

数据赋能视角下交易市场主体策略研究

王子玥, 陈瑞义

南京邮电大学管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年2月24日; 录用日期: 2025年3月10日; 发布日期: 2025年4月9日

摘要

把握数据交易市场发展规律, 优化数据赋能实施环境是数据交易市场激活和创新发展的重点与难点问题。在深入剖析数据交易关键决策环节基础上, 采用博弈分析与数值模拟方法, 构建了一个由数据供给方、数据需求方以及数据交易平台企业这三个参与方构成的数据交易演化博弈模型, 求解、论证和数值模拟了三个参与方相互博弈的稳定策略、策略演变条件、稳定点稳定性及其关键参数带来的影响。研究表明: 平台适度降低数据赋能水平和数据赋能收费、提高数据需求方交易时支付的数据交易抽成, 均有利于平台企业实施数据赋能策略; 数据供给方应降低高低质量数据的质量差距, 有利于提高数据供给方高质量数据供给概率; 平台方降低数据赋能水平和数据赋能收费并提高数据需求方支付的数据交易抽成, 数据供给方降低高质量数据和低质量数据之间的数据质量差距, 政府加强对平台经济的监管和引导有利于推动良好数据交易生态的形成。本研究可为平台企业、数据供给方和数据交易方法的数据交易提供决策参考, 还可为数据交易生态治理与政策制定提供决策支持。

关键词

数据赋能, 数据要素市场, 演化博弈, 数据质量

Research on the Strategy of Trading Market Entities from the Perspective of Data Empowerment

Ziyue Wang, Ruiyi Chen

School of Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: Feb. 24th, 2025; accepted: Mar. 10th, 2025; published: Apr. 9th, 2025

Abstract

A comprehensive understanding of the evolution of the data trading market and the optimization

文章引用: 王子玥, 陈瑞义. 数据赋能视角下交易市场主体策略研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(4): 302-317.
DOI: 10.12677/ecl.2025.144892

of the implementation environment for data empowerment represent pivotal yet formidable challenges in the activation and innovative development of the data trading market. A meticulous examination of the pivotal decision-making processes in data trading has led to the formulation of a game analysis and numerical simulation method. This method was employed to construct a data trading evolutionary game model comprising three participants: data suppliers, data demanders, and data trading platform enterprises. The model's primary contributions include the resolution, illustration, and numerical simulation of the stable strategies of the three participants in the game. It also elucidates the conditions for strategy evolution, the stability of the stable points, and the impact of their key parameters. The research findings indicate that: The implementation of a data empowerment strategy by platform enterprises is conducive to the existence of a platform that moderately reduces the level of data empowerment and the fee for data empowerment, and increases the data transaction commission paid by the data demand side during transactions. It is recommended that data suppliers mitigate the disparity in quality between high- and low-quality data, thereby enhancing the likelihood of receiving high-quality data. The platform, in turn, should moderate the level of data empowerment and the fee for data empowerment, while concurrently increasing the data transaction commission paid by the data demand side. Concurrently, data suppliers should endeavor to narrow the quality gap between high- and low-quality data. The government's enhancement of oversight and guidance of the platform economy is conducive to the promotion of the formation of a sound data trading ecology. This study offers a valuable reference point for platform enterprises, data suppliers, and data trading methods. Additionally, it provides a foundation for decision-making.

Keywords

Data Empowerment, Data Factor Market, Evolutionary Game, Data Quality

Copyright © 2025 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

在数字化转型的浪潮中,企业纷纷寻求通过数字化手段提升运营效率、降低成本、增强创新能力。数据赋能作为数字化转型的核心驱动力之一,通过挖掘数据价值,推动企业在决策、运营和创新等各个环节实现数字化转型和升级。在电子商务、零售、金融等领域,数据赋能已成为企业提升运营效率、优化客户体验、降低风险的重要手段。比如,阿里巴巴近期推出了名为“如意”的POS机系统,该系统利用数字技术广泛收集来自数百万小型线下杂货店的消费数据。通过对这些数据的处理分析,系统能够精准反馈出不同消费群体对品牌的偏好信息。除此之外,它还为店铺提供库存预警及最优化定价建议的功能。据阿里巴巴的报告显示,采用该系统的门店经过改造后,平均日收入增长超过了30%,日营业额普遍能达到5000至6000元人民币[1]。目前,众多平台开始通过优秀的数据资源和强大的数据分析技术进而提高运营效率,从而实现精确的营销,增加市场需求。亚马逊在2016年推出了亚马逊Go,一个无人便利店。当顾客踏入商店,他们会利用智能手机扫描商品,随后,亚马逊借助店内摄像头与各类传感器,能在顾客浏览期间追踪这些商品。若顾客从货架上取下某商品,它便会即刻被加入至虚拟购物车中。待顾客携带商品离店时,杂货店便会通过顾客的亚马逊账户自动完成费用结算[2]。京东到家从整体的生态系统到具体的物流、流量等多个维度进行赋能,美团同样在深化其优化工作,针对效率、技术等领域进行能力赋能。这种赋能策略能够增强整个企业的韧性,提升运作效率,并实现更高水平的产出。

平台型企业的数据赋能方面的实践正蓬勃发展,然而,其中仍包含着众多有待深入探究的议题。平台型企业若采取数据赋能策略需要承担相应的成本,数据供需方也会进行相应的投入,关于如何合理分担这些成本在商业实践中还处于摸索阶段。苏宁易购通过全场景、全价值链的赋能,让用户买到更好更便宜的商品、让门店更赚钱、让商品流通更高效,共享智慧零售时代红利。而苏宁易购对于线上零售商并未直接征收数据赋能的费用,而是仅通过收取一定比例的佣金作为商家入驻平台销售商品的前提条件。而数据赋能的成本和收益的权衡是一个复杂的过程,因为平台需要考虑数据赋能带来的长期收益和潜在价值。数据赋能的成本与数据赋能水平紧密相关,数据质量是影响数据赋能水平的关键性因素。在数据要素市场中,如果平台的数据赋能措施不当,可能导致数据要素市场出现混乱,例如数据价格波动大、数据交易不规范等。这无疑会影响数据供应方提供数据的积极性和数据需求方的参与度,进而制约数据要素市场的健康发展。因此,平台在实施数据赋能时需要权衡成本和收益,并充分考虑赋能水平的影响因素以及数据赋能策略可能带来的负面影响。考虑如何通过制定合理的数据赋能策略来有效地增强平台数据赋能效果,并促成数据要素市场达到良好形态至关重要。

基于此,本文从数据质量的视角出发,考虑在数据赋能的情况下,构建数据要素市场主体的演化博弈模型,分析影响数据赋能的相关因素,从而形成良好的数据要素市场形态,释放数据经济红利,积极发展数字经济。未来,随着技术的不断进步和市场的持续完善,数据要素市场有望在更加科学、合理的策略指导下,实现更加高效、安全、可持续的发展。

