

乡 政府监管下绿色家居企业与消费者行为策略演化博弈分析

朱龄, 吕九芳

(南京林业大学家居与工业设计学院, 江苏 南京 210037)

摘要:【目的】在绿色发展政策和市场效益的推动下, 绿色家居在乡镇具有极大的市场发展前景。为了探究乡镇绿色家居市场中各方主体在市场演变中的行为策略,【方法】构建了家居企业、乡镇政府和乡镇消费者的三方演化博弈及其动态方程, 通过分析均衡点的稳定性和 Matlab 数值仿真, 分析各主要参数变化对系统演化结果的影响。【结果】乡镇政府收取的各项税务的值越大, 家居企业推行绿色家居的概率就越小; 政府给予家居企业的补贴越多, 随着乡镇政府投入成本的增长, 对乡镇消费者实施的补贴越多, 该行为的概率趋势将逐渐降低; 绿色家居产品价格越高, 乡镇消费者购买行为的趋势逐渐降低。【结论】研究表明, 乡镇政府对家居企业收取的各项税收等费用必须高于其监管与投入的成本与补贴的总费用, 才能保障演化稳定市场环境下的可持续性发展; 过于加大企业和消费补贴将不利于乡镇政府履行持续性监管与调控; 绿色家居产品的售价过高将会降低乡镇消费者的购买行为。

关键词: 乡村绿色发展; 绿色家居; 三方演化博弈; 仿真分析

The Evolutionary Game Analysis on the evolution of behavior strategies of Green Household Enterprises and Consumers under the supervision of Township Government

Abstract: 【Objective】 With the promotion of green development policy and market benefit, green home furnishing has great market development prospect in rural areas. In order to explore the behavioral strategies of all parties in the township green home market in the market evolution, 【Method】 a tripartite evolutionary game and its dynamic equation of household enterprises, township governments and township consumers were constructed. By analyzing the stability of equilibrium points and Matlab numerical simulation, the influences of the changes of the main parameters on the system evolution results were analyzed. 【Results】 The higher the value of various taxes collected by the township government, the lower the probability of green home furnishing enterprises. The more subsidies given by the government to household furnishing enterprises, the more subsidies implemented to township consumers with the increase of township government input cost, the probability trend of this behavior will gradually decrease. The higher the price of green household products, the trend of purchasing behavior of township consumers gradually decreases. 【Conclusion】 The results show that the taxes and other fees charged by township governments to household enterprises must be higher than the total costs of supervision and input and subsidies, so as to ensure sustainable development in an evolving and stable market environment. Too much enterprise and consumption subsidies will not be conducive to the township government to implement continuous supervision and regulation; The high price of green household products will reduce the purchasing behavior of rural consumers.

Key words: rural green development; green home; three-bodies game; simulation analysis.

1 引言

近年来, 随着绿色发展理念进一步深化和提升, 逐渐形成了以绿色经济、低碳经济、循环经济等为主的新市场经济形式。这一理念是对传统发展理念和发展方式的突破, 其影响力不仅在于人们生产、生活方

式的转变,更是经济发展方式的深刻转变,在生态、经济、社会等方面都有着重要的价值和意义。自“十三五”时期开始就提倡绿色发展的理念,十四五规划明确提出要支持绿色科技的创新,加快重点领域和行业的绿色转型与产业升级(秦书生,2016)。2021年2月国务院印发了《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》,在提出的若干意见中明确提出要扶持和大力发展绿色经济产业。此外2022年中共中央二十大报告中也提到,推动经济的绿色化和低碳化是我国实现经济高质量发展的关键步骤。在未来,绿色高质量发展将是今后发展的必然趋势和普遍形态,而绿色低碳产业作为我国经济产业发展的重要目标,对实现绿色经济市场具有重要意义(刘成昆等,2022)。

在这一发展背景下,随着乡村振兴战略的不断深入发展与我国2030碳达峰2060碳中和目标的正式提出,绿色发展成为乡村振兴的主旋律。2022年国家发改委、工业和信息化部、商务部等部门共同发布了《促进绿色消费实施方案》,对各消费领域融入绿色理念作出详细部署,为促进消费绿色转型、健全绿色消费制度保障体系、完善绿色消费激励约束政策具有重要推动作用(国家发展改革委等,2022)。在乡村绿色消费领域,中央到地方政府相继采取了一系列措施推动绿色家居产品下乡。工业和信息化部等六部门发布《关于开展2022年绿色建材下乡活动的通知》,从政策层面鼓励和推动绿色建材下乡,促进广大乡镇推行建筑节能和绿色家居,同时发布了《绿色产品评价标准清单及认证目录(第一批)》,详细列出了相关绿色产品的标准清单,为全面实现“双碳目标”作出关键性推动(工业和信息化部等,2022)。截至2022年工信部等四部门发布《推进绿色家居产业高质量发展行动方案》,明确了绿色家居产品下乡,大力推广家居领域的绿色产品认证,加大绿色家居的推广力度,通过新零售、电商等方式针对乡镇市场开发个性化、定制化、健康化绿色家居产品,并开展促销让利、以旧换新、以换代弃等活动促进乡镇绿色消费升级(工业和信息化部等,2022)。家居企业作为乡镇绿色家居市场的供给侧,是绿色家居的传播和发展中的重要角色。

然而,企业的最终目的是追求利润,追求利益最大化,在缺乏一定的政府监管的奖惩机制下,趋于成本最小化生产。而对于乡镇居民来说,目前绿色家居的成本造价要高于一般家居使售价略高的局面,在没有相应消费补贴的情况下更趋于便宜的非绿色家居产品,这一情况将不利于绿色家居的落实与发展。因此,在向绿色市场经济转型过程中,伴随着市场竞争,如何有效解决利益纠葛,则需要兼顾市场参与各方的利益诉求,化解阻力从而形成绿色发展转型的合力是当下急需解决的问题。其中乡镇政府则对绿色市场经济具有重要的调控和推动作用(邹雨廷等,2021),需要厘清乡镇绿色家居市场中的利益关系,并且需要乡镇政府对其采取合理的监管和调控策略,明确三者之间的博弈关系和动态演化过程,从而得到行之有效的建议措施。

