

基于演化博弈的移动支付平台参与低碳创新及其稳定性研究

黄娜*, 蒋琬璐

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年7月17日; 录用日期: 2023年9月20日; 发布日期: 2023年9月28日

摘要

基于当前可持续发展需求以及移动支付的大范围普及和多方渗透, 移动支付平台开展低碳创新显得尤为迫切, 通过对我国30省市碳排放格局进行刻画, 得到不同地区的碳排放分布情况, 根据不同分布格局对应调整移动支付业务特点, 注重政府组织在此过程中的参与。其次结合碳排放分布格局, 通过演化博弈构造博弈模型并分析移动支付平台低碳创新中政府组织与移动支付平台方的协作关系, 博弈双方的策略稳定性与双方合作的投入成本成反比, 与协同收益、收益分配比例在一定范围内正相关, 探究了其协作过程中的相互作用关系和稳定点, 给后续的进一步协作发展与移动支付转型绿色支付, 促进减排降碳提供参考。

关键词

低碳创新, 移动支付平台, 博弈, 碳排放

Study on the Participation of Mobile Payment Platform in Low-Carbon Innovation and Its Stability Based on Evolutionary Game

Na Huang*, Wanjun Jiang

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jul. 17th, 2023; accepted: Sep. 20th, 2023; published: Sep. 28th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 黄娜, 蒋琬璐. 基于演化博弈的移动支付平台参与低碳创新及其稳定性研究[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(5): 4428-4437. DOI: 10.12677/orf.2023.135442

Abstract

Based on the current demand for sustainable development and the widespread popularization and multi-party penetration of mobile payment, it is particularly urgent for mobile payment platforms to carry out low-carbon innovation. By portraying the carbon emission pattern of 30 provinces and cities in China, we obtain the distribution of carbon emission in different regions, adjust the characteristics of the mobile payment business according to the different distribution patterns, and pay attention to the participation of the governmental organizations in this process. Secondly, in combination with the carbon emission distribution pattern, the game model is constructed through evolutionary gaming and analyzes the collaborative relationship between governmental organisations and mobile payment platforms in the low-carbon innovation of mobile payment platforms. The strategic stability of the two parties is inversely proportional to the input cost of their collaboration, and positively correlated with the synergistic benefit and benefit distribution ratio within a certain range. The interactions and stability points in the collaborative process are explored to provide reference for further collaborative development and transformation of mobile payment into green payment to promote carbon reduction.

Keywords

Low-Carbon Innovation, Mobile Payment Platforms, Gaming, Carbon Emissions

Copyright © 2023 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

移动支付是随着科技的发展和人们消费习惯的变化而发展起来的,如今已经成为人们生活中不可或缺的支付方式之一。随着移动支付的不断普及和发展,它不仅方便了人们的生活,也带来了巨大的经济效益。然而,随着人们对环保意识的不断提高,绿色低碳已经成为了社会发展的新趋势。因此,如何在移动支付的发展中兼顾绿色低碳和创新已经成为了一个重要的议题。在这样的背景下,移动支付如何在发展进程中保证绿色低碳和创新成为了一个亟待解决的问题。本文通过分析中国省际碳排放的空间格局,结合空间分布特征提出移动支付平台方结合特点进行低碳创新的切入点,并且对于在移动支付平台方开展低碳创新中的两大主要参与主体进行演化博弈分析,探究其协作过程中的相互作用关系,合作策略选择和稳定点,给后续的进一步协作发展与移动支付转型绿色支付提供参考。

2. 文献回顾

2.1. 文献综述

在2021年印发的《2030年前碳达峰行动方案》聚焦2030年前碳达峰目标,重点实施十大行动之一的绿色低碳全民行动,将绿色理念转化为全体人民的自觉行动[1]。在这“双碳”目标及发展战略指导下,移动支付作为紧密联系生产生活、建设金融基础设施的重要组成和桥梁,其涉及到企业、政府监管、个人等多主体,对于产业领域布局和日常公共生活便利都具有重要的意义。同时,移动支付转向绿色支付能够助力绿色金融与低碳经济的双向促进作用,推动碳普惠格局建设[2]。尹志超等选取家庭人均碳消费