2. 文献综述

随着数据的爆炸性增长,如何利用好数据已经成了关键问题。而要想实现有效利用数据,就需要通过数据要素市场来完成数据交易,进而将数据作为一种商品推向数字市场,使得与数据相关的各方主体相互联系,共享并进一步提高对数据的利用效率。数据要素市场是一个自我调节的互惠交换安排的网络,应该有效地分配生产要素,最大化生产要素的产出[3]。王伟玲认为数据要素市场是从数据要素到数据产品的形成过程[4]。HUANG L 等人认为,数据要素市场的崛起与用户的参与和供求匹配的市场规则有关,而数据市场面临的困境之一是不平衡的需求和供应——每个人都在寻找数据,而没有人销售数据[5]。

到目前为止,关于数据应该如何作为一种商品或服务来定价的文献还在探究中。FAN 等人从数据定价视角切入,发现引入定价机制至关重要,数据的定价策略会影响数据服务、数据准确性以及数据覆盖率[6]。吕指臣等人提出了数据定价机制目标应围绕促进数据开发、支持数字经济等展开[7]。先前对信息和双边市场定价的研究也为数据交易的定价机制提供了见解,如免费增值策略[8]。总体而言,学者集中于对数据要素定价方法、模型和策略的探索,尚未形成统一的定价模式。目前的定价方法以下几种:基于数据品质的定价,依据内在价值如数据质量优劣[9]来确定数据价格;基于市场的定价,在确定基础价值前提下,依靠市场如供需关系[6]等经济学方法来确定。

在平台数据赋能情形下,就需要考虑平台型企业即数据交易机构与数据供需双方之间的合作机制。Raul Castro Fernandez 等人认为数据交易机构作为交易活动的参与者,运用市场竞争、供求等机制引导数据资源合理配置[10]。Reviglio U 认为数据交易机构作为数据中介的组织者,提高交易行为透明度与可信度[11]。Feng 等认为数据要素市场的基础由数据供应商、数据交易平台和数据消费者等参与者组成,其中数据交易平台充当数据消费者和数据所有者之间的通道[12]。前人的文献虽然验证了数据交易机构至关重要,但没有明确将平台纳入数据交易市场考虑范围内。因此本文将数据交易平台作为数据要素市场主体之一,并进行研究。而若想有效解决数据要素市场存在的问题,最关键的问题在于平台这一主体,这就需要进行数据赋能来完善平台的功能。

随着数据交易平台的兴起,越来越多的学者关注平台赋能、数字经济的问题。Jiang 等人将数字授权

即数据赋能定义为平台作为强大的数据资源和分析服务中心, 为企业提供多维度和多层次的授权, 推动企业发展[13]。Sun Qian 等人将数据赋能创新性地引入 WEEE 收集业务生态系统, 提出了在线平台可通过结构、心理和资源赋能供应商、顾客等其他参与者, 拓展了数据赋能的应用领域[14]。关于数据赋能、数字化赋能带来什么好处, 一些研究如下: Parida 认为数据赋能能够为平台带来新的收入来源[15]。Li 等人通过对数字平台上的 7 家中小型企业进行案例研究, 发现在数字化授权的帮助下, 中小型企业提高了企业的运营效率并扩大了业务范围[16]。现有文献表明数据赋能与数字化赋能正逐渐成为推动企业转型升级和可持续发展的关键力量。

接下来本文将结合相关文献进一步研究不同行业、不同规模企业在数据赋能过程中的差异化需求和路径选择。宿昊通过构建电商平台和制造商的演化博弈模型, 发现电商平台数据赋能服务能显著影响制造商销售渠道策略选择[17]。SHEN 通过研究平台赋能能力对定价策略的影响, 得出产品价格会随着平台赋能能力的上涨而增加[18]。孙新波等人利用探索性案例研究方法, 建构了工业互联网平台赋能促进数据化商业生态系统构建机理的整合性理论模型并发现其内在机理[19]。肖迪等人研究了在平台型电商企业实施数据赋能, 且线上零售商同时投入数据应用的情境下, 零售商接受数据赋能的条件, 以及何种成本分担机制能够更好地发挥数据赋能的作用, 从而实现供应链各方的共赢[20]。邢青松等人构建了考虑数据共享和平台赋能的博弈模型并发现平台赋能成本对生态合作起到抑制作用[21]。Yuhua Zhang 和 Mengdie Hu 基于问卷调查发现, 数据赋能可以促进物流平台企业与用户之间的价值共创[22]。

综上所述, 尽管平台数据赋能领域的研究已取得显著进展, 但针对平台数据赋能情境下数据要素市场决策行为的探究仍显稀缺。目前, 关于平台型企业数据赋能的文献大多侧重于通过案例研究进行定性分析, 主要聚焦于概念及内涵的阐释, 而利用建模手段来审视平台数据赋能对数据要素市场主体运营决策影响的成果则较为罕见。本文旨在以平台赋能为核心切入点, 深刻剖析其对数据要素市场中数据供给方、需求方以及平台自身这三大主体决策行为的潜在影响机制。同时, 本文还将进一步挖掘平台赋能水平等核心要素如何塑造这三方主体的策略抉择, 并为政策制定机构及市场监管部门提供富有实践价值的洞见与参考框架。

本文的创新亮点主要体现在两个方面: 一方面, 本文从数据赋能这一新颖视角切入, 致力于揭开平台赋能的复杂面纱。通过深入挖掘平台数据赋能对数据要素市场中各个参与主体所产生的广泛而深刻的影响, 拓展了平台战略研究的理论视野。这一研究不仅帮助我们更全面地理解了平台数据赋能的多维度效应, 也为数据要素市场的健康发展提供了重要的理论支撑。另一方面, 在当前市场需求充满不确定性的环境下, 本文细致入微地剖析了平台数据赋能行为对平台数据赋能水平、数据质量等核心变量的影响机制, 并且积极探索了何种形式的数据赋能成本分担机制能够更有效地推动平台数据赋能效果的提升。这一探索不仅拓宽了平台数据赋能研究的广度与深度, 也为实践中平台如何更有效地进行数据赋能提供了宝贵的参考和启示。通过本文的研究, 我们不仅能够更好地理解平台数据赋能的内在机理, 还可以为数据要素市场的持续优化和发展提供帮助。

3. 研究问题与模型构建

3.1. 研究问题

研究一个由数据交易平台企业、数据供应方以及数据需求方构成的数据交易市场。为连结更多数据交易用户, 提高数据撮合效率, 吸引更多高质量数据提供者加入数据交易平台, 平台企业试图通过大数据等精准服务技术来提升交易服务质量, 为数据需求方和供应方提供数据赋能服务。然而, 数据赋能是否可以给平台企业带来更多收益, 数据赋能策略实施受到哪些因素影响, 数据赋能能否提高数据需求方

面的交易意愿,数据赋能能否提高数据供给方供给高质量的概率,平台企业要如何平衡数据赋能收益与成本之间的关系等诸多问题,已成为数据交易平台企业关心的重点问题。

3.2. 基本假设

假设 1: 平台企业、数据供给方、数据需求方均为有限理性主体。平台的策略集合为{采用数据赋能策略 Y, 不采用数据赋能策略 N}, 即平台向数据提供方实施数据赋能策略, 在大数据技术领域实行战略投资(包括数据获取、存储管理、挖掘分析与可视化展现等技术), 使自身具备一定的数据服务能力, 从而向数据提供方提供有偿的数据服务。数据供给方的策略集合为{提供高质量数据策略 H, 提供低质量数据策略 L}。数据需求方的策略集合为{购买数据策略 Y, 不购买数据策略 N}, 数据需求方可以根据提供的数据进行交易或不交易。