演化博弈理论适用于有限理性和不要求完全信息条件的研究。目前,诸多国内外学者将演化博弈运用于低碳经济、绿色消费、生态环境等领域,围绕企业、政府、消费者等多方面参与主体展开相关研究。Anton等通过演化博弈研究表明,消费者方是促进企业的环境管理体系的重要驱动力(Anton et al., 2004)。Carter和Easton通过对消费者和企业的演化博弈研究表明,消费者是整个绿色供应链运作的核心,企业要实现绿色供应链健康稳定发展必须通过有效的消费来实现(Carter et al., 2011)。张露等通过对消费者和企业的博弈分析研究表明,企业推行绿色产品的过程中,关键因素在于消费者对的购买需求,随着社会市场趋势以及消费需求的导向,不实施绿色供应链的企业最终将被市场淘汰(张露等,2013)。这些都表明了消费者在市场发展中起到的关键性。除消费者外,市场价格、成本收益、政策补贴和环境相关问题在市场环境也具有重要的影响,如杨昆等利用演化博弈方法对绿色供应链中的生产策略进行了分析,通过稳定性分析,发现通过合理协调价格、市场营销支出等因素的相互关系是利润最大化的关键,从而实现企业在绿色生产中的可持续发展(杨昆等,2014)。朱庆华等将演化博弈和系统动力学的方法相结合,构建了地方政府、制造企业的混合策略模型,通过引入政府动态惩罚和补偿策略分析了两者的互动机制(朱庆华等,2014)。田一辉等为了探讨政府补贴条件下的绿色供应链的扩展,基于化博弈模型和数值模拟的方法,探讨了政府定价补贴对社会福利、绿色产品销售、绿色供应链中的企业所占比重的影响。结果显示,通过政府的价格补贴,可以提高绿色产品的销售价格,从而提高企业在绿色供应链中的效益(田一辉等,2016)。王伟等通过构建地方政府、企业和农村居民的三方演化博弈模型,对农村清洁能源改造的可持续发展路径进行探究,发现政府采取补贴政策在一定程度上可以实现减少财政支出和清洁能源改造的双重目标(王伟等,2021)。张

浩等对绿色产品零售企业和市场消费者进行了策略演化分析,探讨了博弈主体的收益、成本和潜在的风险损失受在不同策略选择下的影响(张浩等,2022)。在有关乡村的研究中,邹国良等对农村人居环境整治模式合作行为进行了演化博弈分析,研究发现政府补贴资助对系统具有最大影响,农村居民的参与收益是参与项目主导因素(邹国良等,2022)。徐丰伟等建立了政府、消费者和供应链在绿色行为下的演化博弈模型,结果表明,消费者在环境成本高于其效用的情况下,环境责任与政府的补贴激励将会促进绿色消费,同时将政府的激励和惩罚机制能够对需求市场的稳定均衡发展带来积极作用(徐丰伟等,2022)。芮海燕等对智能家居创意空间系统参与主体的协同行为进行了博弈分析,得出系统能力、激励强度以及协同主体运作获得的收益和合作次数是影响策略行为的关键因素(芮海燕等,2022)。

从检索结果来看,目前在企业市场、绿色供应链、环境治理等方面运用演化博弈方法进行了有益的探索,并且政府的参与具有重要意义,为本文乡镇政府监管下绿色家居企业与消费者行为的研究思路提供了可供借鉴的理论和方法基础,但在乡镇绿色家居市场方面缺乏相关研究。在政策制度和市场效益的推动下,绿色家居市场经济发展必将成为乡镇的发展趋势。鉴于此,本研究基于家居企业、乡镇政府和乡镇消费者三类主要参与主体的有限理性和不完全信息假设,通过厘清参与主体及其利益关系,以及政府对其采取合理的监管和调控策略,构建三方非对称演化博弈模型,分析演化策略在稳定状态下的要求条件,探讨各主要因素对系统互动机制的影响,从而得到行之有效的建议措施,为乡镇绿色家居市场的发展提供有益的借鉴。

2 乡镇政府监管与补贴在绿色家居市场演化博弈中的机理分析

在市场竞争中政府对于兼顾绿色消费的长效机制、构建相关法律和标准体系、完善生产者责任以及健全消费体系等方面具有重要的统筹、监管与调控作用。其次,政府作为绿色市场经济的参与者,对于保障绿色市场和服务供给的经济政策、规范绿色产品和服务、对企业的绿色转型与科技创新进行扶持、以及对推动企业技术发展水平等都具有重要激励作用。此外,在这一过程中,政府的引导和带头作用具有重要的示范意义,这也是提高绿色市场意识,推广绿色消费的重要前提。因此,政府政府作为社会“统筹者”,其监管与补贴机制在绿色消费市场能够实现从生产到消费化各个环节的相互耦合,对于解决企业和消费者各方的利益和提升市场效益具有重要意义。

2.1 平衡参与主体的有 理性

在绿色家居市场在乡镇的发展过程中,受到资源、成本、利润等指标因素的影响,家居企业与消费者在关注的侧重点尚存在一定的差异,企业不仅要在绿色化建设的基础上进行绿色产品的生产,还要保证有足够的市场空间和效益实现盈利,而对于乡镇消费者来说,则更侧重于产品的价格、功效和绿色低碳的消费理念(孙素侠等,2021)。在绿色发展和双碳目标的导向下,绿色家居企业和消费者双方都需要有所兼顾才能实现市场的可持续,即企业需要考虑乡镇情境下的消费观和消费水平,消费者在产生消费行为时也需综合衡量绿色企业及其产品。但双方在这一过程中为对方带来收益的同时也会产生成本,企业和消费者在乡镇绿色家居市场环境中存在博弈关系,作为博弈参与者会通过策略选择实现自身收益最大化。

