罚等较大的流量奖惩力度,通过差异化流量分配这种软性惩罚机制,淘汰劣质商家,扶持优质商家,引导商家摒弃短期投机行为,注重长期发展。对优质商家可给予提升搜索权重、增加首页推荐、提高推送曝光度等奖励;对劣质商家可采取相反惩罚。不过,平台实施流量奖惩机制要合法合规地提前颁布流量奖惩办法,以避免引发争议。

2) 参与主体的初始行为选择概率(即平台选择积极监管概率 x 、商家选择自律概率 y 、消费者选择评价概率 z) 越大,越有助于系统朝向稳定状态演化。根据参数敏感性仿真分析结果,平台与消费者

的初始行为选择仅影响向有效治理的理想状态演化速度,而商家的初始行为选择概率殊异能导致不同的演化结果。因此,政府应要求电商平台积极监管,并给予一定的监管帮扶,避免平台因追求规模扩张等原因而放松监管。同时,加强对初始入驻商家的教育,通过入驻知识问答、违法处理案例等多种方式引导其自律。另外,平台可采取“评价得积分”、评价帖推荐、“评价等级”提升、“评价达人”头衔奖励等措施提升消费者评价意愿并形成评价习惯。

3) 商家的违规收益 H 增大,会驱使商家选择不自律策略。政府和平台可以从加大产地质量抽检力度、高额处罚查实违规商家等经济、法律等手段增加不自律商家的违法违规成本,侧面减少其违规收益。同时,需要政府和平台规范农产品电商市场,降低商家合规销售成本,保障商家合规销售利益,促使合规销售与违规销售的收益差值减小。

4) 消费者评价成本 C_3 对系统演化也具有重要的影响。评价成本越大,系统演化将朝向远离理想状态的方向发展,即商家倾向于不自律,消费者倾向于不评价。为有效降低消费者评价成本,减少消费者进行评价所要耗费的时间和精力,应当合理设置评价界面,优化交互 UI,简化评价流程。比如,在商品详情页中直接嵌入评价表单,减少用户跳转和操作步骤;使用自动化工具或评价插件等,方便用户通过简单的点击、选择来完成评价。

5) 平台对消费者评价的激励 T_2 不宜过大。根据平台积极监管时对消费者评价激励参数 T_2 的敏感性仿真分析,过多的激励会增大平台压力,使平台趋向于消极监管,商家趋向于不自律。因此平台积极监管时,对消费者评价的激励应设置在合理区间内,防止出现相反作用,以积分、优惠券等代替现金激励,为消费者颁发“评价达人”“最佳评价”等声誉性激励,避免出现似“仅退款”这种“消费者不受约束表达不满即能获得高额回报”的极端措施被滥用。

当然,在现实生活中,政府的监管、社会媒体的报道等也会影响电商农产品质量安全,未来的研究可以将更多的利益主体纳入考虑范围。此外,在各个利益主体交互过程中,不同特征主体选择各策略的可能会有差异,可以采取智能主体建模方法(Agent based modeling, ABM)将异质商家和异质