为对象研究了关于是否使用移动支付以及移动支付对不同类型碳消费的影响[3]。许孝君等研究并构建了移动支付信息生态系统模型, 得出信息安全和支付风险问题以及移动支付用户的信用水平是影响系统稳定性的重要因素[4]。移动支付创新不仅是该信息系统的自我革新, 更是参与主体之间的协同创新, 有效整合各参与主体的突出优势, 实现协同创新[5] [6]。在当前的发展需求和时代趋势下, 创新更要求是绿色低碳类创新。李爽等研究了提高提升居民低碳素养来增加低碳产品需求, 反向促进企业绿色技术创新[7], 移动支付技术创新有助于低碳素养培养[8]。杨菲等研究得出低碳创新支持政策可以对企业绿色技术创新传神显著的促进作用[9]。张婕等研究了高质量技术创新对高耗能企业碳减影响提出对处于政府高度干预及国有经济发达区域制度环境的高耗能企业, 政策减排效应更强[10]。郭国庆等以行为理论视角推理研究了蚂蚁森林这一环保游戏对于用户转向线下绿色消费的而作用机制, 将线上绿色行为转为线下行为取决于个体环境认同度[11]。Zhong 等通过对现有文献的综合分析, 提出了移动支付平台参与低碳创新的关键因素, 包括社会环境、政策环境、商家参与以及用户需求等方面。通过对这些因素的权重分析, 文章得出了移动支付平台参与低碳创新的可行性和必要性[12]。Chen 等研究了低碳城市试点政策对城市低碳创新的促进作用, LCCPP 可以通过资本配置、结构升级、投资促进和综合治理效应促进绿色创新。同时, LCCPP 对绿色创新的影响具有异质性, 可以通过全面的低碳政策激励低碳创新[13]。分析已有研究可知, 在移动支付平台参与低碳创新中, 以碳排放作为测量值比较的研究较多, 研究聚焦于体系、模式的构建, 低碳技术的促进作用, 但对于在移动支付平台方参与低碳创新中参与主体之间的协作博弈及其稳定性的相关研究还不是很多。因此本文在前序研究的基础上及中国碳排放分布格局的基础上进行了基于演化博弈的移动支付平台方参与低碳创新的主体协作关系及其稳定性研究, 为移动支付转型绿色支付, 在世界移动支付的绿色发展中实现后发先至, 助力双碳目标实现与绿色经济良性发展提供参考。

2.2. 移动支付平台开展低碳创新的必要性

在当前全球环境问题日益严峻的背景下, 对碳排放进行有效控制已经成为了全社会的共同责任。在这样的背景下, 移动支付平台作为一个具有潜力的绿色低碳创新领域, 被寄予了厚望。移动支付平台低碳创新需要考虑的因素包括了技术、商业、政策和社会因素等多方面的因素, 其中对碳排放的影响因素尤为重要。关于碳排放量展现本文采取了空间格局分布, 来直观展示其分布特征。碳排放空间格局是指一个地区或一个国家中碳排放量高低的分布和集聚特征。本文对 2010 年至 2020 年全国 30 省市综合能源消耗数据进行了收集(香港特别行政区, 澳门特别行政区, 西藏, 台湾省由于数据缺失, 暂不研究)并对逐年数据采取了排放因子法(式 1)对省际表观碳排放总量进行了计算, 十年碳排放量总计如表 1。

$$CE_{energy-i} = \sum TD_i * \sum EF_i \quad (1)$$

其中 $CE_{energy-i}$ 表示第 i 种能源消费产生的碳排放量, TD_i 表示第 i 种化石能源的综合消费量, $\sum EF_i$ 表示第 i 种能源对应的碳排放系数。

Table 1. Total apparent carbon emissions in 30 provinces and cities, 2010~2020

表 1. 2010~2020 年 30 省市总计表观碳排放量

省市	碳排放量 (百万吨)	省市	碳排放量 (百万吨)	省市	碳排放量 (百万吨)
安徽省	3501.776425	黑龙江省	2319.860706	山东省	8243.390206
北京市	716.5388477	湖北省	3618.837983	山西省	4404.910156
福建省	2502.798663	湖南省	3353.318695	陕西省	2987.756948
甘肃省	1862.259912	吉林省	2520.356928	上海市	2213.86647