因此,在实际过程中由于各方利益,绿色家居企业和乡镇消费者在博弈的过程中做不到完全理性化,而乡镇政府的参与通过一系列监管和补贴政策,则能够通过平衡两方利益,在很大程度上避免在博弈过程中由于不完全理性而产生的问题。例如通过制定和发展优惠政策和资金投入可以推动企业的绿色转型,通过制定和完善绿色消费政策则可以保障消费者权益(张薇等,2021)。乡镇市场环境中政府、企业和消费者三方关的关系如图1所示。演化博弈论对行为主体进行的限定,能够真实反应乡镇政府、家居企业和消费者行为的实际情形。

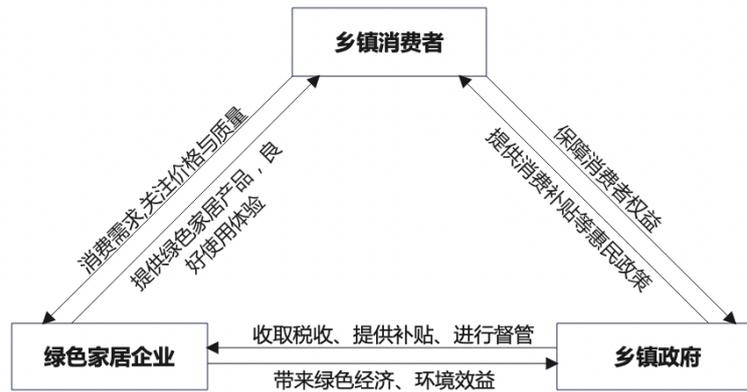


图 1 乡镇家居市场中政府、企业和消费者的关系图

Fig.1 Relationship diagram of enterprises, governments and consumers in the township home furnishing market

2.2 把控消费行为的动态演变

绿色家居市场在乡镇发展的过程中，企业和消费者都可以选择推行与不推行、购买与不购买的交叉策略组合，但都无法预测对方采取的策略和自身采取的策略对博弈结果产生的影响，因此双方无法仅通过一次决策就达到均衡状态。此外，由于博弈过程中还存在着由于利益约束、市场环境和成本效益等多种随机变量产生的干扰，使得博弈方的策略选择并非一成不变，而需要经过不断的动态演变才能达到均衡，而乡镇政府在这一过程中实施一系列的监管与调控对于策略选择从动态演变到均衡的状态具有一定的促进作用，并保证绿色市场消费行为的可持续性。

但需要指出的是，乡镇政府在参与博弈的过程中实施监管与补贴和不实施监管与补贴的成本和效益存在差异，博弈过程中因客观事实条件也会存在不完全理性的特点，演化博弈论对于不完全信息条件的设定，为真实模拟政府、家居企业和消费者在乡镇市场情境下的反复博弈过程提供了基础，适用于绿色家居市场中的问题分析和诠释，为乡镇政府监管与补贴机制下绿色企业与消费者行为的演化博弈分析提供了新视角（吴连珺，2022）。

3 模型假设与矩阵构建

在乡镇绿色家居市场的各方参与者中，政府作为实施监督并提供激励的一方起到调控的作用，包括对推行绿色家居的企业实行绿色补贴和税收优惠、对购买绿色家居产品的乡镇消费者提供消费惠民补贴等，保障并推动绿色家居的市场运行（徐奕文等，2021）；而家居企业主要集中于自身绿色产品核心优势，包括制造系统的绿色化转型、研发投入成本、品控以及产品市场价格的竞争力等方面，能够为乡镇政府带来绿色经济与环境效益，为消费者提供绿色的高品质家居（郑波等，2021）；乡镇消费者则主要关注绿色家居产品的价格与质量，这将直接影响其消费行为（李东雷等，2018）。乡镇绿色家居市场的博弈涉及家居企业、乡镇政府和乡镇消费者三类参与主体，三方主体在博弈过程中都为有限理性，具有信息非对称的特点，适用于演化博弈分析（董文科，2023）。

3.1 各方损益的基本假设

(1) 企业的损益

家居企业在乡镇推行绿色家居时的成本为 C_1 ，收益为 E_1 ，此时能够给乡镇府带来一定的潜在收益 E_3 ，如环境治理、倡导绿色生活等成本。当家居不推行绿色家居时获得的收益为 E_2 ，成本为 C_2 。由于家居企业在推行绿色家居时具备一定的政策优势和市场优势，且绿色家居产品的效用和效益要远高于非绿色家居产品，因此 $E_1 > E_2$ ，推行绿色家居所获得的整体收益要大于不推行时的收益。

(2) 乡镇政府的损益

乡镇政府对家居企业实施绿色标准监管时，所付出的人力、物力、财力等成本为 C_3 ，此时对推行绿色

家居的企业收取的各项税务等费用为 T_1 ，对不推行绿色家居的企业收取的各项税务、罚款等费用为 T_3 。同时，对推行绿色家居产品的企业提供企业补贴 S_1 ，对购买绿色家居产品的乡镇消费者提供补贴 S_2 。乡镇政府对绿色家居标准实施监管时，满足 $T_1 < T_3$ ，以实现鼓励家居企业推行绿色家居的原则。

(3) 乡镇消费者的损益

乡镇消费者购买绿色家居产品时支付的费用为 P_2 ，购买绿色家居产品的带来的功效与便利等效益为 E_5 ，此时还能够给乡镇政府带来一定的效益 E_6 ，如便于回收利用、不污染环境等方面。当乡镇消费者购买非绿色家居产品的费用为 P_1 ，由于绿色家居产品的能效功效要好于非绿色家居产品，因此满足 $P_2 > P_1$ 。另外，当企业推行绿色家居且乡镇消费者购买绿色家居时，能够给企业带来品牌、口碑等额外的效益与收益 E_4 。