假设 2: 平台企业采用数据赋能策略的概率为 x 且满足 $(0 \leq x \leq 1)$, 不采用数据赋能策略的概率为 $1-x$; 数据供给方提供高质量数据的概率为 y 且满足 $(0 \leq y \leq 1)$, 提供低质量数据的概率 $1-y$; 数据需求方购买数据的概率为 z 且满足 $(0 \leq z \leq 1)$, 不购买数据的概率为 $1-z$ 。

假设 3: 数据供给方提供高质量数据的收益为 $r q_H$, 提供低质量数据的收益为 $r q_L$, 其中 r 为单位数据供给的收益弹性系数, q_H 为高质量数据的质量, q_L 为低质量数据的质量(满足 $q_H > q_L$)。

假设 4: 数据供给方提供高质量数据的一次性投资成本为 $\lambda \frac{q_H^2}{2}$, 提供低质量数据的一次性投资成本为 λq_L , 其中 λ 为单位数据供给投资成本系数。

假设 5: 数据需求方若选择购买高质量数据, 其将带来的相应收益为 ηq_H ; 数据需求若选择购买低质量数据, 其将带来的相应收益为 ηq_L ; 数据需求若选择不获取数据, 则带来的相应损失分别为 $-\eta q_H$ 、 $-\eta q_L$ 。

假设 6: 平台企业数据赋能的一次性投资成本为 $\frac{k \theta^2}{2}$, 其中 k 平台企业数据赋能成本系数, θ 为平台企业数据赋能水平(参考胡强[23]的研究)。

假设 7: v_F 为平台企业数据赋能的声誉收益, v_H 为高质量数据交易的平台企业声誉收益; v_L 为低质量数据交易的平台企业声誉损失; c_d 为平台企业数据交易成本; 若平台选择数据赋能, 平台为数据供给方带来收益 $f_s \theta$, 其中 f_s 为单位赋能水平变化给数据供给方带来的收益。若平台选择数据赋能, 数据需求方选择获取数据, 平台为数据需求方带来收益 $f_b \theta$, 其中 f_b 为单位数据赋能水平变化给数据需求方带来的收益。

其余模型变量及含义见表 1 所示。

Table 1. Model variables and meaning
表 1. 模型变量及其含义

q_H, q_L	数据质量(高质量下标为 H, 低质量下标为 L)
r	单位数据供给的收益弹性系数
λ	单位数据供给投资成本系数
c_b	数据需求方支付的数据交易抽成
c_s	数据供给方支付的数据挂牌费用
θ	平台企业数据赋能水平
k	平台企业数据赋能成本系数
c_d	平台企业数据交易成本

续表

f_s	单位数据赋能水平给数据供给方带来的收益
f_b	单位数据赋能水平给数据需求方带来的收益
v_F	数据赋能的平台企业声誉收益
v_H	高质量数据交易的平台企业声誉收益
v_L	低质量数据交易的平台企业声誉损失
p	数据赋能收费
η	单位数据使用的收益弹性系数

3.3. 收益矩阵建立

根据上述基本假设, 本文构建的平台、数据供给方、数据需求方之间的三方演化收益矩阵见表 2:

Table 2. The revenue matrix of the three parties in the data element market

表 2. 数据要素市场三方的收益矩阵

平台	数据供给方	数据需求方	
		获取数据(z)	不获取数据($1-z$)
数据赋能(x)	提供高品质数据(y)	$v_F + v_H + c_s + c_b + 2p - c_d - \frac{k\theta^2}{2}$	$v_F + v_H + c_s + p - \frac{k\theta^2}{2}$
		$rq_H + f_s\theta - \lambda \frac{q_H^2}{2} - c_s - p$	$f_s\theta - \lambda \frac{q_H^2}{2} - c_s - p$
		$\eta q_H + f_b\theta - c_b - p$	$-\eta q_H - f_b\theta$
	提供低品质数据($1-y$)	$v_F + c_s + c_b + 2p - v_L - c_d - \frac{k\theta^2}{2}$	$v_F + c_s + p - v_L - \frac{k\theta^2}{2}$
不数据赋能($1-x$)	提供高品质数据(y)	$rq_L + f_s\theta - \lambda q_L - c_s - p$	$f_s\theta - \lambda q_L - c_s - p$
		$\eta q_L + f_b\theta - c_b - p$	$-\eta q_L - f_b\theta$
		$v_H + c_s + c_b - c_d$	$v_H + c_s$
	提供低品质数据($1-y$)	$c_s + c_b - v_L - c_d$	$c_s - v_L$

4. 数据交易市场三方主体的演化博弈分析

4.1. 构建期望收益函数

(1) 平台的期望收益函数及复制动态方程

平台选择数据赋能的期望收益 U_1 为:

$$U_1 = yz\pi_a^{HYY} + y(1-z)\pi_a^{HNY} + (1-y)z\pi_a^{LYY} + (1-y)(1-z)\pi_a^{LNY} \quad (1)$$

平台选择不数据赋能的期望收益 U_2 为:

$$U_2 = yz\pi_a^{HYN} + y(1-z)\pi_a^{HNN} + (1-y)z\pi_a^{LYN} + (1-y)(1-z)\pi_a^{LNN} \quad (2)$$

则平台的平均期望收益为 U_x :

$$U_x = xU_1 + (1-x)U_2 \quad (3)$$

构建出平台的复制动态方程为:

$$f(x) = x(U_1 - U_x) = \frac{[-2z-2]p + k\theta^2 - 2v_F}{2} x(x-1) \quad (4)$$

(2) 数据供给方的期望收益函数及复制动态方程

数据供给方提供高质量数据的期望收益 U_3 为:

$$U_3 = xz\pi_s^{HYY} + x(1-z)\pi_s^{HNY} + (1-x)z\pi_s^{HYN} + (1-x)(1-z)\pi_s^{HNN} \quad (5)$$

数据供给方提供低质量数据的期望收益 U_4 为:

$$U_4 = xz\pi_s^{LYY} + x(1-z)\pi_s^{LNY} + (1-x)z\pi_s^{LYN} + (1-x)(1-z)\pi_s^{LNN} \quad (6)$$

则数据供给方的平均期望收益 U_y 为:

$$U_y = yU_3 + (1-y)U_4 \quad (7)$$

数据供给方的复制动态方程为:

$$f(y) = y(U_3 - U_y) = \left[\left(-\frac{q_H^2}{2} + q_L \right) \lambda + r(q_H - q_L)z \right] y(1-y) \quad (8)$$

(3) 数据需求方的期望收益函数及复制动态方程

数据需求方获取数据的期望收益 U_5 为:

$$U_5 = xy\pi_b^{HYY} + x(1-y)\pi_b^{LYY} + (1-x)y\pi_b^{HYN} + (1-x)(1-y)\pi_b^{LNY} \quad (9)$$

数据需求方不获取数据的期望收益 U_6 为:

$$U_6 = xy\pi_b^{HNY} + x(1-y)\pi_b^{LNY} + (1-x)y\pi_b^{HNN} + (1-x)(1-y)\pi_b^{LNN} \quad (10)$$