Continued

广东省	5537.234251	江苏省	7449.209195	四川省	3622.703674
广西壮族自治区	2474.702532	江西省	2261.526569	天津市	1631.444921
贵州省	2751.672636	辽宁省	4776.186663	新疆维吾尔自治区	3531.595529
海南省	512.9076872	内蒙古自治区	6207.911188	云南省	2288.861263
河北省	7438.319335	宁夏回族自治区	1735.463276	浙江省	4082.370542
河南省	5982.32462	青海省	594.5072758	重庆市	1691.671555

通过 Arcgis 利用自然断点法进行了空间分布格局构建, 得到碳排放量空间分布格局, 划分为四个碳排放区, 高碳排放区包括内蒙古自治区, 河北省, 山东省, 河南省, 江苏省, 广东省。较高碳排放区包括新疆维吾尔自治区, 四川省, 湖南省, 湖北省, 安徽省, 浙江省, 山西省, 辽宁省。中等碳排放区包括甘肃省, 宁夏回族自治区, 陕西省, 吉林省, 黑龙江省, 云南省, 贵州省, 重庆市, 广西壮族自治区, 海南省, 福建省, 江西省。低碳排放区包括北京市, 青海省。通过碳排放量分布得知我国高碳排放区主要集中于内蒙古自治区、河南省、江苏省、山东省、广东省这几个省份, 这几个省份具有制造业发达或是能源资源禀赋的特征, 其能源生产或是能源消耗量较大, 从而导致在此过程中产生大量的碳排放, 是减碳的重点区域。

针对不同的碳排放格局, 可以进一步细化数据来源分析不同地区碳排放的数量和趋势, 从而在移动支付的业务拓展和创新中注重低碳减排。比如可以发展绿色信贷, 推广低碳交通出行等措施, 从而实现碳减排。其次, 移动支付平台可以通过低碳创新的方式来为碳排放空间格局调整做出贡献。例如, 开展电子发票、在线支付和虚拟信用卡等业务, 可以减少纸张的使用和交通的出行量, 有助于减少碳排放。还可以通过搭建网络平台, 催生绿色产业链, 推进可持续发展。更重要的是, 由于创新的风险性以及涉及到许多参与要素的复杂组合, 需要政府组织通过政策引导推动移动支付平台的低碳创新, 支持碳排放高的地区加强环保措施, 从而促进协调发展。比如可以加大对低碳产业和技术研发的支持力度, 鼓励移动支付平台通过技术创新和模式创新实现低碳发展。政府组织在不同的碳排放空间格局下, 以不同的协作关系参与到移动支付平台方的低碳创新过程中, 起到引导和支持的作用, 提高移动支付的优势利用和绿色化进程。在这个过程中, 政府组织与移动支付平台方的动态协作关系的平衡就显得尤为重要, 决定着在移动支付平台方参与的创新生态的生态可持续性和稳定性。通过构建双方的演化博弈模型, 探究在动态演化过程中的稳定点, 从而促进协作关系的维系与良性发展。

3. 移动支付平台低碳创新参与主体的演化博弈模型

3.1. 模型构建的基础

基于理性经济人理论, 理性经济人也就是其首先是以自身利益的最大化为目标, 移动支付平台方从某种程度上说也是理性经济人, 这意味着移动支付平台方在参与低碳创新时会考虑所获得的收益和成本, 尽可能的追求效益最大化, 如果长期处于获得极少而付出巨大的情况, 必然会打击移动支付平台方参与低碳创新的积极性和意愿, 出现绿色移动支付进程推进缓慢, 公众绿色支付理念强化不足, 在线消费绿色化程度降低的结果。

移动支付平台方参与低碳创新, 以开展“蚂蚁森林”、“绿色家园”等游戏类环保项目激励公众参与降碳减排的绿色消费为主要模式, 从中获得的直接经济效益极少, 并且在开展此类项目的同时投入成本较高。移动支付平台方在参与低碳创新中, 多是通过日常消费中影响消费者的消费行为和消费理念从而达到绿色支付的效果。移动支付平台方在参与低碳创新是通过积极开展低碳创新来取得更好的经济效

