

基于三方演化博弈的数据交易市场治理研究

谢雪梅, 段莹莹

(北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876)

摘要: 数据交易是数据要素流通的重要形式。通过构建“数据交易平台-数据提供方-数据需求方”的演化博弈模型, 揭示数据交易市场存在着不协作、低效和理想3种均衡状态。平台较高的技术创新初始意愿、合理的收益分配系数、较低的竞争优势损失可以促进系统向理想均衡状态演化; 而过高的数据价格和技术创新成本会使系统陷入不协作或低效均衡状态。因此, 可以通过提升主体意识、制定公平合理的收益分配机制和数据产品价格、支持平台技术创新来促进数据交易市场的发展。

关键词: 数据交易; 数据要素; 演化博弈; 市场治理

中图分类号: F49 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)01-0315-10

数据要素是数字经济发展和数字中国建设的核心动力, 促进数据要素流通对释放数据价值、激活数据要素潜能至关重要^[1]。2022年1月6日, 中共中央、国务院印发的《要素市场化配置综合改革试点总体方案》明确提出要推动数据要素市场化配置, 促进数据要素高效流通。数据交易是数据要素流通的关键方式^[2], 在数据要素市场的规划与建设中, 通过数据交易平台(以下简称平台)的模式推动数据交易已经成为重要政策之一, 培育数据交易市场并引导积极参与数据交易势在必行。从现状来看, 中国的数据交易市场正处于初步阶段^[3], 已经取得了一定的进展, 但仍面临着诸多问题与挑战^[4]; 数据供给方各自为政导致数据孤岛^[5]、数据需求尚未充分激发、平台相关技术支撑不足等^[6]。为了实现数据交易市场的健康发展和多方共赢, 迫切需要解决这些问题, 优化数据交易市场的治理, 提高数据交易的效率和透明度。

数据交易平台、数据供给方、数据需求方作为数据交易中的主要参与主体, 其策略选择相互影响, 并决定着数据交易市场的发展。数据交易市场中存在数据供需双方的入场参与积极性不高、平台的技术创新度不够高等问题。并且多方的策略选择不是孤立的, 而是相互影响、相互制约的。数据提供方和需求方的参与意愿可能会受到数据交易

平台技术创新水平的影响, 而平台的技术创新动力也可能受到供需双方活跃度和市场规模的驱动。因此, 厘清数据交易多方主体之间策略选择的影响因素和演化机制, 定位其中的关键影响因素, 优化数据交易市场的治理成为亟待解决的重要问题。基于此, 本文通过构建数据交易多方参与主体的演化博弈模型, 探讨数据交易三方主体的策略选择和系统稳定性, 并通过数值仿真来分析主体策略的动态演化轨迹, 探究关键因素对各主体策略选择的影响, 为促进数据要素流通、推动数据交易市场治理的优化与提升提供理论支持和实践指导。

数据交易在促进数据要素流通方面扮演着至关重要的角色。然而, 数据的无形性和非排他性^[7]等特点使得数据交易存在很多阻碍因素。目前, 学术界普遍认为, 数据交易的推动受到以下几个关键因素的制约: 产权界定不明确^[8]、缺乏统一的定价标准^[9]、供需双方难以互信^[10]、技术支撑有待提高^[6]。首先, 产权界定不明确限制了数据交易的活跃度。因为交易双方难以界定对数据的权利和义务。当前, 法律政策层面缺乏明确的数据产权界定规则^[11], 并且个体隐私权与组织数据控制权之间存在潜在的冲突^[12]。其次, 数据定价困难阻碍了数据交易的发展, 因为定价不明确会降低市场的透明度, 使得潜在的交易者难以了解市场行情, 增加了市场

收稿日期: 2024-09-23

作者简介: 谢雪梅(1963—), 女, 上海人, 博士, 教授, 研究方向为数据科学与人机交互管理、数据治理, 中国技术经济学会会员(登记号为 I030000305M); 段莹莹(1999—), 女, 辽宁朝阳人, 硕士研究生, 研究方向为数据科学与人机交互管理、数据要素流通、数据治理。

信息不对称,从而可能导致市场效率下降^[13]。同时,交易双方可能需要经过复杂的谈判过程来确定交易价格,增加了交易的难度和成本^[14]。此外,交易双方难以建立信任关系也是制约数据交易达成的重要因素。信任缺失不仅影响交易的启动,还可能导致交易过程的中断或交易后的纠纷^[15]。除了上述原因,数据交易平台的技术支撑能力也是关键因素。平台技术支撑不足不仅会影响数据交易的效率,还可能增加数据隐私泄露、数据转售等数据交易风险^[6]。尽管区块链技术为数据交易提供了可能的解决方案^[16],但其在大数据交易领域的应用正处于早期发展阶段,仍然面临挑战^[17]。

数据交易是当前理论与实践关注的重点领域,目前仍处于探索和发展的初期阶段。考虑到数据交易涉及众多参与主体,并且是一个复杂的多边互动过程,理解各主体间的相互作用及其内在机制显得尤为关键。因此,本文旨在深入探讨多主体参与的数据交易机制并揭示影响数据交易的关键因素,探索多主体策略的演化路径。在理论层面,本文的意义体现在对现有数据交易理论的深化与拓展。通过构建“数据提供方-数据需求方-数据交易平台”的三方演化博弈模型,为数据交易市场的研究提供了一个更全面的视角,推动理论的发展和完善。在实践层面,本文的意义在于为数据交易市场的健康发展提供策略建议。研究成果能够帮助政策制定者和市场参与者更好地理解市场运作机制,从而制定更有效的政策和策略,从而优化数据交易市场的治理结构,提高治理效率,实现多方共赢。同时,本文为数据交易平台和参与方提供策略建议,提高技术创新度,激发供需双方的参与积极性,从而推动市场的活跃度。通过促进数据流通,有助于提高社会整体对数据的利用效率,推动数字经济的可持续发展。

1 模型构建

1.1 参与主体及其策略

本文聚焦于数据交易市场的 3 个关键参与主体:数据提供方、数据需求方、数据交易平台^[18]。数据供需双方的角色可以是个人、企业或政府相关部门,承担数据要素买卖的重要角色。数据交易平台主要是指提供交易场所或设施的数据交易所或数据服务商,其为数据供需双方搭建沟通与信任机制、并依靠技术能力保障数据交易环境的安全性和可靠性^[19]。在演化博弈过程中,三方主体基于自身利益不断地进行策略的调整和学习,直至达到一种