数据需求方的平均期望收益 U_z 为:

$$U_z = zU_5 + (1-z)U_6 \quad (11)$$

数据需求方的复制动态方程为:

$$f(z) = z(U_5 - U_z) = z(z-1)[-2\eta(q_H - q_L)y - 2f_b\theta x + px - 2\eta q_L + c_b] \quad (12)$$

4.2. 三方主体的策略稳定性分析

(1) 平台的策略稳定性分析

推论 1: 当 $z < z^*$ 且 $G(z) > 0$ 时, 平台采用数据赋能策略的群体随 x 的增大而将减小; 当 $z > z^*$ 时且 $G(z) < 0$ 时, 平台采用数据赋能策略的群体随 x 的增大而将增大。

证明: 平台的复制动态方程为 $f(x) = x(U_1 - U_x) = \frac{[k\theta^2 - 2(z+1)p - 2v_F]x(x-1)}{2}$ 。其关于 x 的一阶导数为 $\frac{d(f(x))}{dx} = (k\theta^2 - 2(z+1)p - 2v_F)\left(x - \frac{1}{2}\right)$ 。不妨令 $G(z) = k\theta^2 - 2(z+1)p - 2v_F$ 。根据微分方程稳定性定理, 平台选择数据赋能的概率处于稳定状态必须满足 $f(x) = 0$ 和 $\frac{d(f(x))}{dx} < 0$ 。由于 $\frac{\partial G(z)}{\partial z} < 0$, 故 $G(z)$ 是关于 z 的减函数。因此, 当 $z = \frac{k\theta^2 - 2p - 2v_F}{2p} = z^*$ 和 $G(z) = 0$ 时, $\frac{d(f(x))}{dx} \equiv 0$, 平台无法确定稳定策略; 当 $z < z^*$ 时, 则 $G(z) > 0$ 且 $\left.\frac{d(f(x))}{dx}\right|_{x=0} < 0$, 故 $x = 0$ 为平台的演化稳定策略, 即 ESS。当 $z > z^*$ 时, $G(z) < 0$, 此时 $\left.\frac{d(f(x))}{dx}\right|_{x=1} < 0$, $x = 1$ 为 ESS。证毕。

推论 1 表明: 当数据需求方数据购买概率 z 超过某个阈值 z^* 时, 由于有足够多的潜在交易机会, 平台企业可更容易撮合数据需求方和数据供应方之间的数据交易, 并获得数据赋能费以及数据交易抽成, 哪怕数据赋能需一次性投入较大成本, 但预期收益将大于预期成本, 因而其将更倾向采用数据赋能策略。当数据需求方数据购买概率 z 小于某个阈值 z^* 时, 由于没有足够多的潜在交易机会, 哪怕平台企业撮合部分数据需求方和数据供应方之间的数据交易, 并获得数据赋能费以及数据交易抽成, 但由于数据赋能需一次性投入较大成本, 预期收益将小于预期成本, 故其将更倾向不采用数据赋能策略。

(2) 数据供给方的策略稳定性分析

设 V_1 为数据供给方选择提供高质量数据的概率, 计算可得:

$$V_1 = 1 - \int_0^1 \int_0^1 \frac{\lambda q_H^2 - 2\lambda q_L}{2r(q_H - q_L)} dy dx = 1 - \frac{\lambda(q_H^2 - 2q_L)}{2r(q_H - q_L)} \quad (13)$$

推论 2: 当数据需求方法数据需求概率满足 $z < z^*$ 时, 数据供给方提供高质量数据的概率更低, 当数据需求方法数据需求概率满足 $z > z^*$ 时, 数据供给方提供高质量数据的概率更高。需求方选择购买数据的概率是数据供给方提供高质量的概率的增函数。

证明: 由于数据供给方的复制动态方程为 $f(y) = y(U_3 - U_y)$, 整理可得

$$f(y) = \left[\left(-\frac{q_H^2}{2} + q_L \right) \lambda + r(q_H - q_L)z \right] y(1-y)。$$

显然, 其关于 y 的一阶导数为

$$\frac{d(f(y))}{dy} = \left(-\frac{\lambda q_H^2}{2} + rzq_H - q_L(rz - \lambda) \right) (1-2y)。$$

令 $J(z) = (rq_H - rq_L)z - \frac{\lambda q_H^2}{2} + \lambda q_L$, 根据微分方程稳定性定理, 数据供给方选择提供高质量数据的概率必须满足 $f(y) = 0$ 和 $\frac{d(f(y))}{dy} < 0$ 。由于 $J(z)$ 是增函数, 因此 $z = \frac{\lambda q_H^2 - 2\lambda q_L}{2r(q_H - q_L)} = z^*$, $J(z) = 0$, $\frac{d(f(y))}{dy} \equiv 0$, 此时无法确定数据供给方的稳定策略; 当 $z < z^*$ 时, $J(z) < 0$, $\left.\frac{d(f(y))}{dy}\right|_{y=0} < 0$, $y = 0$ 是数据供给方的演化稳定策略, 即 ESS; 当 $z > z^*$ 时, $J(z) > 0$,

$$\left. \frac{d(f(y))}{dy} \right|_{y=1} < 0, \quad y=1 \text{ 是 ESS。证毕。}$$

推论 2 表明：当数据需求方数据购买概率 z 超过某个阈值 z^* 时，由于有足够多的潜在交易机会，哪怕存在高质量数据一次性投入成本，但高质量数据供应的预期收益将大于预期成本，因而其将更倾向采用高质量数据供应策略。当数据需求方数据购买概率 z 小于某个阈值 z^* 时，由于没有足够多的潜在交易机会，预期收益将小于预期成本，故其将更倾向于不采用高质量数据供应策略。

(3) 数据需求方的策略稳定分析

推论 3: 当 $y < y^*$ 和 $H(y) > 0$ 时，需求方选择购买数据的概率是数据供给方提供高质量的概率的增函数；当 $y > y^*$ 和 $H(y) < 0$ 时，需求方选择购买数据的概率是数据供给方提供高质量的概率的减函数。

证明：由于数据需求方的复制动态方程为， $f(z) = z(U_5 - U_z)$ ，整理可得

$$f(z) = z(z-1)[-2\eta(q_H - q_L)y - 2f_b\theta x + px - 2\eta q_L + c_b]。其关于 z 的一阶导数为：$$

$$\frac{d(f(z))}{dz} = (2z-1)(c_b + xp - 2y(q_H - q_L)\eta - 2\eta q_L - 2xf_b\theta)。我们不妨令$$

$$H(y) = c_b + xp - 2y(q_H - q_L)\eta - 2\eta q_L - 2xf_b\theta。根据微分方程稳定性定理，数据需求方选择购买数据的概$$

率必须满足： $f(z) = 0$ 且 $\frac{d(f(z))}{dz} > 0$ 。由于 $H(y)$ 是 y 的单调递减函数，因此

$$y = y^* = \frac{px + c_b - 2f_b\theta x + 2\eta q_L}{2(q_H - q_L)\eta}, \quad H(y) = 0, \quad \frac{d(f(z))}{dz} \equiv 0, \text{ 此时无法确定数据需求方的稳定策略；当 } y < y^*$$