益和社会责任感以及提高平台使用率的目的, 开展线上绿色公益项目获得收益较少也不是其主要功能, 但是却也需要一定的数据维护和平台建设费用维持项目运行, 以及后期的项目实地落实也需要人财物等成本。例如在支付宝这个移动支付平台中, 其建设了“蚂蚁森林”这个在线绿色项目, 通过收集用户的消费行为, 赋予其不同消费行为以“能量”, 即该消费行为在绿色在线支付里面的权重, 权重积累到一定的数量, 就可以进行真实树木的种植兑换, 让获得感从虚拟链接到现实, 使参与者获得正面反馈, 促进其保持通过支付宝这一移动支付平台完成移动支付行为, 并且会有所偏好的选择可以积累“能量”的在线绿色行为, 例如选择电子发票而非纸质发票, 乘坐公共交通出行减少私家车出行, 线上生活缴费而非线下出行缴费等一些系列低碳绿色消费行为。

3.2. 模型假设

作为一个静态概念的演化稳定策略是演化博弈的基本概念, 它能够描述一个动态系统存在的局部稳定。演化博弈论强调有限理性决策, 认为博弈参与主体是有限理性的双方, 其行为选择将处于不断地调整与变化的过程, 最终趋于局部稳定。博弈主体主要有移动支付平台方 E , 政府组织 G , 作为有限理性主体, 参与人在过程中分别做出成熟的决策策略, 策略选择随时间逐渐演化稳定于最优策略。政府组织参与到移动平台方的低碳创新过程中的决策为“激励”与“不激励”; 低碳创新平台方选择的策略有“积极开展”和“不积极开展”两种。

x 表示政府组织采取激励措施的概率, $1-x$ 表示政府组织不采取激励措施的概率, y 表示移动支付平台方积极开展低碳创新的概率, $1-y$ 表示移动支付平台方不积极开展低碳创新的概率。 R_1 表示移动支付平台方积极开展低碳创新的正常收益, C_1 表示移动支付平台方在积极开展低碳创新中的投入成本, 同理, R_2 表示政府组织在参与移动支付平台方的低碳创新中采取激励措施的正常收益, C_2 表示政府组织在参与移动平台方的低碳创新中采取激励措施的投入成本。双方合作后将会产生一个经济、社会双向受益的协同合作效应, 产生协同收益值 P , 按照参与比例分配协同收益, 移动支付平台方协同收益分配比例为 m , 记为 mP , 政府组织协同收益分配比例为 $(1-m)$, 记为 $(1-m)P$, 其中 $0 \leq m \leq 1$ 。

其中 R_1 的收益构成包括移动支付平台方实施低碳创新项目获得品牌形象与社会影响力的提升, 社会认可度与用户黏性的提升, 企业经济成本的降低, 企业社会责任的履行等, C_1 的成本构成包括技术研发成本, 市场推广成本, 实施运营成本, 社会责任履行成本等。 mP 表示协同收益构成包括移动支付平台积极开展低碳创新项目时在政府激励措施下获得的政治资源、社会资源等, 企业形象与知名度的提升, R_2 的收益构成包括促进经济发展, 推动绿色转型, 广泛的社会效益等。 C_2 的成本构成包括财政成本、人力成本、资源分配等成本, 的协同收益构成表示当政府组织参与移动平台方的低碳创新采取激励措施收获的生态、经济等方面可持续发展带来的政绩和赞誉, 以及政策实施的助推力。

3.3. 利益矩阵与演化博弈模型建立

依据 Friedman 所给出的理论及方法, 验证博弈双方形成的策略组合是否为稳定策略可以用雅可比矩阵和利益矩阵的局部稳定性进行验证, 即是否为 ESS, 并且可以分析在双方的决策选择中哪些因素会进行影响。