均衡状态^[20]。数据交易市场主体逻辑关系如图 1 所示。

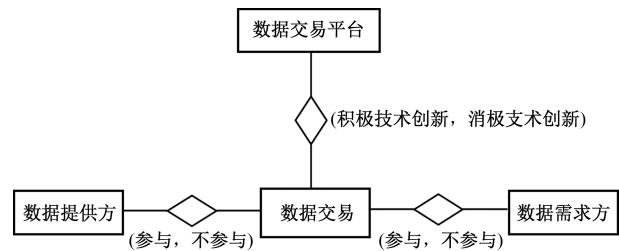


图 1 数据交易市场主体逻辑关系

1.2 基本假设

根据图 1 所示的三方主体逻辑关系,为构建数据交易三方演化博弈模型,探讨各主体策略及稳定性,寻求最优策略集合以促进数据交易市场发展,做出如下假设。

假设 1:数据交易市场的三方参与主体分别为数据提供方、数据需求方和数据交易平台,同时设定参与主体均为有限理性,策略选择随时间演化趋近于稳定。三方参与主体均可采取两种策略。数据提供方的策略选择空间为{参与, 不参与},数据提供方选择参与,即愿意通过数据产品交易获得经济利益回报;也可能因为对风险的担忧、对竞争优势损失的担忧或对数据交易平台的信任度不高而选择不参与。数据需求方的策略选择空间为{参与, 不参与},数据需求方选择参与,即愿意通过交易的方式获取数据资源以支持其业务决策等;而当数据不符合其需求、成本过高或交易存在风险时,其可能会选择不参与。数据交易平台的策略空间为{积极技术创新, 消极技术创新},数据交易平台选择积极技术创新,代表其会投入资源研发先进的数据加密、交易等技术,以提高平台的交易效率,增强数据安全性,吸引更多的数据提供方和需求方加入平台;然而,如果数据交易平台因为资源限制、技术瓶颈或市场定位等原因,选择消极技术创新,可能会导致平台的技术停滞不前,服务能力下降,从而降低数据供需双方的参与积极性。

假设 2:数据提供方的策略选择空间表示为 $A = \{A_1, A_2\} = \{\text{参与}, \text{不参与}\}$,并以 x 的概率选择策略 A_1 ,以 $(1-x)$ 的概率选择策略 A_2 ;数据需求方的策略选择空间表示为 $B = \{B_1, B_2\} = \{\text{参与}, \text{不参与}\}$,并以 y 的概率选择策略 B_1 ,以 $(1-y)$ 的概率选择策略 B_2 ;数据交易平台的策略空间表示为 $I = \{I_1, I_2\} = \{\text{积极技术创新}, \text{消极技术创新}\}$,以 z 的概率选择策略 I_1 ,以 $(1-z)$ 的概率选

择策略 I_2 。

假设 3:数据提供方在选择参与交易时,付出的时间、人力等成本为 C_1 ;发生隐私泄露等安全问题给数据提供方造成的损失为 L_1 ;交易达成时,提供方在行业内的竞争优势损失为 C_2 ;在数据提供方选择参与交易的同时,若平台选择消极进行技术创新,则提供方需付出额外成本 C_3 ;若平台选择积极进行技术创新,则提供方无须付出额外成本。

假设 4:数据需求方在选择参与交易时,付出的时间、人力等成本为 K_1 ;发生隐私泄露等安全问题给数据需求方造成的损失为 L_2 ;在数据需求方选择参与交易的同时,若平台选择消极进行技术创新,则需求方需付出额外成本 K_2 ;若平台选择积极进行技术创新,则需求方无须付出额外成本。

假设 5:数据交易平台的基础运营收益为 R ;平台维持正常运作所付出的成本为 D ;平台选择积极进行技术创新时付出的额外成本为 D_1 ;发生隐私泄露等安全问题给平台造成的损失为 L_3 ;数据提供方选择参与、交易时,给平台带来的额外收益为 R_S ;数据需求方选择参与交易时,给平台带来的额外收益为 R_D 。平台选择积极进行技术创新时发生隐私泄露等安全问题的概率为 a ,平台选择消极进行技术创新时发生隐私泄露等安全问题的概率为 b 。

假设 6:数据产品的价格为 H 。交易达成时,平台与提供方收益分配比例为 m ,即平台获得 mH ,提供方获得 $(1-m)H$;数据需求方需为产品支付 H ,同时获得收益 Q 。参数符号及其含义见表 1。

1.3 博弈支付矩阵

基于以上假设,构建数据提供方、数据需求方、数据交易平台三方主体之间的博弈支付矩阵,见表 2。

表 1 参数符号及其含义

参数	参数含义
C_1	数据提供方选择参与交易时付出的成本, $C_1 \geq 0$
C_2	数据提供方因交易达成造成的竞争优势损失, $C_2 \geq 0$
C_3	数据提供方选择参与交易且平台选择消极进行技术创新时,提供方需付出的额外成本, $C_3 \geq 0$
K_1	数据需求方选择参与交易时付出的成本, $K_1 \geq 0$
K_2	数据需求方选择参与交易且平台选择消极进行技术创新时,需求方需付出的额外成本, $K_2 \geq 0$
D	数据交易平台维持正常运作时付出的成本, $D > 0$
D_1	数据交易平台选择积极进行技术创新时付出的额外成本, $D_1 > 0$
R	数据交易平台正常运作时获得的收益, $R > D > 0$
R_S	数据提供方选择参与时,给平台带来的收益, $R_S > 0$
R_D	数据需求方选择参与时,给平台带来的收益, $R_D > 0$
H	数据产品的交易价格, $H > 0$
Q	数据需求方因交易达成而获得的数据价值收益, $Q > H > 0$
L_1	发生数据安全问题时,数据提供方因参与交易而造成的损失, $L_1 > 0$
L_2	发生数据安全问题时,数据需求方因参与交易而造成的损失, $L_2 > 0$
L_3	发生数据安全问题时,数据平台的损失, $L_3 > 0$
a	数据交易平台选择积极技术创新时发生数据安全问题的概率, $0 \leq a \leq 1$
b	数据交易平台选择消极技术创新时发生数据安全问题的概率, $0 \leq b \leq 1$
m	数据交易平台对数据产品的收益分配比例, $0 \leq m \leq 1$
x	数据提供方选择参与数据交易的概率, $0 \leq x \leq 1$
y	数据需求方选择参与数据交易的概率, $0 \leq y \leq 1$
z	数据平台选择积极进行技术创新的概率, $0 \leq z \leq 1$