消费者的交互在系统中模拟出来,探讨三方长期重复博弈下系统的演变结果。

参考文献 References

- [1] 王建华, 布玉婷, 王舒. 消费者生鲜农产品购买渠道迁徙意愿及其影响机理[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2022, 22(2): 171-182
Wang J H, Bu Y T, Wang S. Migration intention of consumers' purchasing channels of fresh agricultural products and its influence mechanism [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2022, 22(2): 171-182 (in Chinese)
- [2] 中国信息通信研究院. 数字乡村发展实践白皮书(2024年)[EB/OL]. [2024-01-03]. <https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202406/P020240604545842789562.pdf>
CAICT. White paper on digital village development practices (2024)[EB/OL]. [2024-01-03]. <https://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202406/P020240604545842789562.pdf>
- [3] 网经社电子商务研究中心. 2023年度中国生鲜电商消费投诉数据与典型案例报告[EB/OL]. [2025-01-02]. <https://www.100ec.cn/zt/23sxtsbg/img/ts.pdf>
100ec. 2023 China fresh e-commerce consumer complaint data and typical case report [EB/OL]. [2025-01-02]. <https://www.100ec.cn/zt/23sxtsbg/img/ts.pdf>
- [4] 张磊, 向南, 陈红华. 农产品电商质量安全管控必要性、作用机制及效果评价探究[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(1): 262-269
Zhang L, Xiang N, Chen H H. Research on the necessity, mechanism and effect evaluation of agricultural product e-commerce quality and safety control [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2022, 13(1): 262-269 (in Chinese)
- [5] 赵占波, 孙鲁平, 苏萌. C2C中产品浏览量和销量影响因素的对比研究[J]. 管理科学, 2013, 26(1): 58-67
Zhao Z B, Sun L P, Su M. A comparison study on factors influencing product visits and sales in C2C market[J]. *Journal of Management Scienc*, 2013, 26(1): 58-67 (in Chinese)
- [6] Moe W W, Fader P S. Capturing evolving visit behavior in clickstream data [J]. *Journal of Interactive Marketing*, 2004, 18(1): 5-19
- [7] Moe W W, Fader P S. Dynamic conversion behavior at e-commerce sites[J]. *Management Science*, 2004, 50(3): 326-335
- [8] Brady J, Mendelson R, Farrell A, Wong S. Online marketing of food and beverages to children: A content analysis[J]. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research*, 2010, 71(4): 166-171
- [9] 张云清, 张乐, 欧阳喜辉, 王芳, 庞博. 电商平台下“三品一标”农产品质量安全监管模式探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(17): 4489-4492
Zhang Y Q, Zhang L, Ouyang X H, Wang F, Pang B. Study on quality and safety supervision model of “three brands and one sign” agricultural product under e-commerce platform[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2018, 9(17): 4489-4492 (in Chinese)
- [10] 曹裕, 王显博, 万光羽. 平台参与下网络食品安全政府监管策略研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(6): 111-117
Cao Y, Wang X B, Wan G Y. Research on government regulation strategy of internet food safety on platform participation[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(6): 111-117 (in Chinese)
- [11] 汪旭晖, 张其林. 平台型电商声誉的构建: 平台企业和平台卖家价值共创视角[J]. 中国工业经济, 2017(11): 174-192
Wang X H, Zhang Q L. The construction of the e-commerce platform reputation: from the perspective of the value co-creation between platform enterprise and sellers[J]. *China Industrial Economics*, 2017(11): 174-192 (in Chinese)
- [12] 邱玉霞, 李宏勇. 博弈视角下网络餐饮食品安全的多元共治研究[J]. 运筹与管理, 2023, 32(11): 220-226
Qiu Y X, Li H Y. Research on multi governance of online catering food safety from the perspective of game theory [J]. *Operations Research and Management Science*, 2023, 32(11): 220-226 (in Chinese)
- [13] Zhang Y, Bian J, Zhu W. Trust fraud: a crucial challenge for China's e-commerce market[J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2013, 12(5): 299-308
- [14] 李明琨, 葛艺博. 好评奖励的有限理性经济策略与演化博弈分析[J]. 上海理工大学学报, 2021, 43(2): 202-212
Li M K, Ge Y B. Economic strategies and evolutionary game analysis on rewards for favorable comments with bounded rationality[J]. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2021, 43(2): 202-212 (in Chinese)
- [15] 李波, 温德成. 网络购物中商品质量问题发生机理及监管研究述评[J]. 财贸研究, 2013, 24(2): 20-28
Li B, Wen D C. Literature review of problem occurrence mechanism and supervising measures of products' quality in e-shopping[J]. *Finance and Trade Research*, 2013, 24(2): 20-28 (in Chinese)
- [16] Zheng H, Xu B, Lin Z. Seller's creditworthiness in the online service market: A study from the control perspective[J]. *Decision Support Systems*, 2019, 127: 113118. DOI: 10.1016/j.dss.2019.113118
- [17] 沈超, 刘士伟, 徐滔. 商家诱导评论下消费者在线购物评论行为研究[J]. 信息资源管理学报, 2020, 10(3): 92-101
Shen C, Liu S W, Xu T. Research on consumer online shopping comment behavior under merchants' in-ductive comments[J]. *Journal of Information Resources Management*, 2020, 10(3): 92-101 (in Chinese)
- [18] 朱立龙, 何慧, 徐艳萍. 协同视角下消费者参与的网购商品质量监管策略研究[J]. 宏观质量研究, 2022, 10(2): 86-99
Zhu L L, He H, Xu Y P. The strategy for supervision with consumer participation of online shopping product quality from the perspective of collaboration[J]. *Journal of Macro-Quality Research*, 2022, 10(2): 86-99 (in Chinese)
- [19] 陈小霖, 冯俊文. 基于演化博弈论的农产品质量安全研究[J]. 技术经济, 2007, 26(11): 79-84
Chen X L, Feng J W. Research on agri-food quality safety based on evolutionary game theory[J]. *Journal of Technology Economics*, 2007, 26(11): 79-84 (in Chinese)
- [20] Vetter H, Karantininis K. Moral hazard, vertical integration, and public monitoring in credence goods [J]. *European Review of Agricultural Economics*, 2002, 29(2): 271-279
- [21] Hennessy D A, Roosen J, Miranowski J A. Leadership and the provision of safe food[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2001, 83(4): 862-874
- [22] Starbird S A. Penalties, rewards, and inspection: provisions for quality in supply chain contracts[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2001, 52(1): 109-115
- [23] 朱立龙, 郭鹏菲. 农产品质量安全监管演化博弈与仿真分析[J]. 统计与决策, 2018, 34(20): 54-58
Zhu L L, Guo P F. Evolutionary game and simulation analysis of agricultural product quality and safety supervision[J]. *Statistics and Decision*, 2018, 34(20): 54-58 (in Chinese)
- [24] 朱立龙, 郭鹏菲. 政府约束机制下农产品质量安全监管三方演化博弈及仿真