根据表 2 的模型假设, 令移动支付平台方采取“积极开展”“不积极开展”策略时的期望收益及平均收益分别为 U_{11} 、 U_{12} 和 U_1 , 其计算如下:

$$\begin{aligned} U_{11} &= y(R_1 + mP - C_1) + (1-y)(R_1 - C_1) = ymP + R_1 - C_1 \\ U_{12} &= yR_1 + (1-y)R_1 = R_1 \\ U_1 &= xU_{11} + (1-x)U_{12} = x(ymP - C_1) + R_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Table 2. Two-party game payoff matrix for mobile payment platform parties and government organizations
表 2. 移动支付平台方与政府组织的双方博弈收益矩阵

低碳创新项目	移动支付平台方积极开展	移动支付平台方不积极开展
政府组织激励	$R_2 + (1-m)P - C_2$ $R_1 + mP - C_1$	$R_2 - C_2$ R_1
政府组织不激励	R_2 $R_1 - C_1$	R_2 R_1

复制动态方程是动态微分方程的一种, 用来描述一个群体采用某一特定策略的频度或频数。移动支付平台方会选择“积极开展”策略的概率 x 的演化博弈复制动态方程为:

$$F_E(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - U_1) = x(1-x)(mPy - C_1) \quad (3)$$

令政府组织采取“激励”“不激励”策略时的期望收益和平均收益分别为 U_{21} 、 U_{22} 和 U_2 , 其计算如下:

$$\begin{aligned} U_{21} &= x(R_2 + (1-m)P - C_2) + (1-x)(R_2 - C_2) = x(1-m)P + R_2 - C_2 \\ U_{22} &= xR_2 + (1-x)R_2 = R_2 \\ U_2 &= yU_{21} + (1-y)U_{22} = y(x(1-m)P - C_2) + R_2 \end{aligned} \quad (4)$$

政府组织选择采取“激励”策略的概率 y 的演化博弈复制动态方程为:

$$F_G(y) = \frac{dy}{dt} = y(U_{21} - U_2) = y(1-y)((1-m)Px - C_2) \quad (5)$$

由式(3)和式(5)组成的复制动态方程组, 如式(6)所示:

$$\begin{aligned} F_E(x) &= \frac{dx}{dt} = x(U_{11} - U_1) = x(1-x)(mPy - C_1) \\ F_G(y) &= \frac{dy}{dt} = y(U_{21} - U_2) = y(1-y)((1-m)Px - C_2) \end{aligned} \quad (6)$$

对协作主体行为博弈的演化均衡分析, 令复制动态方程式(6)的方程 $F_E = \frac{dx}{dt} = 0$ 、 $F_G = \frac{dy}{dt} = 0$, 得到了 5 个均衡点分别为 A(0,1), B(0,0), C(1,0), D(1,1), $E\left(\frac{C_2}{(1-m)P}, \frac{C_1}{mP}\right)$ 。

由式(6)中的复制动态方程组求得雅克比矩阵为:

$$\begin{pmatrix} F_1 & F_2 \\ F_3 & F_4 \end{pmatrix} \quad (7)$$

根据假设条件, 在二维空间 $V = \{(x, y) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ 内初始点和演化后的点有意义, 因此 $C_2 < (1-m)P, C_1 < mP$ 。令对应矩阵行列式为 $\det(W)$, 迹为 $\text{tr}(W)$, 得到如表 3 中均衡点的局部稳定性分析。

由博弈双方演化结果显示(如表 4), 在均衡点 B(0,0)和点 D(1,1)为 ESS 均衡状态, 表明移动支付平台方选择“积极开展”策略, 政府组织选择采取“激励策略”达成协作, 或是移动支付平台方选择“不积极开展”策略, 政府组织选择采取“不激励”策略的不协作这两种情况。点 A 和点 C 的状态代表两个不

稳定状态, 表明双方的策略选择出现偏差。在点 $E(C_2/(1-m)P, C_1/mP)$ 处, 是鞍点。移动支付平台方和政府组织分别选择“积极开展”“激励”达成协作的演化过程如图 1。