3.2 收益矩 的构建

在模型中，家居企业、乡镇政府和乡镇消费者具有自由选择策略的权利，假设家居企业在乡镇推行绿色家居的概率为 x ，不推行绿色家居的概率为 $1-x$ ；乡镇政府对绿色家居市场实施监管与调控的概率为 y ，不实施的概率为 $1-y$ ；乡镇消费者选择购买绿色家居的概率为 z ，购买非绿色家居的概率为 $1-z$ 。其中，满足 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq z \leq 1$ 。得到家居企业、乡镇政府和乡镇消费者的演化博弈收益矩阵如表 1 所示。

表 1 乡镇政府对绿色家居市场实施监管与调控下的收益矩阵

tab.1 Income matrix under the supervision and regulation of the township government on the green home market

		乡镇消费者	
		购买 (z)	不购买 ($1-z$)
家居企业	推行 (x)	$E_1-C_1+E_4+S_1-T_1$ $E_3-C_3-S_1-S_2+T_1+E_6$ $-P_2+S_2+E_5$	$E_1-C_1+S_1-T_1$ $E_3-C_3-S_1+T_1$ $-P_1$
	不推行 ($1-x$)	$E_2-C_2-T_3$ $-C_3+T_3-S_2+E_6$ $-P_2+E_5+S_2$	$E_2-C_2-T_3$ $-C_3+T_3$ $-P_1$

表 2 乡镇政府对绿色家居市场不实施监管与调控下的收益矩阵

Tab.2 Income matrix under the condition that the township government does not supervise and control the green home market

		乡镇消费者	
		购买 (z)	不购买 ($1-z$)
家居企业	推行 (x)	$E_1-C_1+E_4$ E_3+E_6 $-P_2+E_5$	E_1-C_1 E_3 $-P_1$
	不推行 ($1-x$)	E_2-C_2 E_6 $-P_2+E_5$	E_2-C_2 0 $-P_1$

4 演化博弈模型分析

演化稳定策略模型分析包括“复制动态”和“演化稳定策略”，是演化博弈理论的核心内容。其中复制动态是对有限理性参与主体在策略调整过程中的动态描述，演化稳定策略则是参与主体在追求自身利益从而最终达到动态平衡的策略（即 ESS）（李友东等，2013）。通过对家居企业、乡镇政府和乡镇消费进行演化博弈的复制动态方程，并求得其均衡点进行稳定性分析。

4.1 三方演化博弈的复制动态方程及其稳定策略求解

家居企业在博弈过程中推行绿色家居的期望收益为 K_{11} ，不推行绿色家居的期望收益为 K_{12} ，平均期望收益为 K_1 ，可以得到：

$$K_{11}=yz(E_1-C_1+E_4+S_1-T_1)+y(1-z)(E_1-C_1+S_1-T_1)+z(1-y)(E_1-C_1+E_4)+(1-y)(1-z)(E_1-C_1)$$

$$K_{12}=yz(E_2-C_2-T_3)+y(1-z)(E_2-C_2-T_3)+z(1-y)(E_2-C_2)+(1-y)(1-z)(E_2-C_2)$$

$$K_1=xK_{11}+(1-x)K_{12}$$

则家居企业行为策略的复制动态方程为：

$$F(x)=dx/dt=x(K_{11}-K_1)=-x(x-1)(C_2-C_1-E_2+E_1+zE_4+yS_1-yT_1+yT_3)$$

乡镇政府对绿色家居市场实施监管与调控的期望收益为 K_{21} ，不实施监管的期望收益为 K_{22} ，平均期望收益为 K_2 ，可得：

$$K_{21}=xz(E_3-C_3-S_1-S_2+T_1+E_6)+x(1-z)(E_3-C_3-S_1+T_1)+z(1-x)(-C_3+T_3-S_2+E_6)+(1-x)(1-z)(-C_3+T_3)$$

$$K_{22}=xz(E_3+E_6)+x(1-z)(E_3)+z(1-x)E_6$$

$$K_2=yK_{21}+(1-y)K_{22}$$

构造乡镇政府行为策略的复制动态方程为：

$$F(y)=dy/dt=y(K_{21}-K_2)=y(y-1)(C_3-T_3+xS_1-xT_1+xT_3+zS_2)$$

乡镇消费者购买绿色家居的期望收益为 K_{31} ，不购买绿色家居的期望收益为 K_{32} ，平均期望收益为 K_3 ，则有：

$$K_{31}=xy(-P_2+S_2+E_5)+x(1-y)(-P_2+E_5)+y(1-x)(-P_2+E_5+S_2)+(1-x)(1-y)(-P_2+E_5)$$

$$K_{32}=xy(-P_1)+x(1-y)(-P_1)+y(1-x)(-P_1)+(1-x)(1-y)(-P_1)$$

$$K_3=zK_{31}+(1-z)K_{32}$$

构造乡镇消费者行为策略的复制动态方程：

$$F(z)=dz/dt=z(K_{31}-K_3)=-z(z-1)(E_5+P_1-P_2+yS_2)$$

令 $F(x)=0$ ， $F(y)=0$ ， $F(z)=0$ ，即演化博弈系统策略选择的变化为零时，求得该动力系统的均衡点分别为 $D_1(-C_3-T_3)/(S_1-T_1+T_3)$ ， $(C_1-C_2+E_2-E_1)/(S_1-T_1+T_3)$ ， 0 ， $D_2(0, -(e_5+p_1-p_2)/s_2, -(c_3-t_3)/s_2)$ ， $D_3(0,0,0)$ ， $D_4(1,0,0)$ ， $D_5(0,1,0)$ ， $D_6(0,0,1)$ ， $D_7(1,1,0)$ ， $D_8(1,0,1)$ ， $D_9(0,1,1)$ ， $D_{10}(1,1,1)$ ， $D_{11}(x_1, -(E_5+P_1-P_2)/S_2, z_1)$ ， $D_{12}(1, -(E_5+P_1-P_2)/S_2, -(C_3+S_1-T_1)/S_2)$ ， $D_{13}(-C_3+S_2-T_3)/(S_1-T_1+T_3)$ ， $-(C_2-C_1-E_2+E_1+E_4)/(S_1-T_1+T_3)$ ， 1 。 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_7 、 D_8 、 D_9 、 D_{10} 八个点构成了演化博弈域的边界 $\{(x,y,z) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$ ，其中 D_1 ， D_2 ， D_{11} ， D_{12} ， D_{13} 为非渐进稳定状态，对于上述动态复制系统仅讨论 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_7 、 D_8 、 D_9 、 D_{10} 这八个点的渐进稳定性，该八个点作为该复制系统的平衡点分别对应相应的演化博弈均衡。