表 2 三方博弈支付矩阵

数据提供方	数据需求方	数据交易平台	
		积极技术创新	消极技术创新
参与	参与	$(1-m)H - C_1 - C_2 - aL_1,$ $Q - K_1 - H - aL_2,$ $R + R_S + R_D + mH - D - D_1 - aL_3$	$(1-m)H - C_1 - C_2 - C_3 - bL_1,$ $Q - K_1 - K_2 - H - bL_2,$ $R + R_S + R_D + mH - D - bL_3$
	不参与	$-C_1 - aL_1,$ $0,$ $R + R_S - D - D_1 - aL_3$	$-C_1 - C_3 - bL_1,$ $0,$ $R + R_S - D - bL_3$
参与	参与	$0,$ $-K_1 - aL_2,$ $R + R_D - D - D_1 - aL_3$	$0,$ $-K_1 - K_2 - bL_2,$ $R + R_D - D - bL_3$
	不参与	$0,$ $0,$ $R - D - D_1$	$0,$ $0,$ $R - D$

2 模型分析

2.1 三方期望收益

根据支付矩阵分别计算出数据提供方、数据需求方、数据交易平台三方主体的期望收益及复制动态方程。

2.1.1 数据提供方期望收益及复制动态方程

由支付矩阵可得数据提供方参与和不参与时的期望收益及平均期望收益 E_x 、 E_{1-x} 、 \bar{E}_1 分别为

$$E_x = yz[(1-m)H - C_1 - C_2 - aL_1] + y(1-z)[(1-m)H - C_1 - C_2 - C_3 - bL_1] + (1-y)z(-C_1 - aL_1) + (1-y)(1-z)(-C_1 - C_3 - bL_1) \quad (1)$$

$$E_{1-x} = 0 \quad (2)$$

$$\bar{E}_1 = xE_x + (1-x)E_{1-x} \quad (3)$$

由此可得数据提供方的复制动态方程为

$$F(x) = x(x-1)[y(C_2 - H + mH) + z(aL_1 - bL_1 - C_3) + (C_1 + C_3 + bL_1)] \quad (4)$$

2.1.2 数据需求方期望收益及复制动态方程

由支付矩阵可得数据需求方参与和不参与时的期望收益及平均期望收益 E_y 、 E_{1-y} 、 \bar{E}_2 分别为

$$E_y = xz(Q - K_1 - H - aL_2) + x(1-z)(Q - K_1 - K_2 - H - bL_2) + (1-x)z(-K_1 - aL_2) + (1-x)(1-z)(-K_1 - K_2 - bL_2) \quad (5)$$

$$E_{1-y} = 0 \quad (6)$$

$$\bar{E}_2 = yE_y + (1-y)E_{1-y} \quad (7)$$

由此可得数据需求方的复制动态方程为

$$F(y) = y(y-1)[x(H - Q) + z(aL_2 - bL_2 - K_2) + K_1 + K_2 + bL_2] \quad (8)$$

2.1.3 数据交易平台期望收益及复制动态方程

由支付矩阵可得数据交易平台积极进行技术创新和消极进行技术创新时的期望收益及平均期望收益 E_z 、 E_{1-z} 、 \bar{E}_3 分别为

$$E_z = xy(R + R_S + R_D + mH - D - D_1 - aL_3) + x(1-y)(R + R_S - D - D_1 - aL_3) + (1-x)y(R + R_D - D - D_1 - aL_3) + (1-x)(1-y)(R - D - D_1) \quad (9)$$

$$E_{1-z} = xy(R + R_S + R_D + mH - D - bL_3) + x(1-y)(R + R_S - D - bL_3) + (1-x)y(R + R_D - D - bL_3) + (1-x)(1-y)(R - D) \quad (10)$$

$$\bar{E}_3 = zE_z + (1-z)E_{1-z} \quad (11)$$

由此可得数据交易平台的复制动态方程为

$$F(z) = z(z-1)[(x+y-xy)(aL_3 - bL_3) + D_1] \quad (12)$$

2.2 三方策略稳定性

根据演化博弈理论,当 $F(x) = 0, dF(x)/dx < 0$; $F(y) = 0, dF(y)/dy < 0$; $F(z) = 0, dF(z)/dz < 0$ 时, x, y, z 分别为数据提供方、数据需求方、数据交易平台的演化稳定策略。

2.2.1 数据提供方策略稳定性分析

由式(4)得, $F(x)$ 的一阶导数和设定 $G(y)$ 分别为

$$F'(x) = (1-2x)[y(H - mH - C_2) + z(C_3 - aL_1 + bL_1) - (C_1 + C_3 + bL_1)] \quad (13)$$

$$G(y) = y(H - mH - C_2) + z(C_3 - aL_1 + bL_1) - (C_1 + C_3 + bL_1) \quad (14)$$

根据复制动态方程的稳定性定理和性质,数据提供方的策略稳定点必须满足 $F(x) = 0, F'(x) < 0$ 时对应的策略才是演化稳定策略,如图 2 所示。

当 $y^* = [z(aL_1 - bL_1 - C_3) + (C_1 + C_3 + bL_1)] / (H - mH - C_2)$ 时, $G(y) = 0, F(x) = 0$, 此时数据提供方的策略选择处于稳定状态,不受其他主体的干扰,同样不会随时间的变化而变化。

y^* 代表数据提供方最优策略选择的临界值, $G(y)$ 为增函数,故当 $y < y^*$ 时, $G(y) < 0, F'(0) < 0, F'(1) > 0, x = 0$ 是数据提供方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 A_1 ; 当 $y > y^*$ 时, $G(y) > 0, F'(0) > 0, F'(1) < 0, x = 1$ 是数据提供方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 A_2 。

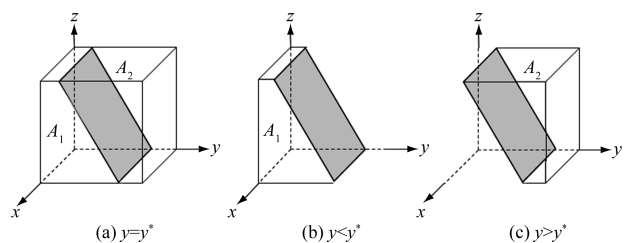


图 2 数据提供方的策略演化相位图

2.2.2 数据需求方策略稳定性分析

由式(8)得, $F(y)$ 的一阶导数和设定 $G(x)$ 分别为

$$F'(y) = (1-2y)[x(Q - H) + z(K_2 - aL_2 + bL_2) - (K_1 + K_2 + bL_2)] \quad (15)$$

$$G(x) = x(Q - H) + z(K_2 - aL_2 + bL_2) - (K_1 + K_2 + bL_2) \quad (16)$$

根据复制动态方程的稳定性定理和性质,数据需求方的策略稳定点必须满足 $F(y) = 0$,

$F'(y) < 0$ 时对应的策略才是演化稳定策略,如图 3 所示。

当 $x^* = [z(aL_2 - bL_2 - K_2) + (K_1 + K_2 + bL_2)] / (Q - H)$ 时, $G(x) = 0, F(y) = 0$, 此时数据需求方的策略选择处于稳定状态,不受其他主体的干扰,同样不会随时间的变化而变化。

x^* 代表数据需求方最优策略选择的临界值, $G(x)$ 为增函数,故当 $x < x^*$ 时, $G(x) < 0, F'(0) < 0, F'(1) > 0, y = 0$ 是数据需求方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 B_2 ; 当 $x > x^*$ 时, $G(x) > 0, F'(0) > 0, F'(1) < 0, y = 1$ 是数据需求方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 B_1 。