- 分析[J]. 系统工程, 2017, 35(12): 75-80
- Zhu L L, Guo P F. Tripartite evolutionary game and simulation analysis of agricultural product quality and safety supervision under government constraint mechanism[J]. *Systems Engineering*, 2017, 35(12): 75-80 (in Chinese)
- [25] 杨松, 庄晋财, 王爱峰. 惩罚机制下农产品质量安全投入演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2019, 27(8): 181-190
- Yang S, Zhuang J C, Wang A F. Evolutionary game of quality and safety investment of agricultural products under punishment mechanism[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(8): 181-190 (in Chinese)
- [26] 王德正, 郑凯思. 电商产品质量监管多方行为博弈及仿真: 基于消费者反馈机制[J]. 管理现代化, 2022, 42(2): 140-147
- Wang D Z, Zheng K S. E-commerce product quality supervision multi-behavior game and simulation: Based on consumer feedback mechanism[J]. *Modernization of Management*, 2022, 42(2): 140-147 (in Chinese)
- [27] 朱立龙, 孙淑慧. 消费者反馈机制下食品质量安全监管三方演化博弈及仿真分析[J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2019, 25(3): 94-107
- Zhu L L, Sun S H. Tripartite evolution game and simulation analysis of food quality and safety supervision under consumer feedback mechanism [J]. *Journal of Chongqing University: Social Science Edition*, 2019, 25(3): 94-107 (in Chinese)
- [28] 宝哲, 周小亮, 梁开荣. 农业面源污染治理行为的演化博弈分析[J]. 运筹与管理, 2024, 33(1): 57-63
- Bao Z, Zhou X L, Liang K L. Evolutionary game analysis of agricultural non-point source pollution control behavior [J]. *Operations Research and Management Science*, 2024, 33(1): 57-63 (in Chinese)
- [29] 洪怡恬, 秦川. 数字技术赋能绿色供应链金融融资决策分析: 基于演化博弈的数值仿真视角[J]. 科技管理研究, 2024, 44(17): 198-211
- Hong Y T, Qin C. Financing decision analysis of green supply chain finance enabled by digital technology: A numerical simulation perspective based on evolutionary game [J]. *Science and Technology Management Research*, 2024, 44(17): 198-211 (in Chinese)

责任编辑: 王岩



第一作者简介: 郑小平, 博士, 副教授。研究领域包括农业品牌、农产品质量安全信用体系、复杂系统建模与仿真等。主要参与的课程入选国家级虚拟仿真实验教学一流本科课程。近年来主持国家自然科学基金、教育部人文社会科学基金、北京市社会科学基金、农业农村部软科学基金、农业农村部财政项目等多项社会科学类课题, 参加国家自然科学基金、国家重点研发计划等多项自然科学类项目, 在国内外期刊上发表论文数十篇。