4.2 演化博弈策略的稳定性分析

根据李雅普诺夫 (Lyapunov) 第一法，雅可比矩阵的所有特征值都为负实部，那么均衡点为渐进稳定点 (朱立龙等, 2021)；若存在至少一个正实部，则为不稳定点 (唐慧玲, 2019)。三方演化博弈系统的 Jacobian 矩阵为：

$$J = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{bmatrix}, \quad J_{11} = -(x-1)(C_2-C_1-E_2+E_1+zE_4+yS_1-yT_1+yT_3) - x(C_2-C_1-E_2+E_1+zE_4+yS_1-yT_1+yT_3);$$

$$J_{12} = -x(x-1)(S_1-T_1+T_3);$$

$$J_{13} = -xE_4(x-1);$$

$$J_{21} = y(y-1)(S_1-T_1+T_3);$$

$$J_{22} = y(C_3-T_3+xS_1-xT_1+xT_3+zS_2) + (y-1)(C_3-T_3+xS_1-xT_1+xT_3+zS_2);$$

$$J_{23} = yS_2(y-1);$$

$$J_{31} = 0;$$

$$J_{32} = -zS_2(z-1);$$

$$J_{33} = -z(E_5+P_1-P_2+yS_2) - (z-1)(E_5+P_1-P_2+yS_2);$$

D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_7 、 D_8 、 D_9 、 D_{10} 均衡点的特征值如表 3 所示。

表 3 Jacobian 矩阵特征值
Tab.1 Eigenvalues of Jacobian

均衡点	λ_1	λ_2	λ_3
$D_3(0,0,0)$	$C_2-C_1-E_2+E_1$	T_3-C_3	$E_5+P_1-P_2$
$D_4(1,0,0)$	$C_1-C_2+E_2-E_1$	$T_1-S_1-C_3$	$E_5+P_1-P_2$
$D_5(0,1,0)$	$C_2-C_1-E_2+E_1+S_1-T_1+T_3$	C_3-T_3	$E_5+P_1-P_2+S_2$
$D_6(0,0,1)$	$C_2-C_1-E_2+E_1+E_4$	$T_3-S_2-C_3$	$P_2-P_1-E_5$
$D_7(1,1,0)$	$C_1-C_2+E_2-E_1-S_1+T_1-T_3$	$C_3+S_1-T_1$	$E_5+P_1-P_2+S_2$
$D_8(1,0,1)$	$C_1-C_2+E_2-E_1-E_4$	$T_1-S_1-S_2-C_3$	$P_2-P_1-E_5$
$D_9(0,1,1)$	$C_2-C_1-E_2+E_1+E_4+S_1-T_1+T_3$	$C_3+S_2-T_3$	$P_2-P_1-E_5-S_2$
$D_{10}(1,1,1)$	$C_1-C_2+E_2-E_1-E_4-S_1+T_1-T_3$	$C_3+S_1+S_2-T_1$	$P_2-P_1-E_5-S_2$

理论上，家居企业在乡镇推行绿色家居获得的收益远高于不推行时获得的收益，此外在政策优惠和社会效益的带动下，推行绿色家居付出的成本与不推行时的成本会随着时间变得越来越小，甚至低于不推行绿色家居时的成本，由此假设存在条件① $C_2+E_1-C_1-E_2>0$ ， $C_2+E_1+E_4-C_1-E_2>0$ ， $C_2+E_1+E_4+S_1+T_3-E_2-T_1-C_1>0$ ，则均衡点 $D_6(0, 0, 1)$ ， $D_9(0, 1, 1)$ 的雅可比矩阵特征值存在正实部，为非稳定点。基于此，作以下推论与分析说明。

推论 1: 在条件①的基础上，当 $T_1-S_1-S_2-C_3<0$ ， $E_5+P_1>P_2$ 时，该复制动态系统有且仅有一个稳定点 $D_8(1, 0, 1)$ ， $D_3(0, 0, 0)$ ， $D_4(1, 0, 0)$ ， $D_5(0, 1, 0)$ ， $D_7(1, 1, 0)$ ， $D_{10}(1, 1, 1)$ 的雅可比矩阵特征值存在正实部，为不稳定点。该推论表示，当乡镇政府对推行绿色家居的企业收取的各项税费小于对企业和乡镇消费者提供的补贴以及投入的成本时，形成入不敷出的局面，乡镇政府则趋于不再实施监管，而企业能够得到相应的补贴而趋于推行绿色家居，乡镇消费者同样趋于购买绿色家居产品，此时由乡镇政府、企业和乡镇消费者组成的系统将演化至不良状态。因此为避免(推行绿色家居，不进行监管，购买绿色家居产品)这一稳定策略组合的出现，乡镇政府必须提高对企业征收的各项税收等费用，在保证收入支出平衡的情况下才能保障可持续性的监管。

推论 2: 在条件①和②的基础上，当 $T_1-S_1-S_2-C_3>0$ ， $P_2-P_1-E_5-S_2<0$ 时，该复制动态系统有且仅有一个稳定点 $D_{10}(1, 1, 1)$ ， $D_3(0, 0, 0)$ ， $D_4(1, 0, 0)$ ， $D_5(0, 1, 0)$ ， $D_7(1, 1, 0)$ ， $D_8(1, 0, 1)$ 的雅可比矩阵特征值存在正实部，为不稳定点。该推论表示，当乡镇政府对推行绿色家居的企业收取的各项税费等收益大于对企业和乡镇消费者提供的补贴以及投入的成本，且人们购买绿色家居得到的补贴与带来的效用大于消费成本时，企业能够在乡镇推行绿色家居，乡镇府能够对绿色家居标准实施监管，乡镇消费者也趋向购买绿色家居产品。因此稳定点 D_{10} 状态下的的演化系统情况符合实际情况。推论 1 与推论 2 情况下的矩阵特征值的实部符号与稳定性结论如表 4 所示。