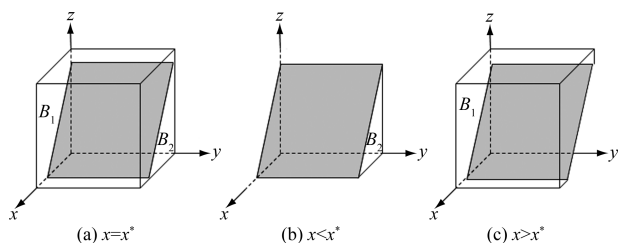


图 3 数据需求方的策略演化相位图

2.2.3 数据交易平台策略稳定性分析

由式(12)得, $F(z)$ 的一阶导数和设定 $H(y)$ 分别为

$$F'(z) = (1 - 2z)[(x + y - xy)(-aL_3 + bL_3) - D_1] \quad (17)$$

$$H(y) = (x + y - xy)(-aL_3 + bL_3) - D_1 \quad (18)$$

根据复制动态方程的稳定性定理和性质,数据需求方的策略稳定点必须满足 $F(z) = 0, F'(z) < 0$ 时对应的策略才是演化稳定策略,如图 4 所示。

当 $y^* = [x(-aL_3 + bL_3) - D_1] / [(1 - x)(aL_3 - bL_3)]$ 时, $H(y) = 0, F(z) = 0$, 此时数据交易平台的策略选择处于稳定状态,不受其他主体的干扰,同样不会随时间的变化而变化。

y^{**} 代表数据交易平台最优策略选择的临界值, $H(y)$ 为增函数,故当 $y < y^{**}$ 时, $H(y) < 0, F'(0) < 0, F'(1) > 0, z = 0$ 是数据需求方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 C_1 ; 当 $y > y^{**}$ 时, $H(y) > 0, F'(0) > 0, F'(1) < 0, z = 1$ 是数据需求方的演化稳定策略,系统对应的相位空间为 C_2 。

2.3 三方演化博弈系统均衡点的稳定性分析

根据数据交易平台、数据提供方、数据需求方

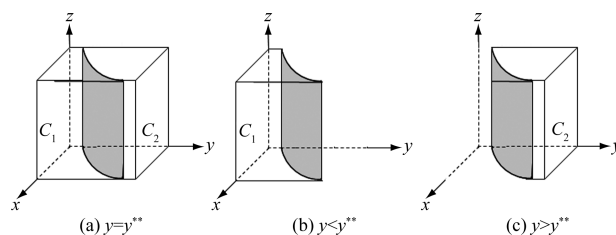


图 4 数据交易平台的策略演化相位图

的复制动态方程,结合微分方程稳定性原理,令 $F(x) = F(y) = F(z) = 0$, 可以得到数据交易平台、数据提供方、数据需求方的动态博弈中的局部均衡点,并且多群体的演化博弈的均衡点必定是纯策略纳什均衡,在非对称博弈中混合策略均衡不一定是演化均衡。因此,后续研究仅需分析 8 个局部均衡点的渐近稳定性即可。演化博弈的演化稳定策略可以从 Jacobian 矩阵的局部稳定性分析得出,故数据交易平台、数据提供方、数据需求方 3 个主体的行为演化博弈方程的 Jacobian 矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (19)$$

式中: $a_{11} = (1 - 2x)[y(H - mH - C_2) + z(C_3 - aL_1 + bL_1) - (C_1 + C_3 + bL_1)]$; $a_{12} = x(x - 1)(C_2 - H + mH)$; $a_{13} = x(x - 1)(aL_1 - bL_1 - C_3)$; $a_{21} = y(y - 1)(H - Q)$; $a_{22} = (1 - 2y)[x(Q - H) + z(K_2 - aL_2 + bL_2) - (K_1 + K_2 + bL_2)]$; $a_{23} = y(y - 1)(aL_2 - bL_2 - K_2)$; $a_{31} = z(z - 1)(aL_3 - bL_3)(1 - y)$; $a_{32} = z(z - 1)(aL_3 - bL_3)(1 - x)$; $a_{33} = (1 - 2z)[(x + y - xy)(-aL_3 + bL_3) - D_1]$ 。

将均衡点分别代入 Jacobian 矩阵中,得到的对应特征值见表 3。

根据 Lyapunov 第一法则, Jacobian 矩阵所有特征值都为负实部,则该均衡点是渐进稳定点; Jacobian 矩阵至少有一个正实部,则该均衡点是不稳定点。由此根据上述条件和假设对均衡点进行稳定性分析。

(1) 根据假设, $C_1, C_3, K_1, K_2, D_1, L_1, L_2, b$ 均大于 0, 因此均衡点 $E_1(0, 0, 0)$ 为渐进稳定点。其对应的策略集合为 {不参与, 不参与, 消极技术创新}。三方主体都选择了对各自来说最优的策略,但从整个系统的角度来看,该策略集并没有实现资源的最优配置,属于不协作均衡点。