时， $H(y) > 0$ ， $\left. \frac{d(f(z))}{dz} \right|_{z=0} < 0$ ， $z=0$ 是数据需求方的演化稳定策略，即 ESS；当 $y > y^*$ 时， $H(y) < 0$ ，

$$\left. \frac{d(f(z))}{dz} \right|_{z=1} < 0, \quad z=1 \text{ 是 ESS。证毕。}$$

推论 3 表明：当数据供给方数据供给高质量数据的概率 y 超过某个阈值 y^* 时，由于数据需求方可获得更高的数据交易收益，在其他条件不变情况下，数据需求方将更倾向购买数据策略；当数据供给方数据供给高质量数据的概率 y 小于某个阈值 y^* 时，由于存在一定的数据交易抽成，导致其购买数据的预期收益小于预期支付成本，故其将更倾向不购买数据策略。

4.3. 稳定策略求解

在三方博弈的主体中，令 $f(x) = 0, f(y) = 0, f(z) = 0$ 可得 8 个纯策略纳什均衡点

$E_1 = (0, 0, 0), E_2 = (0, 0, 1), E_3 = (0, 1, 0), E_4 = (0, 1, 1), E_5 = (1, 0, 0), E_6 = (1, 0, 1), E_7 = (1, 1, 0), E_8 = (1, 1, 1)$ 。根据数据供给方、数据需求方和平台的复制动态方程，可以得到雅可比矩阵。将均衡点 $E_1 = (0, 0, 0)$ 代入雅可比矩阵中，此时雅可比矩阵为：

$$\begin{pmatrix} -\frac{k\theta^2}{2} + p + v_F & 0 & 0 \\ 0 & \frac{(2q_L - q_H^2)\lambda}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 2\eta q_L - c_b \end{pmatrix}$$

当均衡点为 $E_1=(0,0,0)$ 时, 雅可比矩阵的特征值为: $\lambda_1=-\frac{k\theta^2}{2}+p+v_F$ 、 $\lambda_2=\frac{(2q_L-q_H^2)\lambda}{2}$ 、 $\lambda_3=2\eta q_L-c_b$ 。同理, 分别将剩余七个均衡点分别代入雅可比矩阵中, 可以得到对应特征值, 见表 3。

Table 3. Eigenvalues at each equilibrium point

表 3. 各均衡点下的特征值

均衡点	特征值 λ_1	特征值 λ_2	特征值 λ_3
$E_1=(0,0,0)$	$-\frac{k\theta^2}{2}+p+v_F$	$\frac{(2q_L-q_H^2)\lambda}{2}$	$2\eta q_L-c_b$
$E_2=(0,0,1)$	$-\frac{k\theta^2}{2}+2p+v_F$	$\frac{(2q_L-q_H^2)\lambda}{2}+r(q_H-q_L)$	$-2\eta q_L+c_b$
$E_3=(0,1,0)$	$-\frac{k\theta^2}{2}+p+v_F$	$\frac{(q_H^2-2q_L)\lambda}{2}$	$2\eta q_H-c_b$
$E_4=(0,1,1)$	$-\frac{k\theta^2}{2}+2p+v_F$	$\frac{(q_H^2-2q_L)\lambda}{2}-r(q_H-q_L)$	$-2\eta q_H+c_b$
$E_5=(1,0,0)$	$\frac{k\theta^2}{2}-p-v_F$	$-\frac{(q_H^2-2q_L)\lambda}{2}$	$2\eta q_L+2f_b\theta-c_b-p$
$E_6=(1,0,1)$	$\frac{k\theta^2}{2}-2p-v_F$	$\frac{(-q_H^2+2q_L)\lambda}{2}+r(q_H-q_L)$	$-2\eta q_L-2f_b\theta+c_b+p$
$E_7=(1,1,0)$	$\frac{k\theta^2}{2}-p-v_F$	$\frac{(q_H^2-2q_L)\lambda}{2}$	$2\eta q_H+2f_b\theta-c_b-p$
$E_8=(1,1,1)$	$\frac{k\theta^2}{2}-2p-v_F$	$\frac{(q_H^2-2q_L)\lambda}{2}-r(q_H-q_L)$	$-2\eta q_H-2f_b\theta+c_b+p$

根据李雅普诺夫间接法, 均衡点对应的 3 个特征值均为负数时, 均衡点为演化稳定策略: 均为正数时, 均衡点为不稳定点; 其中有 1 个或 2 个为正数时, 均衡点为鞍点。由此根据上述条件和假设对各个均衡点进行局部稳定性分析:

以均衡点 $E_1=(0,0,0)$ 为例, 分析满足演化稳定的条件。若均衡点 $E_1=(0,0,0)$ 是演化稳定的均衡点, 需要满足 $\lambda_1 < 0$, $\lambda_2 < 0$, $\lambda_3 < 0$ 即 $\frac{k\theta^2}{2} > p+v_F$, $\frac{\lambda q_H^2}{2} > \lambda q_L$, $c_b > 2\eta q_L$ 。因此 8 个可能稳定点的满足条件见表 4:

Table 4. The conditions for the evolution of the strategy at each stabilization point

表 4. 各稳定点下的策略演变条件

可能稳定点	策略演变条件		
$E_1=(0,0,0)$	$\frac{k\theta^2}{2} > p+v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} > \lambda q_L$	$c_b > 2\eta q_L$
$E_2=(0,0,1)$	$\frac{k\theta^2}{2} > 2p+v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2}-r q_H > \lambda q_L-r q_L$	$2\eta q_L > c_b$
$E_3=(0,1,0)$	$\frac{k\theta^2}{2} > p+v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} < \lambda q_L$	$c_b > 2\eta q_H$

续表

$E_4 = (0,1,1)$	$\frac{k\theta^2}{2} > 2p + v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} - r q_H < \lambda q_L - r q_L$	$2\eta q_H > c_b > 2\eta q_L$
$E_5 = (1,0,0)$	$\frac{k\theta^2}{2} < p + v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} > \lambda q_L$	$c_b + p > 2f_b\theta + 2\eta q_L$
$E_6 = (1,0,1)$	$p + v_F < \frac{k\theta^2}{2} < 2p + v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} - r q_H > \lambda q_L - r q_L$	$c_b + p < 2f_b\theta + 2\eta q_L$
$E_7 = (1,1,0)$	$\frac{k\theta^2}{2} < p + v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} < \lambda q_L$	$c_b + p > 2f_b\theta + 2\eta q_H$
$E_8 = (1,1,1)$	$p + v_F < \frac{k\theta^2}{2} < 2p + v_F$	$\frac{\lambda q_H^2}{2} - r q_H < \lambda q_L - r q_L$	$c_b + p < 2f_b\theta + 2\eta q_H$

5. 数值仿真分析

为了探究不同初始状态下数据需求方购买数据即交易成功完成的三方主体行为倾向和内在规律, 采用 Matlab2022b 对三方的策略选择进行仿真模拟, 具体结论如下:

在不影响相关结论分析前提下, 本部分数值仿真参数设定见表 5:

Table 5. Four scene parameter settings
表 5. 四种场景参数设置

	k	v_F	r	λ	f_b	θ	p	q_H	q_L	c_b	η
情况 1	2	1	1	1	5	5	10	10	1	5	0.5
情况 2	2	1	1	1	5	5	10	0.8	0.4	5	0.5
情况 3	2	1	1	1	5	2	2	10	1	20	10
情况 4	2	1	1	1	5	2	2	0.8	0.4	20	10

假设平台、数据供给方和数据需求方的初始意愿的变化范围设置为(0, 1), 并将三方的初始意愿变化数值分别设置为 0.1、0.5、0.8。

情况 1:

情况 1 下三方主体策略选择的演化路径见图 1, 表明: 当平台方数据赋能水平相对较大且数据赋能收费相对较高时, 此时平台一次性数据赋能投入成本大于平台采用数据赋能策略后的声誉收益以及平台向数据供给和数据需求两方收取的数据赋能费用之和, 即平台企业不采用数据赋能策略。其次, 当高质量数据和低质量数据之间的数据质量差距相对较大时, 此时数据供给方低质量数据供给的净收益小于其高质量数据供给的净收益, 即数据供给方采用提供高质量数据策略。其三, 当数据需求方支付的数据交易成本相对较低且数据需求方购买数据时的收益系数相对较小时, 此时数据需求方购买任何低质量数据的收益大于其数据交易的交易抽成成本的一半, 数据需求方依然购买低质量数据。显然, 此时三方主体演化博弈的稳定策略为(不采用数据赋能, 提供低质量数据, 购买数据)。

情况 2:

情况 2 下三方主体策略选择的演化路径见图 2, 表明: 当平台方数据赋能水平相对较大且数据赋能收费相对较高时, 此时平台一次性数据赋能投入成本大于平台采用数据赋能策略后的声誉收益以及平台向数据供给和数据需求两方收取的数据赋能费用之和, 即平台企业不采用数据赋能策略。其次, 当高质

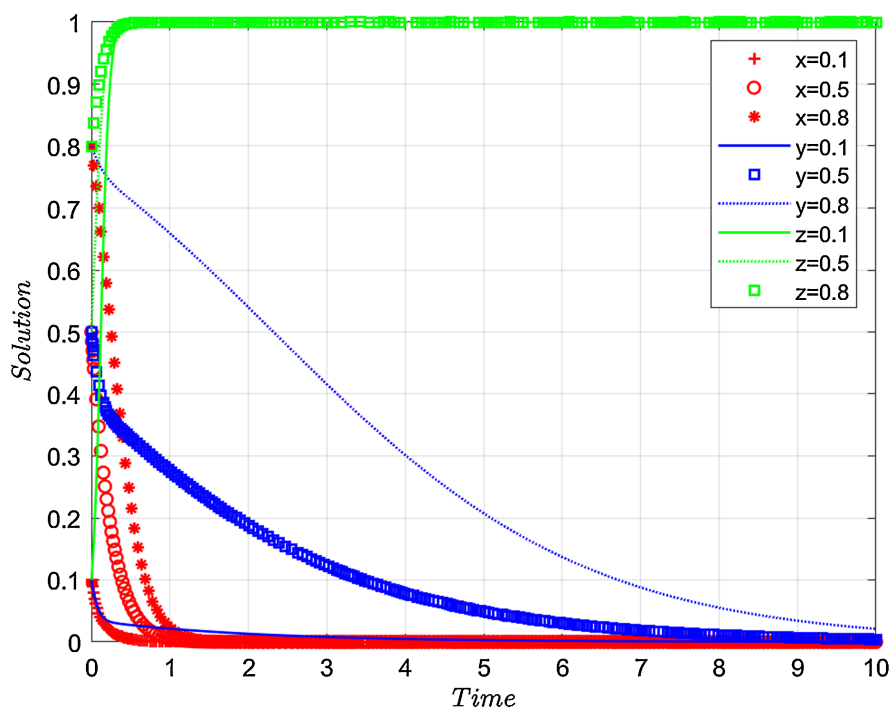


Figure 1. The evolution path of the tripartite principal strategy selection in case 1

图 1. 情况 1 下三方主体策略选择的演化路径

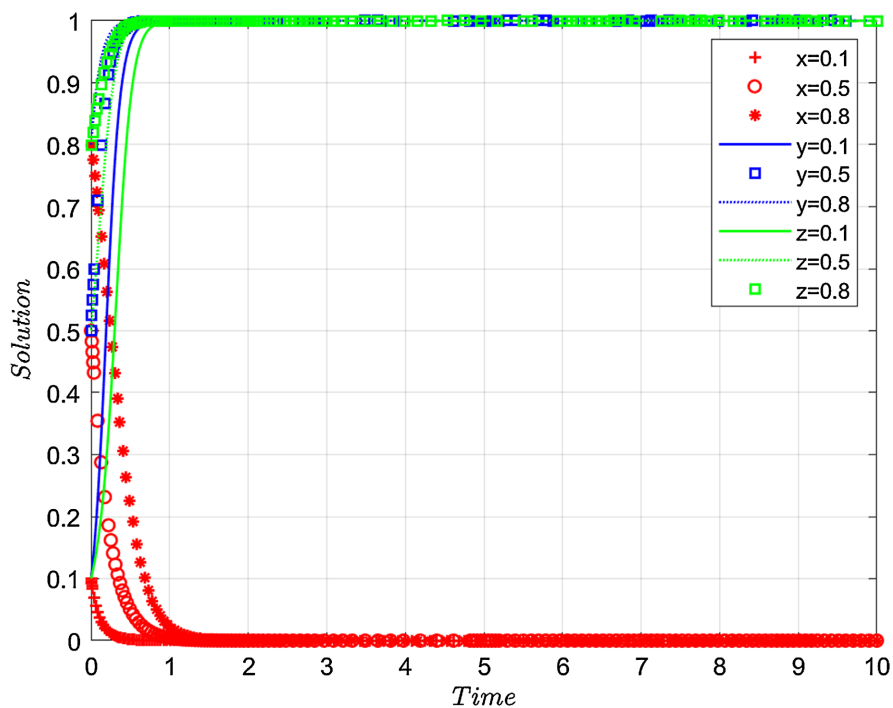


Figure 2. The evolution path of the tripartite principal strategy selection in case 2

图 2. 情况 2 下三方主体的演化路径

量数据和低质量数据之间的数据质量差距相对较小时, 此时数据供给方低质量数据供给的净收益大于其高质量数据供给的净收益, 即数据供给方采用提供低质量数据策略。其三, 当数据需求方支付的数据交

易成本相对较低且数据需求方购买数据时的收益系数相对较小时, 此时数据需求方购买任何低质量数据的收益大于其数据交易的交易抽成成本的一半, 数据需求方依然购买低质量数据。显然, 此时三方主体演化博弈的稳定策略为(不采用数据赋能, 提供高质量数据, 购买数据)。

情况 3:

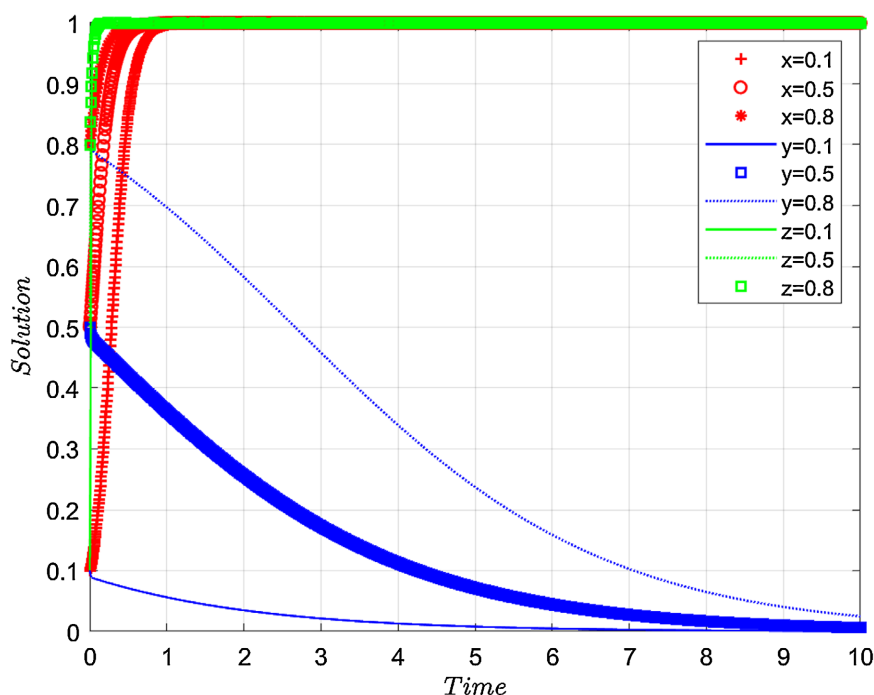


Figure 3. The evolution path of the tripartite principal strategy selection in case 3
图 3. 情况三下三方主体的演化路径

情况 3 下三方主体策略选择的演化路径见图 3, 表明: 当平台方数据赋能水平相对较小且数据赋能收费较小, 此时平台一次性数据赋能投入成本大于数据赋能声誉收益以及平台向数据供给方收取的数据赋能费用的总和。因此, 平台企业将采用数据赋能策略。其次, 由于高质量数据和低质量数据之间的数据质量差距相对较大, 此时数据供给方低质量数据提供的净收益大于其高质量数据供给的净收益, 故数据供给方采用低质量数据供给策略。其三, 由于数据需求方完成数据交易的成本相对较大, 但由于数据需求方购买数据时的收益系数也相对较大, 进而导致 2 倍的数据供给方数据交易收益和数据赋能收益的总和大于其低质量数据交易成本和数据赋能收费的总和。因此, 数据需求方依然购买低质量数据。显然, 此时三方主体演化博弈的稳定策略为(数据赋能, 提供低质量数据, 购买数据)。

情况 4:

情况 4 下三方主体策略选择的演化路径见图 4, 表明: 同理, 当平台方数据赋能水平相对较小且数据赋能收费较小, 此时平台一次性数据赋能投入成本大于数据赋能声誉收益以及平台向数据供给方收取的数据赋能费用的总和。因此, 平台企业将采用数据赋能策略。其次, 由于高质量数据和低质量数据之间的数据质量差距相对较小, 此时数据供给方低质量数据提供的净收益小于其高质量数据供给的净收益, 故数据供给方采用高质量数据供给策略。其三, 由于数据需求方完成数据交易的成本相对较大, 但由于数据需求方购买数据时的收益系数也相对较大, 进而导致 2 倍的数据供给方数据交易收益和数据赋能收益的总和大于其低质量数据交易成本和数据赋能收费的总和。因此, 数据需求方依然购买低质量数据。

显然, 此时三方主体演化博弈的稳定策略为(数据赋能, 提供高质量数据, 购买数据)。

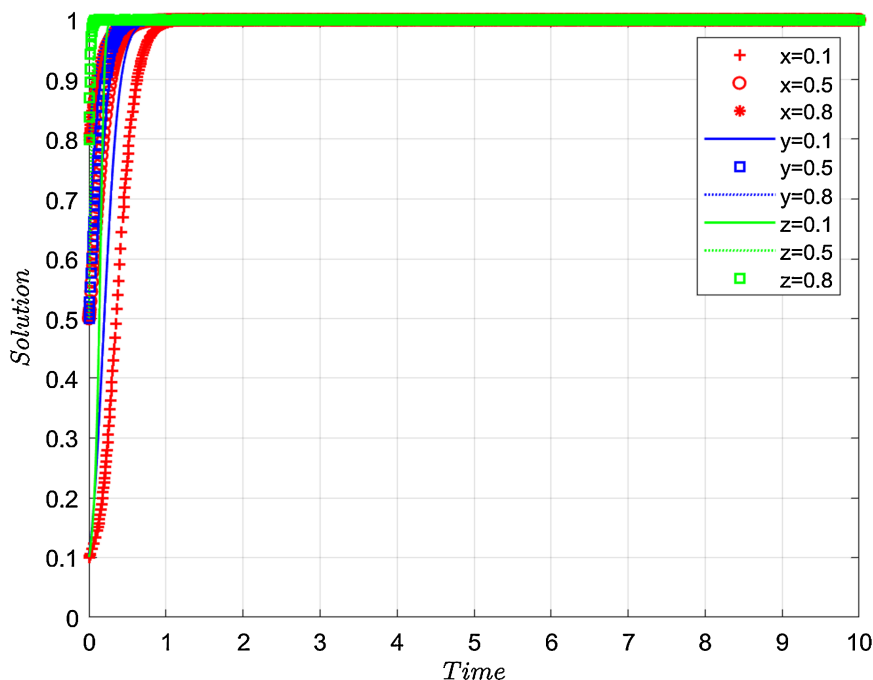


Figure 4. The evolution path of the tripartite principal strategy selection in case 4

图 4. 情况 4 下三方主体的演化路径

综上可知, 若想实现(数据赋能, 提供高质量数据, 购买数据)的良好数据交易生态, 有以下两种实现路径: 路径一: 情况一 - 情况二 - 情况四。路径产生原因是下列参数发生改变: 当 $q_H = 10, q_L = 1$ 二者参数取值变为 $q_H = 0.8, q_L = 0.4$ 时, 数据供给方选择高质量策略; 当 $\theta = 5, p = 10, c_b = 5, \eta = 0.5$ 四者参数取值变为 $\theta = 2, p = 2, c_b = 20, \eta = 10$ 时, 平台选择采取数据赋能策略, 最后三方主体达到最优均衡状态。路径二: 情况一 - 情况三 - 情况四。路径产生原因是下列参数发生改变: 当 $\theta = 5, p = 10, c_b = 5, \eta = 0.5$ 四者参数取值变为 $\theta = 2, p = 2, c_b = 20, \eta = 10$ 时, 平台选择采取数据赋能策略; 当 $q_H = 10, q_L = 1$ 二者参数取值变为 $q_H = 0.8, q_L = 0.4$ 时, 最后三方主体达到最优均衡状态。

综上首先可知, 过高的数据赋能收费和数据赋能水平均不利于平台企业数据赋能策略的实施, 适度的数据赋能收费和数据赋能水平时, 平台企业将采用数据赋能策略的采用。其次可知, 当高质量数据和低质量数据之间的数据质量差距相对较小时, 数据供给方将提供高质量数据, 反之其将提供低质量数据。