表 4 均衡点局部稳定性
Tab.4 Local stability of equilibrium point

均衡点	推论 1			稳定性结论	推论 2			稳定性结论
	λ_1	λ_2	λ_3		λ_1	λ_2	λ_3	
$D_3(0,0,0)$	+	×	+	不稳定点	+	+	×	不稳定点
$D_4(1,0,0)$	-	×	+	不稳定点	-	+	×	不稳定点
$D_5(0,1,0)$	+	×	+	不稳定点	+	-	+	不稳定点
$D_6(0,0,1)$	+	×	-	不稳定点	+	+	×	不稳定点
$D_7(1,1,0)$	-	+	+	不稳定点	-	-	+	不稳定点
$D_8(1,0,1)$	-	-	-	ESS	-	+	×	不稳定点

$D_9(0,1,1)$	+	×	—	不稳定点	+	—	—	不稳定点
$D_{10}(1,1,1)$	—	+	—	不稳定点	—	—	—	ESS

注：×表示不确定。

5 仿真分析

在稳定性分析的基础上，以及稳定点 D_{10} 所处条件下，结合实情对企业、乡镇政府和乡镇消费者的演化过程进行数值仿真。运用 Matlab 分析各主要参数变动对演化结果的影响。设数组： $E_1=500, E_2=400, C_2=200, C_1=250, E_3=20, E_4=10, E_5=15, E_6=10, T_1=80, S_1=20, T_3=100, S_2=25, C_3=10, P_1=30, P_2=35$ ，满足推论 2 中的条件，使该复制动态方程组随时间演化 50 次，分别分析关键因素 $T_1、S_1、S_2、C_3、P_2$ 对演化过程和结果的影响。

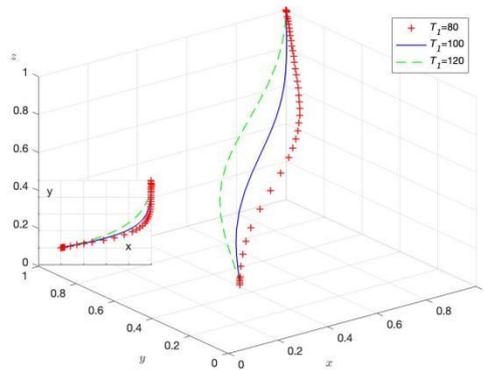


图 2 乡镇政府对绿色家居的企业采取税收的影响

Fig.2 Influence of township government's tax on green home

首先，分析 T_1 乡镇政府对企业收取税收演化博弈过程和结果的变化关系，依次对 T_1 进行赋值 80, 100, 120，仿真过程和结果如图 2 所示。从图中可知，随着 T_1 的值越大， x 的值就越小，家居企业推行绿色家居的概率就越小。这表明乡镇政府在实施监管时，对推行绿色家居的企业收取的各项税务等费用越多，企业逐渐趋于不推行绿色家居。

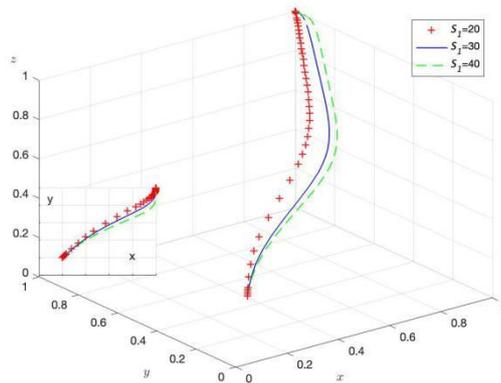


图 3 乡镇政府对企业进行补贴的影响

Fig.2 Influence of township government adopting enterprise subsidies

分析 S_1 企业补贴的变化对演化博弈过程和结果的影响，依次对 S_1 进行赋值 20, 30, 40，仿真过程和结果如图 3 所示。当 S_1 取值越大，随着 x 越趋近于 1， y 值就越小，即当给予企业的补贴越多时，企业虽趋于推行绿色家居这一行为，但对乡镇政府来说易造成入不敷出的局面，不利于乡镇绿色家居的持续性发展。

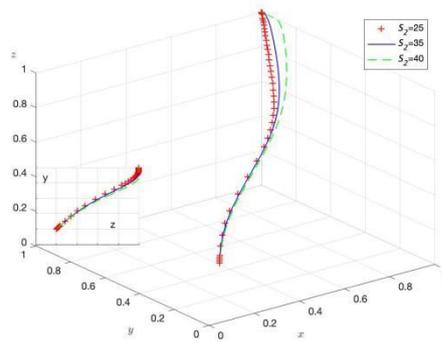


图 4 乡镇政府对消费者进行补贴的影响

Fig.3 Influence of township government adopting enterprise subsidies

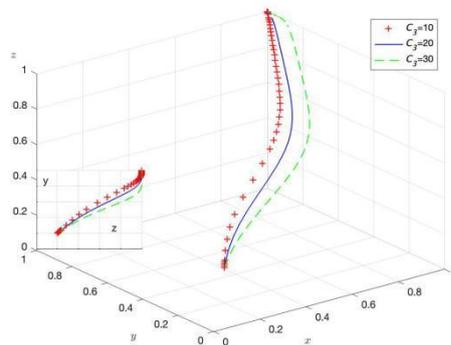


图 5 乡镇政府实施监管与补贴策略付出成本的影响

Fig.4 Influence of township government supervision cost

图 4 和图 5 所示分别为 S_2 消费补贴、 C_3 监管成本的变化对演化博弈过程和结果的影响，依次对 S_2 进行赋值 25, 35, 45, 对 C_3 赋值 25, 35, 45 获得的仿真过程和结果。由图可知当 S_2 的取值越大，系统演化速率后期 z 值越快接近 1，但 y 值逐渐降低。此外随着 C_3 的值越来越大， y 值变得越小，因此随着投入成本的增长，对乡镇消费者实施的补贴越多，乡镇政府逐渐出现监管疲乏的势头。