表 3 均衡点特征值

均衡点	特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	特征值符号	稳定性
$E_1(0,0,0)$	$-C_1 - C_3 - bL_1$	均为负值	渐进稳定点
	$-K_1 - K_2 - bL_2$		
	$-D_1$		
$E_2(0,0,1)$	$-C_1 - aL_1$	存在正值	非渐进稳定点
	$-K_1 - aL_2$		
	D_1		
$E_3(0,1,0)$	$H - mH - bL_1 - C_1 - C_2 - C_3$	存在正值	非渐进稳定点
	$K_1 + K_2 + bL_2$		
	$bL_3 - aL_3 - D_1$		
$E_4(0,1,1)$	$H - mH - aL_1 - C_1 - C_2$	存在正值	非渐进稳定点
	$K_1 + aL_2$		
	$D_1 + aL_3 - bL_3$		
$E_5(1,0,0)$	$C_1 + C_3 + bL_1$	存在正值	非渐进稳定点
	$Q - H - K_1 - K_2 - bL_2$		
	$bL_3 - aL_3 - D_1$		
$E_6(1,0,1)$	$C_1 + aL_1$	存在正值	非渐进稳定点
	$Q - H - K_1 - aL_2$		
	$D_1 + aL_3 - bL_3$		
$E_7(1,1,0)$	$C_1 + C_2 + C_3 - H + mH + bL_1$	满足条件时均为负值	满足条件时为渐进稳定点
	$H - Q + K_1 + K_2 + bL_2$		
	$bL_3 - aL_3 - D_1$		
$E_8(1,1,1)$	$C_1 + C_2 - H + mH + aL_1$	满足条件时均为负值	满足条件时为渐进稳定点
	$H - Q + K_1 + aL_2$		
	$D_1 + aL_3 - bL_3$		

这个均衡点反映了数据交易市场中的信任缺失、市场机制不完善和技术创新不足等问题。这些问题可能导致数据交易市场陷入一种低效的状态，集体利益受损，而个体虽然可能在短期内获得一定的优势，但长期来看会影响要素数据资源的有效配置和利用，不利于数据交易市场的发展。

(2) 根据假设，当满足 $C_1 + C_2 + C_3 + bL_1$ 、 $Q > H + K_1 + K_2 + bL_2$ 、 $D_1 > bL_3 - aL_3$ 时，均衡点 $E_7(1,1,0)$ 为渐进稳定点。其对应的策略集合为 {参与, 参与, 消极技术创新}。即当数据交易平台选择不进行技术创新时，数据提供方通过交易获得的收益分成大于其付出的成本(含额外成本)、竞争优势损失及潜在的数据安全损失；数据需求方通过交易获得的数据价值收益大于其付出的成本(含额外成本)、交易价格及潜在的数据安全损失；数据交易平台选择积极进行技术创新时付出的额外成本大于其能规避的数据安全损失时，系统达到一种均衡状态，属于低效均衡点。

这个均衡点表明，由于数据交易平台进行技术创新的成本超过了潜在的收益，使得其没有强烈的动力去进行技术创新。尽管交易环境并不绝对安全，拥有参与意愿的数据提供方和需求方仍会选择参与交易，形成一种系统均衡状态。然而，这个均

衡点也隐藏着潜在的风险。比如，技术滞后可能会导致市场效率低下，交易双方转向场外交易；或者随着时间的推移，可能会出现新的技术平台威胁现有的数据交易模式。因此，即使此时的数据交易市场看起来稳定，但长期来看，数据交易平台需要关注技术创新，以保持竞争力。

(3) 根据假设，当满足 $C_1 + C_2 + aL_1$ 、 $Q > H + K_1 + aL_2$ 、 $D_1 < bL_3 - aL_3$ 时，均衡点 $E_8(1,1,1)$ 为渐进稳定点。其对应的策略集合为 {参与, 参与, 积极技术创新}。即当数据提供方通过交易获得的收益分成大于其付出的成本、竞争优势损失及潜在的数据安全损失；数据需求方通过交易获得的数据价值收益大于其付出的成本、交易价格及潜在的数据安全损失；数据交易平台选择积极进行技术创新时付出的额外成本小于其规避的数据安全损失时，系统达到一种理想的均衡状态。

这个均衡点表明，数据交易市场中的所有参与者都认识到了合作的重要性，并且都采取了有利于市场整体发展的策略。数据提供方和需求方的参与支持了市场的交易活动，数据交易平台积极技术创新则有助于提升整个市场的运营效率和吸引力。形成数据要素交易市场的理想状态，有助于推动市场的健康发展，并为所有参与者带来长期的利益。

3 仿真分析

数据交易市场的理想状态是平台积极创新且交易双方选择参与,即 $E_8(1,1,1)$ 。为验证演化稳定性分析的有效性,识别关键因素对演化稳定策略的影响,以及探讨如何才能实现理想均衡状态,根据现实情况为模型参数赋予具体数值,利用MATLAB进行数值仿真。并在数组 2 的基础上分析初始意愿和关键因素对演化博弈过程和结果的影响。

数组 1: $C_1 = 5; C_2 = 10; C_3 = 5; K_1 = 5; K_2 = 5; D = 20; D_1 = 30; H = 50; Q = 80; R = 10; R_S = 5; R_D = 5; L_1 = 20; L_2 = 10; L_3 = 40; a = 0.1; b = 0.4; m = 0.5$ 。

数组 2: $C_1 = 5; C_2 = 10; C_3 = 5; K_1 = 5; K_2 = 5; D = 20; D_1 = 10; H = 60; Q = 90; R = 10; R_S = 5; R_D = 5; L_1 = 20; L_2 = 10; L_3 = 40; a = 0.1; b = 0.4; m = 0.5$ 。

3.1 三方行为的演化路径

数组 1、数组 2 分别满足均衡点 E_7, E_8 的条件,为了更直观地验证三方主体演化的稳定策略,将两组数值分别从不同初始策略组合出发随时间演化 50 次,结果如图 5 所示。由图 5(a)可知,仿真结果显示, $(0,0,0)$ 和 $(1,1,0)$ 为稳定均衡点,即(不参与,不参与,消极技术创新)和(参与,参与,消极技术创新)是演化稳定策略组合。由图 5(b)可知, $(0,0,0)$ 和 $(1,1,1)$ 为稳定均衡点,即(不参与,不参与,消极技术创新)和(参与,参与,积极技术创新)是演化稳定策略组合。可见,仿真分析与策略稳定性分析所得结论一致。

3.2 初始意愿对三方行为演化的影响

3.2.1 三方初始意愿同时变化

图 6 仿真模拟了在相关参数保持不变的情况下,数据提供方、数据需求方、数据交易平台三方初始意愿一致且同时变化对最终演化结果稳定性的影响,三方初始意愿值设置为 0.2、0.5、0.8。由图 6 可知,当三方初始意愿强度较低($x = y = z = 0.2$)时,系统最终趋近于均衡点 $(0,0,0)$;当三方初始意愿强度较高($x = y = z = 0.5$ 和 0.8)时,系统最终趋近于均衡点 $(1,1,1)$,且数据提供方、数据需求方的演化速度明显快于数据交易平台。