Table 3. Stability of the equilibrium point

表 3. 均衡点的稳定性

均衡点	det(W)	tr(W)
A(0,1)	$C_2(mP - C_1)$	$(mP - C_1) + C_2$
B(0,0)	C_1C_2	$-(C_1 + C_2)$
C(1,0)	$C_1((1-m)P - C_2)$	$C_1 + ((1-m)P - C_2)$
D(1,1)	$(C_1 - mP)(C_2 - (1-m)P)$	$(C_1 - mP) + (C_2 - (1-m)P)$
$E(C_2/(1-m)P, C_1/mP)$	$[C_2/(1-m)P(C_2/(1-m)P - 1)mP][C_1/aP(C_1/aP - 1)(1-a)P]$	

Table 4. Evolutionary equilibria of the parties involved in the evolutionary game

表 4. 演化博弈参与双方的演化均衡点

均衡点	det(W)	tr(W)	均衡结果
A(0,1)	+	+	不稳定点
B(0,0)	+	-	ESS
C(1,0)	+	+	不稳定点
D(1,1)	+	-	ESS
$E(C_2/(1-m)P, C_1/mP)$	+	×	鞍点

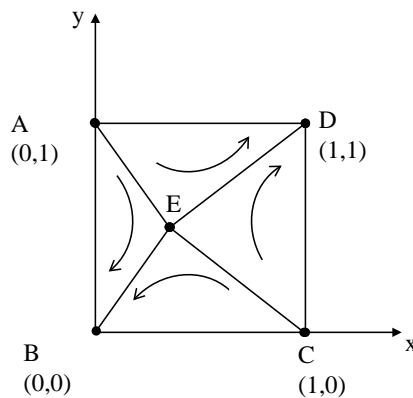


Figure 1. Evolutionary phase diagram

图 1. 演化相位图

由图 1 还可看出, 在 B、D 两点处分别处于两种极端状态, 即协作和不协作两种状态, 均衡点 E 是判断双方的复制动态曲线向点位 B、D 收敛的关键点。在均衡点 E 处, 参与演化博弈的主体双方最终走向由图中 ABCE 的面积 S_1 和 ADCE 区域面积 S_2 的大小比较, 当 $S_1 < S_2$ 时, 双方趋向于协作的状态, 当 $S_1 > S_2$ 时, 双方趋向于不协作状态。 $S_2 = 1 - 1/2[C_2/(1-m)P + C_1/mP]$ 通过分析影响 S_2 的面积大小(如表 5)的参数来得出影响协作策略稳定性的影响因素。在表 5 中+表示正相关, -表示负相关, /表示无法判别。由表 5 可知在移动支付平台方参与低碳创新中, 移动支付平台方与政府组织达成协作的成本 C_1 、 C_2 与 S_2

是负相关,即在协作成本超出一定范围时,双方均不能获得覆盖成本的收益,选择不积极开展低碳创新项目不激励的不协作策略。 a 是关于二者达成协作时,协作收益的分配比,无法判断其对 S_2 大小影响。 P 成是协作收益,影响双方的协作收益分配额大小,会对 S_2 产生正相关关系。

Table 5. Analysis of the impact of parameters on the choice of subject collaboration strategy

表 5. 主体协作策略选择的参数影响分析

参数	偏导	是否影响 S_2
C_1 、 C_2	<0	-
a	/	/
P	>0	+

即在移动支付平台参与低碳创新中移动支付平台方与政府组织的博弈演化策略趋向于两方均协作或是均不协作。在博弈演化过程中成本、协作收益以及分配比会对策略选择产生影响。

3.4. 算例仿真

以移动支付平台支付宝开展的“蚂蚁森林”低碳创新项目为仿真基础,在“蚂蚁森林”项目实施以来其碳减排年均 240 万吨,根据目前全国碳市场碳排放配额的交易价格是 53.19 元/吨,则蚂蚁森林碳减排量折算成经济数额即每年年均 1276.56 万元,蚂蚁森林创造的生态系统总产值超过 113,000 万元,即其年均收益价值在 23,876 万元左右。在蚂蚁森林项目在运转期间据蚂蚁森林公布的数据其年均成本可达 6000 万元,而与参与蚂蚁森林的政府组织投入资源及相关补贴价值约年均 4000 万元。因此在借助 Matlab 进行算例仿真时,令 $C_1 = 6000$, $C_2 = 4000$, $P = 23876$, $m = 0.6$ 。将模拟初始值 (x,y) 赋值 $(0.6,0.5)$, $(0.2,0.8)$, 博弈主体随时间变化的策略选择的动态演化过程如图 2。