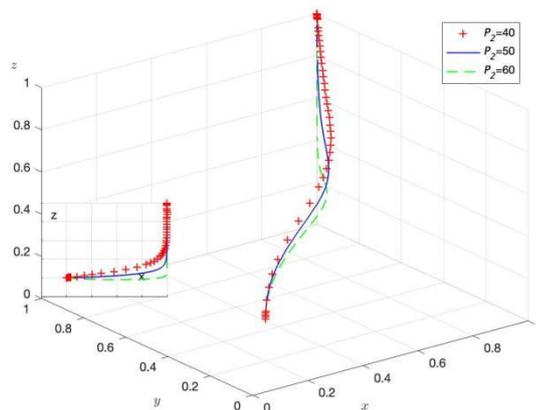


图 6 绿色家居产品售价的影响

Fig.5 Influence of selling price of green household products

图 6 是 P_2 绿色家居产品价格的变化对演化博弈过程和结果的影响，依次对 P_2 进行赋值 40, 50, 60, 可知随着 P_2 取值越大， x 取值越大， z 的值就越小。因此企业在乡镇推行绿色家居的过程中，不宜售价过高，否则乡镇消费者购买绿色家居的概率将越来越低。

6 结论与建议

针对绿色家居在乡镇的市场发展问题,构建了在推行绿色家居过程中家居企业、乡镇政府和乡镇消费者的三方演化博弈模型,通过三者之间行为策略的复制动态方程获得该模型的均衡点,并进行了稳定性分析,分析了演化博弈系统策略组合的稳定性以及各主要要素的影响关系,经仿真分析验证了分析结论的有效性,得出了各主要因素对各方主体行为的影响机理,对乡镇绿色家居市场的推动与发展具有现实指导意义。

结论包括:(1)乡镇政府对企业收取的各项税收等费用必须高于其对绿色家居标准进行监管投入的成本,以及对企业和乡镇消费者提供的补贴之和,才能保障演化稳定市场环境下的可持续性发展。(2)过于加大绿色家居的企业补贴和消费补贴不利于乡镇政府履行持续性监管与调控的职责。(3)绿色家居产品的售价不宜过高,否则将会降低乡镇消费者的购买行为。

针对这些现象,若要使政府、企业和消费者在市场中达到演化稳定的状态:第一,对于家居企业来说,需要加快绿色化转型,完善绿色制造体系,并在研发上加大投入,以实现低成本绿色家居的生产制造来控制产品的客单价,从而使绿色家居在乡镇消费者之中得到普遍认可与购买,总体上达到降本增效的目的。第二,对于乡镇政府而言,对企业采取的各项税收等费用需要超过对绿色家居标准实施监管时付出的人力物力财力等成本、对企业的补贴以及对乡镇居民的消费补贴,其中消费补贴和企业补贴要适度,这样才能保证乡镇政府实施监管的可持续性。第三,对于乡镇消费者而言,所购买的绿色家居产品要能够带来一定的效用与效益,例如节约能源、健康环保、在功能使用上具有人性化等特点,这就要求绿色家居企业对产品把控好品质和成本,在可接受的售价范围内和消费补贴的推动下推广绿色家居产品的购买,才能实现乡镇政府调控下绿色家居市场的稳定发展(赵新蕊,2022)。

本文通过对乡镇绿色家居市场的发展进行了非对称信息和有限理性的演化博弈分析,从乡镇政府、家居企业、乡镇消费者三方角度得出乡镇绿色家居市场发展的建议,但未考虑绿色家居宣传、销售、产业链等具体环节对市场发展产生的影响。因此在未来还需进一步深入探究更多的参与主体对乡镇绿色家居市场的影响机理,从而提出更全面的创新性建议,推动乡镇绿色家居的普及及其市场的稳定发展。

参考文献

- 国家发展改革委,工业和信息化部,住房和城乡建设部,商务部,市场监管总局,国管局,中直管理局.促进绿色消费实施方案[EB/OL]. (2022-01-28) [2022-08-14].https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/zysj/sjdt/202201/t20220128_1313761.html?code=&state=123.
- 工业和信息化部,住房和城乡建设部,农业农村部,商务部,国家市场监督管理总局,国家乡村振兴局.关于开展2022年绿色建材下乡活动的通知[EB/OL].(2022-03-03)[2022-08-14].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/14/content_5678923.htm.
- 工业和信息化部办公厅,住房和城乡建设部办公厅,商务部办公厅,市场监管总局办公厅.关于印发推进家居产业高质量发展行动方案的通知[EB/OL].(2022-08-01)[2022-08-14].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/08/content_5704635.htm.
- 张露,帅传敏,刘洋.消费者绿色消费行为的心理归因及干预策略分析——基于计划行为理论与情境实验数据的实证研究[J].中国地质大学学报(社会科学版).2013,59(5):49-55+139.
- Carter C R, Easton P L. Evolution and future journal of distribution & logistics management[J]. Sustainable Supply Chain Management. 2011, 4(1): 46-62.
- Anton W R Q, Deltas G, Khanna M. Incentives for environmental self-regulation and implications for environmental performance [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2004, 48(1): 632-654.
- 朱庆华,王一雷,田一辉.基于系统动力学的地方政府与制造企业碳减排演化博弈分析[J].运筹与管理.2014,23(3):71-82.
- 张浩,汪明月,史文强.绿色产品零售企业与市场消费者策略选择演化分析[J].运筹与管理.2022,31(02):54-61.
- 邹国良,刘娜,梁雁茹.乡村振兴战略下农村人居环境整治PPP模式合作行为演化博弈分析[J].运筹与管理.2022,31(04):61-68.
- 王伟,赵宁宁,杨欣玥.利益相关者视角下农村能源消费结构升级分析[J].会计之友.2021,39(13):63-69.