由此可得出:数据交易双方参与交易意愿的加强可以有效拉动数据交易平台积极进行技术创新。这反映出市场需求驱动技术创新:当数据供需双方表现出强烈的交易意愿时,平台为了满足市场需求,会积极进行技术创新,以提供高效、安全、便捷

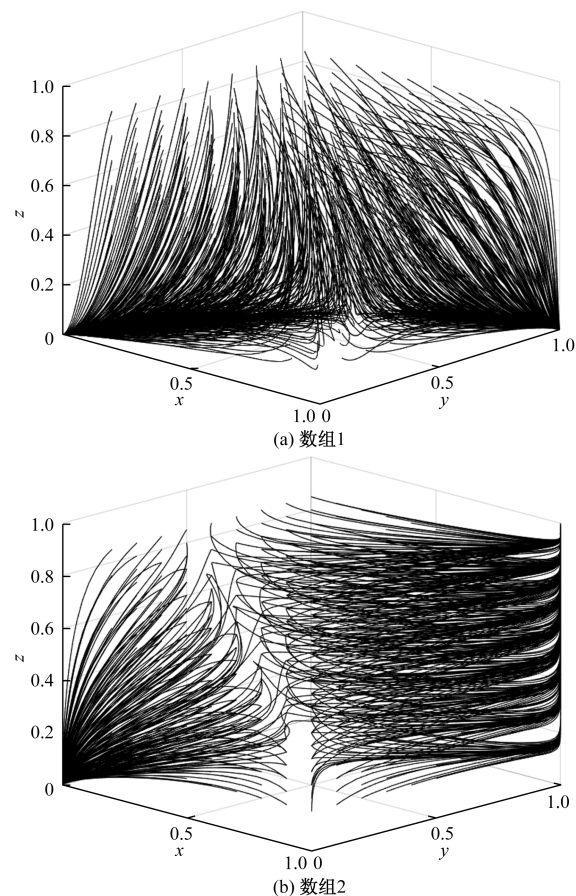


图 5 数组 1、数组 2 演化 50 次结果

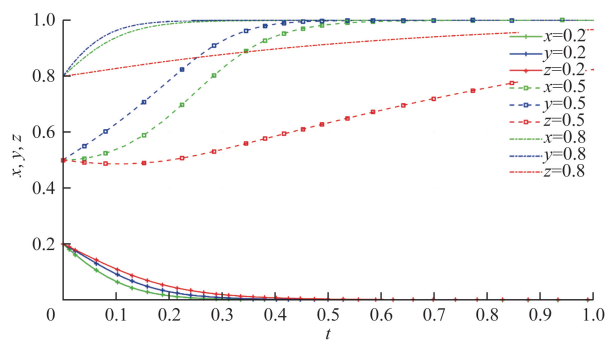


图 6 初始意愿同时变化的演化结果

的数据交易环境,从而吸引更多的供需方参与,形成数据交易市场良好的发展局势。

3.2.2 数据交易平台创新意愿的初始值变化

图 7 仿真模拟了在相关参数、数据提供方的初始意愿 $x = 0.5$ 、数据需求方的初始意愿 $y = 0.5$ 保持不变的情况下,数据交易平台的初始意愿 z 发生变化对系统策略演化的影响。由图 7 可知,当数据交易平台的初始意愿强度较低时, z 随时间演化趋近于 0, x 在 z 的带动下趋近于 0, y 在短期内有小幅提升,但在另两方强烈不合作意愿的带动下也

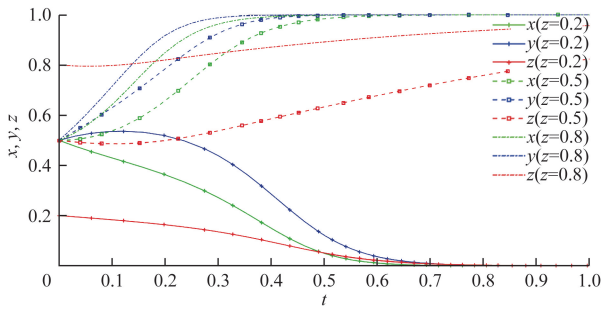


图 7 数据交易平台初始意愿变化对系统演化的影响

趋近于 0, 系统最终趋近于均衡点 $(0, 0, 0)$; 当数据交易平台的初始意愿强度较高时, z 随时间演化趋近于 1, 同时带动 x, y 趋近于 1, 系统最终趋近于均衡点 $(1, 1, 1)$, 且数据交易平台的初始意愿强度越高, x, y, z 趋近于 1 的速度越快。由此可得出: 数据交易平台积极进行技术创新意愿的加强可以有效提高数据提供方、数据需求方的参与意愿, 形成正反馈机制, 达到数据交易市场的理想状态。

3.3 关键参数对三方行为演化的影响

3.3.1 收益分配系数的影响

图 8 仿真模拟了数据交易平台与数据提供方的收益分配系数 m 对系统策略演化的影响。由图 8 可知, 当收益分配系数 m 较小时, 系统最终趋近于均衡点 $(1, 1, 1)$; 当 m 大于临界值时, 系统最终趋近于均衡点 $(0, 0, 0)$ 。

由此可得出: 收益分配系数会影响系统演化的最终均衡点。合理的收益分配系数能促进参与主体演化至理想均衡状态, 即公平分配使三方合作意愿加强, 更倾向于积极进行数据交易、优化交易环境; 而不合理的收益分配, 尤其是分配系数过度倾斜于平台时, 会对三方主体积极性的促进效果下降, 进而对数据交易的达成作用趋于低效甚至失效。

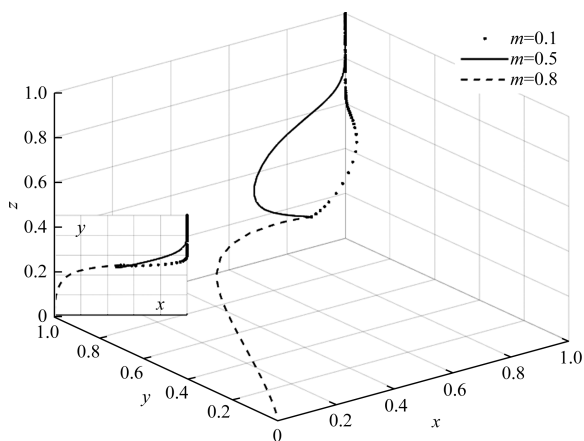


图 8 收益分配系数的影响

3.3.2 数据要素产品价格的影响

图 9 仿真模拟了数据要素产品价格 H 对系统策略演化的影响。由图 9 可知, 当数据要素产品价格 H 较低时, 系统最终趋近于均衡点 $(1, 1, 1)$; 当 H 大于临界值时, 尽管短期内数据提供方参与交易的意愿有提升, 但在数据需求方参与交易意愿降低的拉动下, 系统最终趋近于均衡点 $(0, 0, 0)$ 。