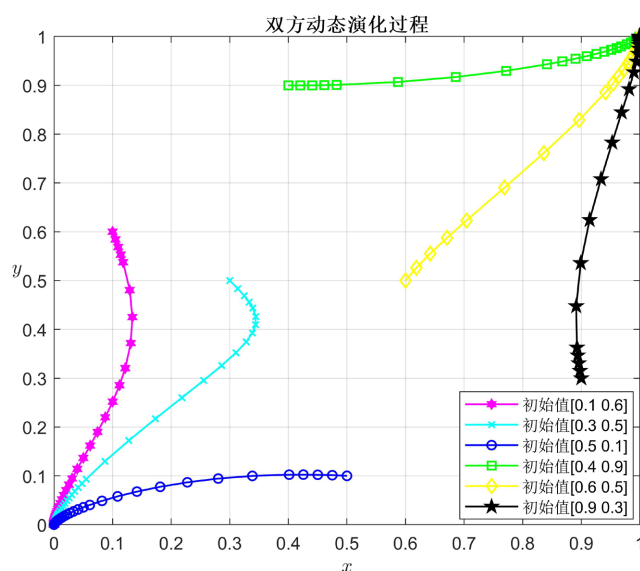


Figure 2. Dynamic evolution of strategy selection process

图 2. 策略选择的动态演化过程

由图 2 可知,当博弈双方的概率 (x,y) 分别取不同的初始值,最终的博弈演化结果也收敛于不同点,验证策略演化结果对初始值是有依赖性的。联系图 1 及计算得到的鞍点 $(0.37,0.6)$ 当 (x,y) 初始值在 ABCE

区域内, 初始值收敛于(0, 0), 双方主体分别选择“不积极开展”“不激励”的不协作策略, 当(x,y)初始值在 ADCE 区域内, 初始值收敛于(1,1), 双方主体则选择“积极开展”“激励”的协作策略。根据图 3 可以得到协同收益 P 分别取 23000, 26000, 29000 时, P 值的变化对于博弈结果的影响。通过改变 P 的值, 博弈双方的协作概率随着 P 值的增大而增大, 并且趋于协作概率的速度越来越快, 表明协同收益 P 对博弈双方的动态演化是正相关作用。

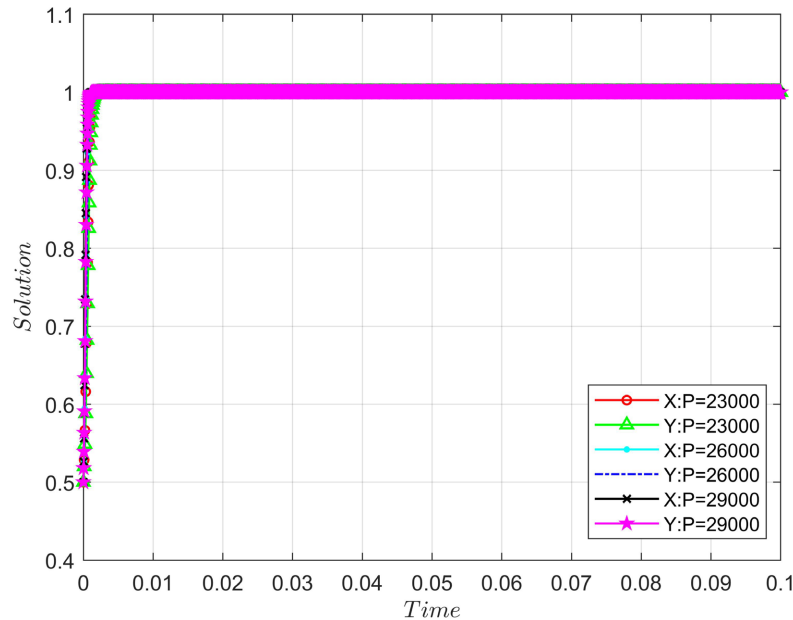


Figure 3. Impact of synergy gain P on the dynamic evolution of the participating subjects