- 芮海燕,高长春,章瑞,汤兵勇.智能家居创意空间系统知识协同行为的博弈分析[J].运筹与管理.2022,31(03):86-92.
- 徐奕文,王洋,吕九芳.绿色家居文化传播的途径与发展探讨[J].家具,2021,42(04):56-59.
- 熊先青,李荣荣,白洪涛.中国智能家具产业现状与发展趋势[J].林业工程学报.2021,6(01):21-28.
- 2021年绿色家居实现多维突破[EB/OL].(2022-01-14)[2022-07-28].https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_16286031.
- 熊先青,李荣荣,白洪涛.中国智能家具产业现状与发展趋势[J].林业工程学报.2021,6(01):21-28.
- 李友东,赵道致,夏良杰.低碳供应链环境下政府和核心企业的演化博弈模型[J].统计与决策,2013(20):38-41.
- 徐丰,伟丁,昱丹,张震芳.政府调控下绿色消费与绿色供应链实施的演化博弈分析[J].生态经济.2020,36(11):60-65+117.
- 朱立龙,荣俊美,张思意.政府奖惩机制下药品安全质量监管三方演化博弈及仿真分析[J].中国管理科学.2021,29(11):55-67.
- 秦书生,胡楠.绿色发展视域下绿色企业建设探析[J].环境保护.2016,44(09):40-43.
- 刘成昆,杨容滔.环境规制、对外开放与绿色经济发展[J].技术经济与管理研究.2022,(11):124-128.
- 国家发展改革委,工业和信息化部,住房和城乡建设部,商务部,市场监管总局,国管局,中直管理局.促进绿色消费实施方案[EB/OL].(2022-01-28)[2022-08-14].https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/zys/sjdt/202201/t20220128_1313761.html?code=&state=123.
- 工业和信息化部,住房和城乡建设部,农业农村部,商务部,国家市场监督管理总局,国家乡村振兴局.关于开展2022年绿色建材下乡活动的通知[EB/OL].(2022-03-03)[2022-08-14].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/14/content_5678923.htm.
- 工业和信息化部办公厅,住房和城乡建设部办公厅,商务部办公厅,市场监管总局办公厅.关于印发推进家居产业高质量发展行动方案的通知[EB/OL].(2022-08-01)[2022-08-14].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/08/content_5704635.htm.
- 邹雨廷.马克思主义生态观视域下绿色经济发展路径研究[J].低碳世界.2021,11(10):183-184.
- Anton W R Q,Deltas G,Khanna M.Incentives for environmental self-regulation and implications for environmental performance [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2004, 48(1): 632-654.
- Carter C R, Easton P L.Evolution and future journal of distribution & logistics management[J].Sustainable Supply Chain Management. 2011, 4(1): 46-62.
- 张露,帅传敏,刘洋.消费者绿色消费行为的心理归因及干预策略分析——基于计划行为理论与情境实验数据的实证研究[J].中国地质大学学报(社会科学版).2013,59(5):49-55+139.
- 杨昆,陈伟炯,梁承姬.集群式供应链绿色生产的演化博弈研究[J].昆明理工大学学报(自然科学版).2014,39(06):116-124.
- 朱庆华,王一雷,田一辉.基于系统动力学的地方政府与制造企业碳减排演化博弈分析[J].运筹与管理.2014,23(3):71-82.
- 田一辉,朱庆华.政府价格补贴下绿色供应链管理扩散博弈模型[J].系统工程学报.2016,31(04):526-535.
- 王伟,赵宁宁,杨欣玥.利益相关者视角下农村能源消费结构升级分析[J].会计之友.2021,39(13):63-69.
- 张浩,汪明月,史文强.绿色产品零售企业与市场消费者策略选择演化分析[J].运筹与管理.2022,31(02):54-61.
- 邹国良,刘娜娜,梁雁茹.乡村振兴战略下农村人居环境整治PPP模式合作行为演化博弈分析[J].运筹与管理.2022,31(04):61-68.
- 徐丰伟,丁昱丹,张震芳.政府调控下绿色消费与绿色供应链实施的演化博弈分析[J].生态经济.2020,36(11):60-65+117.
- 芮海燕,高长春,章瑞,汤兵勇.智能家居创意空间系统知识协同行为的博弈分[J].运筹与管理.2022,31(03):86-92.
- 孙素侠.政府干预、金融科技创新与经济高质量发展研究——基于动态博弈视角的解释[J].技术经济与管理研究.2021(09):18-23.
- 张薇.我国绿色经济评价指标体系的构建与实证[J].统计与决策.2021,37(16):126-129.
- 吴连珺.中国绿色经济发展的区域差异及动态分布演进[J].商展经济.2022,(17):27-29.
- 徐奕文,王洋,吕九芳.绿色家居文化传播的途径与发展探讨[J].家具,2021,42(04):56-59.
- 郑波.环境税对绿色经济增长的经济效应和政策分析[J].农村经济与科技.2021,32(16):85-87.
- 李东雷,黄彩英.农民积极参与乡村经济绿色发展的路径探究——以河北省为例[J].农业经济.2018(04):81-82.
- 董文科.绿色发展理念下农村经济绿色转型的路径研究[J].农家参谋.2023(06):77-79.
- 李友东,赵道致,夏良杰.低碳供应链环境下政府和核心企业的演化博弈模型[J].统计与决策,2013(20):38-41.
- 朱立龙,荣俊美,张思意.政府奖惩机制下药品安全质量监管三方演化博弈及仿真分析[J].中国管理科学.2021,29(11):55-67.
- 唐慧玲.低碳经济背景下绿色供应链中政企博弈的研究——基于企业自主减排的目标[J].当代经济科学.2019,41(06):108-119.
- 赵新蕊,孙继芳,赵宏伟.农村经济绿色发展路径研究[J].黑龙江粮食.2022(11):103-105.