由此可得出: 数据要素产品价格会影响系统演化的最终均衡点。数据要素产品定价合理时, 有助于系统演化到理想均衡状态, 即合理的产品定价使得三方主体更倾向于选择对整体有利的积极策略; 而不合理的定价, 会使得三方在时间的演化下均选择消极策略, 导致集体利益受损, 数据交易市场陷入低效状态。

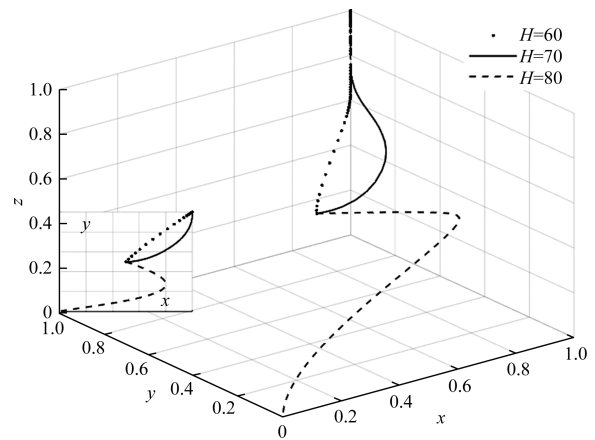


图 9 数据要素产品价格的影响

3.3.3 积极技术创新成本的影响

图 10 仿真模拟了在 $x = y = z = 0.5$ 的前提下, 数据交易平台积极进行技术创新的额外成本 D_1 对系统策略演化的影响。由图 10 可知, 当 $D_1 < bL_3 - aL_3$, 即平台积极进行技术创新的额外成本 D_1 低于其因技术创新能规避掉的损失时, 系统最终趋近于均衡点 $(1, 1, 1)$; 当 $D_1 > bL_3 - aL_3$, 即 D_1 过高时, 系统最终趋近于均衡点 $(1, 1, 0)$ 。

由此可得出: 数据交易平台进行积极创新的额外成本会影响系统演化的最终均衡点。当平台积极进行技术创新的额外成本低于其因技术创新能规避掉的损失时, 系统可演化至理想均衡状态; 而平台进行技术创新的额外成本高于该临界值时, 平台进行技术创新的成本超过了潜在的收益, 使得其没有动力去进行技术创新。拥此时, 参与意愿较高的数据提供方和需求方仍会选择参与交易, 形成非理想化的均衡状态。

3.3.4 竞争优势损失的影响

图 11 仿真模拟了数据提供方竞争优势损失 C_2

对系统策略演化的影响。由图 11 可知,当 C_2 较低时,系统最终趋近于均衡点(1,1,1);当 C_2 大于临界值时,尽管短期内数据需求方参与交易的意愿有提升,但在数据需求方参与交易意愿降低的拉动下,系统最终趋近于均衡点(0,0,0)。

由此可得出:数据提供方竞争优势损失会影响系统演化的最终均衡点。数据提供方因交易数据造成自身的竞争优势损失低于其收益时,系统可演化至理想均衡状态;而竞争优势损失过高,会使得三方在时间的演化下均选择消极策略,导致系统处于不协作均衡状态,影响要素数据资源的有效配置和利用。

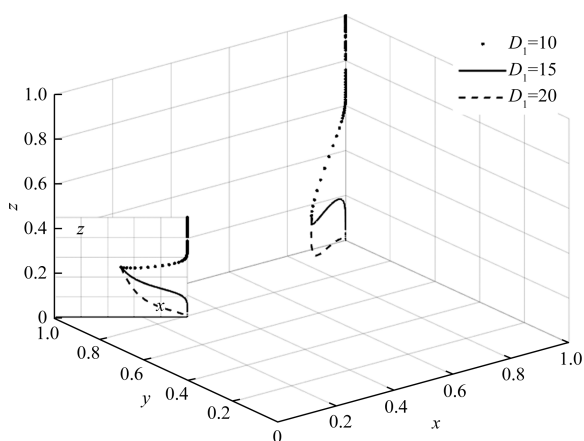


图 10 积极技术创新成本的影响

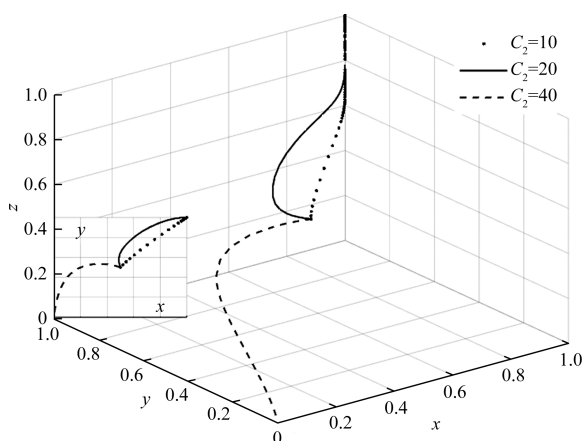


图 11 竞争优势损失的影响

4 结论与建议

4.1 结论

通过构建包含数据交易平台、数据供应方和数据需求方的三方演化博弈模型,运用仿真模拟方法,深入分析了各方在数据交易市场中的策略选择及其对市场稳定性与发展的影响。

研究发现市场存在 3 种均衡状态:①不协作均衡。此时供需双方选择不参与交易且平台消极技

术创新。②低效均衡。供需双方虽然选择参与交易但平台消极技术创新。③理想均衡。供需双方积极参与交易且平台积极技术创新,此时达到数据交易市场发展的理想状态。

仿真结果揭示了初始意愿对数据交易三方策略选择的影响。当三方初始意愿较低时,市场趋于不参与和消极技术创新的不协作均衡点;而当初始意愿较高时,市场能够迅速演化至理想均衡状态。此外,数据交易平台的初始意愿对系统演化有显著影响:强烈的初始技术创新意愿能够显著提升供需双方的参与意愿,推动系统向理想状态演化。相反,若平台初始技术创新意愿不强,容易导致市场陷入不协作均衡状态。