图 3. 协同收益 P 对参与主体的动态演化的影响

4. 结论

通过构建 2010 年至 2020 年中国 30 省市的碳排放分布格局, 得到不同省市的碳排放差异特征, 针对不同的碳排放空间特征, 移动支付平台方应该采取不同的具有针对性的低碳创新方式。也由于不同地域的情况和特点不同, 需要政府组织参与到移动支付平台方的低碳创新中来进行协同合作, 加速该地区的移动支付转型绿色支付, 从而带动与移动支付相关联的产业的绿色化转型。而政府组织与移动支付平台方在低碳创新过程中, 二者选择协作的均衡点是 ESS 稳定点, 具有长期动态稳定性, 双方选择“积极开展”“激励”的协作策略稳定性与复制动态方程的参数变动有关, 与协作成本成反比, 与协同收益成正比, 当双方的投入成本越低, 协同收益越大, 双方选择“积极开展”“激励”的协作策略的稳定性就越具有长期性。且当博弈双方的初始值不同, 最终会收敛于两个不同的 ESS 均衡点, 长期动态稳定性与协同收益成正相关关系, 协同收益增长的越快, 博弈双方的协作策略决策更具稳定性。在后续的移动支付平台方低碳创新中可以结合当地的碳排放特点及其在全国碳排放格局中的分布, 开展业务调整以及和政府组织之间的协同模式, 使得形成并维持长期协作稳定性, 促进区域化降碳减排工作。

参考文献

- [1] 王遥. 绿色支付: “双碳”目标下支付行业的转型之路[J]. 可持续发展经济导刊, 2022, 36(6): 36-38.
- [2] 郭希宇. 绿色金融助推低碳经济转型的影响机制与实证检验[J]. 南方金融, 2022, 545(1): 52-67.

-
- [3] 尹志超, 王天娇, 蒋佳伶. 移动支付对中国家庭碳消费的影响——来自家庭碳足迹的证据[J]. 会计与经济研究, 2023, 37(1): 99-116.
- [4] 许孝君, 徐林忠, 王晓丽. 移动支付信息生态系统生态性评价及实证研究[J]. 情报科学, 2023, 41(4): 182-190.
- [5] Jayaram, J. and Avittathur, B. (2015) Green Supply Chains: A Perspective from an Emerging Economy. *International Journal of Production Economics*, **164**, 234-244. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.003>
- [6] Fahimnia, B., Sarkis, J. and Davarzani, H. (2015) Green Supply Chain Management: A Review and Bibliometric Analysis. *International Journal of Production Economics*, **162**, 101-104. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.003>
- [7] 李爽, 王劲文. 低碳城市试点政策、居民低碳素养与企业绿色技术创新[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(4): 93-103.
- [8] 邬钦. 企业社会责任对低碳技术创新的影响研究——国际化战略的中介作用与市场化环境的调节作用[J]. 国际商务财会, 2023(4): 10-18.
- [9] 杨菲, 沈能, 胡傲. 低碳试点政策的绿色技术创新效应研究——基于微观准自然实验的证据[J]. 软科学, 2022, 36(12): 35-41.
- [10] 张婕, 王凯琪, 张云. 碳排放权交易机制的减排效果——基于低碳技术创新的中介效应[J]. 软科学, 2022, 36(5): 102-108.
- [11] 郭国庆, 刘仁杰, 王建国. 蚂蚁森林用户转向线下绿色消费的内在机制研究——基于行为推理理论视角[J]. 管理学刊, 2023, 36(1): 56-69.
- [12] Zhong, J. and Nieminen, M. (2016) Platform as a Strategy: Collective Innovation in Mobile Payment Ecosystem. *International Journal of E-Services and Mobile Applications*, **8**, 18-36. <https://doi.org/10.4018/IJESMA.2016010102>
- [13] Chen, C., Lin, Y., Lv, N., et al. (2022) Can Government Low-Carbon Regulation Stimulate Urban Green Innovation? Quasi-Experimental Evidence from China's Low-Carbon City Pilot Policy. *Applied Economics*, **54**, 6559-6579. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2072466>