6. 结语

本研究基于前人研究, 将平台、数据供需方视为数据要素市场的核心主体。考虑数据赋能、数据质量等重要因素, 构建了三方成本收益模型, 并利用 matlab 进行仿真模拟。结果显示, 八个均衡点对应的条件下均成立。但是, 三方主体的策略选择不同, 演化路径也不同。此时, 通过建立演化博弈模型并进行数值仿真模拟可以得到如下结论:

(1) 平台企业的数据赋能策略选择受多维度因素协同影响, 决策过程中应重点关注三方面: 其一, 通过流程优化等方式降低数据清洗、标注等环节的边际成本, 优化成本结构以突破赋能阈值; 其二, 建立市场需求敏感度模型, 动态调整赋能水平, 维持市场竞争优势; 其三, 构建购买概率动态监测系统, 当

数据需求方购买概率突破临界值时启动赋能策略, 低于阈值时则采取成本控制预案, 实现风险收益平衡。

(2) 数据供给方的高质量策略选择呈现显著成本敏感性特征, 其供给概率与数据质量差异系数呈负相关关系。数据供给方可以通过以下方式来提高提供高质量策略的概率: 探索降低高质量数据生产成本的途径, 如采用更高效的技术工具、优化流程管理等; 积极争取政府支持和参与行业标准制定, 以获得政策优惠、资金支持和技术指导等方面的帮助, 同时推动行业内的数据质量提升。

(3) 良性数据交易生态的形成依赖各主体的策略协同: 平台企业应构建“低赋能水平 - 合理收费 - 高抽成比例”的运营模式; 数据供给方需通过标准化建设缩小质量差异, 建立质量认证体系提升高质量数据溢价能力。

除此之外, 企业还应加快数字化转型步伐, 利用平台提供的技术和资源支持, 提高效率; 政府应加强对平台经济的监管和引导, 推动平台经济健康有序发展。综上所述, 良好数据交易生态需要平台、供需双方、企业、市场和政府等多方面的共同努力和协作。

基金项目

江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX23_0941)。

参考文献

- [1] Xiao, D., Kuang, X. and Chen, K. (2020) E-Commerce Supply Chain Decisions under Platform Digital Empowerment-Induced Demand. *Computers & Industrial Engineering*, **150**, Article ID: 106876. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106876>
- [2] Grewal, D., Roggeveen, A.L. and Nordfält, J. (2017) The Future of Retailing. *Journal of Retailing*, **93**, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2016.12.008>
- [3] van Praag, C.M. (1999) Some Classic Views on Entrepreneurship. *De Economist*, **147**, 311-335. <https://doi.org/10.1023/a:1003749128457>
- [4] 王伟玲. 中国数据要素市场体系总体框架和发展路径研究[J]. 电子政务, 2023(7): 2-11.
- [5] Huang, L., Dou, Y., Liu, Y., Wang, J., Chen, G., Zhang, X., et al. (2021) Toward a Research Framework to Conceptualize Data as a Factor of Production: The Data Marketplace Perspective. *Fundamental Research*, **1**, 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2021.08.006>
- [6] Liang, F., Yu, W., An, D., Yang, Q., Fu, X. and Zhao, W. (2018) A Survey on Big Data Market: Pricing, Trading and Protection. *IEEE Access*, **6**, 15132-15154. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2806881>
- [7] 吕指臣, 卢延纯, 张晓明. 公共数据的定价机制和成本构成研究[J/OL]. 价格月刊, 1-11. <https://link.cnki.net/urlid/36.1006.F.20250124.0851.002>, 2025-01-10.
- [8] Nason, S.D. (2010) Free: The Future of a Radical Price. *Journal of Revenue and Pricing Management*, **9**, 479-480. <https://doi.org/10.1057/rpm.2010.24>
- [9] Attard, J., Orlandi, F. and Auer, S. (2017) Exploiting the Value of Data through Data Value Networks. *Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, New Delhi, 7-9 March 2017, 475-484. <https://doi.org/10.1145/3047273.3047299>
- [10] Fernandez, R.C., Subramaniam, P. and Franklin, M.J. (2020) Data Market Platforms: Trading Data Assets to Solve Data Problems. *Proceedings of the VLDB Endowment*, **13**, 1933-1947. <https://doi.org/10.14778/3407790.3407800>
- [11] Reviglio, U. (2022) The Untamed and Discreet Role of Data Brokers in Surveillance Capitalism: A Transnational and Interdisciplinary Overview. *Internet Policy Review*, **11**, No. 3. <https://doi.org/10.14763/2022.3.1670>
- [12] Feng, Z., Yu, S. and Zhu, Y. (2023) Towards Personalized Privacy Preference Aware Data Trading: A Contract Theory Based Approach. *Computer Networks*, **224**, Article ID: 109637. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.109637>
- [13] Jiang, Y., Zhao, X. and Zhai, L. (2023) Digital Empowerment to Improve the Operational Profitability in E-Commerce Supply Chain. *Electronic Commerce Research and Applications*, **58**, Article ID: 101253. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101253>
- [14] Sun, Q., Wang, C., Zuo, L. and Lu, F. (2018) Digital Empowerment in a WEEE Collection Business Ecosystem: A Comparative Study of Two Typical Cases in China. *Journal of Cleaner Production*, **184**, 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.114>

-
- [15] Parida, V., Sjödin, D. and Reim, W. (2019) Reviewing Literature on Digitalization, Business Model Innovation, and Sustainable Industry: Past Achievements and Future Promises. *Sustainability*, **11**, Article 391. <https://doi.org/10.3390/su11020391>
- [16] Li, L., Su, F., Zhang, W. and Mao, J. (2017) Digital Transformation by SME Entrepreneurs: A Capability Perspective. *Information Systems Journal*, **28**, 1129-1157. <https://doi.org/10.1111/isj.12153>
- [17] 宿昊. 电商平台数字赋能下制造商渠道选择博弈研究[J]. 全国流通经济, 2024(1): 92-96.
- [18] Shen, Y., Willems, S.P. and Dai, Y. (2019) Channel Selection and Contracting in the Presence of a Retail Platform. *Production and Operations Management*, **28**, 1173-1185. <https://doi.org/10.1111/poms.12977>
- [19] 孙新波, 张明超, 王永霞. 工业互联网平台赋能促进数据化商业生态系统构建机理案例研究[J]. 管理评论, 2022, 34(1): 322-337.
- [20] 肖迪, 陈瑛, 王佳燕, 等. 考虑平台数据赋能的电商供应链成本分担策略选择研究[J]. 中国管理科学, 2021, 29(10): 58-69.
- [21] 邢青松, 陈佑琳, 邓富民. 考虑数据共享和平台赋能的智能制造生态合作策略演化[J]. 软科学, 2024, 38(7): 135-144.
- [22] Zhang, Y. and Hu, M. (2021) Research on the Relationship between Data Empowerment and Service Innovation Capability of Logistics Platform Enterprise. *Mathematical Problems in Engineering*, **2021**, Article ID: 9974585. <https://doi.org/10.1155/2021/9974585>
- [23] 胡强, 谢家平, 张广思. 电商平台与竞争性商家数据赋能策略研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-14. <http://www.zggkx.com/CN/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.1414>, 2025-01-10.