仿真结果还显示关键参数——收益分配系数、数据要素产品价格、技术创新成本、竞争优势损失对主体策略选择的影响。研究发现:①合理的收益分配可以促进三方主体向积极参与交易的方向演化,而不公平的收益分配可能导致系统回退至不协作均衡状态;②过高的数据要素产品价格可能导致数据需求方选择不参与交易,从而陷入不协作均衡状态;③当平台技术创新的成本较低,且能显著降低交易风险时,平台更倾向于选择积极技术创新;相反,如果技术创新成本过高,平台可能缺乏技术创新的动力,导致系统演化至低效均衡状态;④当数据提供方因交易数据而可能遭受的竞争优势损失较小,且交易收益大于该损失时,系统趋向于理想均衡状态。

4.2 建议

(1)提升三方主体的数据意识与认知。三方积极参与交易的初始意愿对市场发展至理想均衡状态有显著的作用,因此提升数据交易三方主体的数据意识与认知对于促进数据交易市场至关重要。政府需加引导相关主体对数据价值和交易规则的理解,消除疑虑,提高数据交易的信心。同时普及数据知识,提高数据素养,使各方理解数据交易的重要性和紧迫性,激发数据供给和需求的潜力。

(2)建立均衡的收益分配机制。数据需求方和平台之间的收益分配机制是影响数据交易市场的关键因素。平台应建立公开透明的收益分配机制。这种机制应当基于市场贡献和交易价值来设计,并考虑到数据的独特性和交易的复杂性。同时,平台应积极探索多元化的收益分配模式,如根据数据质量、交易量、数据价值等因素进行差异化分配、动态调整分配。此外,政府可以制定相关政策,鼓励平台探索更加公平合理的收益分配机制,加强对数据

交易平台的监管,确保平台遵守收益分配规则,维护数据提供方的合法权益。

(3)制定合理的数据产品定价策略。平台应建立科学的数据定价模型,综合考虑数据质量、数据量、市场供需等因素,制定合理的交易价格。同时,平台应积极探索多元化的定价模式,如按需定价、竞价定价、协议定价等,以适应不同行业 and 不同场景下的数据交易需求,确保数据产品的价格既能激励供给,又能满足需求。此外,政府可以制定相关政策,鼓励数据交易平台探索更加灵活有效的定价模式,如通过税收优惠、财政补贴等方式,引导平台降低数据交易成本,促进数据要素流通。

(4)激励并支持平台在技术创新上的加大投入。平台技术创新意愿能够显著影响供需双方的参与意愿,从而推动市场向理想状态演化,但平台对于技术创新成本较为敏感。因此政府可以建立技术创新激励机制,如设立数据交易技术创新奖项,表彰在技术创新方面取得显著成就的平台,并通过财政补贴、税收减免、研发资助等方式为数据交易平台的技术创新提供直接支持。此外,鼓励产学研合作,共同探索数据交易领域的新技术和新模式,将前沿科研成果转化为实际应用,加速技术迭代。同时加强知识产权保护,确保技术创新成果得到合法保护,鼓励平台对新技术进行专利申请,保障其创新成果的独占性和市场优势。

参考文献

- [1] 任保平,王思琛.新发展格局下我国数据要素市场培育的逻辑机理与推进策略[J].浙江工商大学学报,2022(3):85-93.
- [2] 何玉长,王伟.数据要素市场化的理论阐释[J].当代经济研究,2021(4):33-44.
- [3] 王珊珊,王海芸,姚怡帆.数据交易企业策略及政府监管激励:基于三方演化博弈模型分析[J].科技和产业,

- 2024,24(15):187-196.
- [4] 李文军.健全我国数据要素市场建设的理论路径研究[J].价格理论与实践,2024(1):61-66.
- [5] 于施洋,王建冬,郭巧敏.我国构建数据新型要素市场体系面临的挑战与对策[J].电子政务,2020(3):2-12.
- [6] 陈舟,郑强,吴智崧.我国数据交易平台建设的现实困境与破解之道[J].改革,2022(2):76-87.
- [7] 齐培培.数据要素推动中国经济高质量发展的作用机制及提升路径[J].科技和产业,2022,22(8):134-138.
- [8] 田杰棠,刘露瑶.交易模式、权利界定与数据要素市场培育[J].改革,2020(7):17-26.
- [9] 胡燕玲.大数据交易现状与定价问题研究[J].价格月刊,2017(12):16-19.
- [10] 丁波涛.我国数据要素市场治理的模式、现状与对策[J].信息资源管理学报,2024,14(2):29-40.
- [11] 汤琪.大数据交易中的产权问题研究[J].图书与情报,2016(4):38-45.
- [12] 杨张博,王新雷.大数据交易中的数据所有权研究[J].情报理论与实践,2018,41(6):52-57.
- [13] ACEMOGLU D, MAKHDOUNI A, MALEKIAN A, et al. Too much data: prices and inefficiencies in data markets[J]. American Economic Journal: Microeconomics, 2022, 14(4): 218-256.
- [14] 赵丽,李杰.大数据资产定价研究:基于讨价还价模型的分析[J].价格理论与实践,2020(8):124-127,178.
- [15] 张闯,郝凌云.交易型数字平台中的信任:研究现状与展望[J].经济管理,2022,44(8):190-208.
- [16] 刘阿千.基于区块链技术的数据资产交易体系构建探讨[J].财会通讯,2020(3):149-153.
- [17] 曹萌,于洋,梁英,等.基于区块链的大数据交易关键技术与发展趋势[J].计算机科学,2021,48(S2):184-190.
- [18] ZHANG X, JIANG D, YE Y. A survey of game theory and auction-based data pricing[J]. Big Data Research, 2021, 7(4): 61-79.
- [19] 王卫,张梦君,王晶.国内外大数据交易平台调研分析[J].情报杂志,2019,38(2):181-186,194.
- [20] 程乐峰,杨汝,王晓刚,等.三方多策略式博弈系统的长期演化稳定均衡特性研究[J].控制理论与应用,2021,38(10):1631-1661.

Research on Data Trading Market Governance Based on Tripartite Evolutionary Game Theory

XIE Xuemei, DUAN Yingying

(School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: Data trading is an important form of data elements circulation. By constructing an evolutionary game model of "data trading platform - data providers - data demanders," it is revealed that the data trading market exists in three equilibrium states: non-cooperation, inefficiency, and ideal. A higher initial willingness for technological innovation by the platform, a reasonable profit distribution coefficient, and a lower loss of competitive advantage can promote the system to evolve towards an ideal equilibrium state; whereas high data prices and technological innovation costs can lead the system into a state of non-cooperation or inefficiency. Therefore, the development of the data trading market can be promoted by enhancing the awareness of the subjects, establishing a fair and reasonable profit distribution mechanism and data product pricing, and supporting technological innovation in the platform.

Keywords: data trading; data elements; evolutionary game; market governance