

基于三方演化博弈的零售企业数字化转型行为分析

梅 茜

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年5月24日; 录用日期: 2023年7月24日; 发布日期: 2023年8月1日

摘 要

中国零售业的转型升级取得了明显进展, 但数字化程度低的问题仍然突出。因此, 本研究构建了政府、技术提供商和零售企业的三方演化博弈模型, 并分析了每个博弈主体的战略选择和系统均衡点的稳定性。此外, 通过数值模拟验证和分析了模型的有效性以及各种因素对系统的影响。研究表明: 企业是否进行全面的数字化转型取决于数字化转型策略的收益; 收益越大, 企业就越积极。普惠金融、低成本融资对三方博弈主体政府、企业、技术提供商都起到了积极的作用, 随着金融机构批准贷款概率的提高, 可以有效促进企业数字化转型。上级政府采取高奖励、高处罚的方式, 可以有效鼓励地方政府积极推进数字化转型。

关键词

演化博弈, 零售企业, 数字化转型

Digital Transformation Behavior Analysis of Retail Enterprises Based on Three-Way Evolution Game

Qian Mei

School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: May 24th, 2023; accepted: Jul. 24th, 2023; published: Aug. 1st, 2023

Abstract

The transformation and upgrading of China's retail industry has made significant progress, but the

problem of low degree of digitalization is still prominent. Therefore, this study constructs a tripartite evolutionary game model of government, technology provider and retail enterprise, and analyzes the strategic choice and stability of the system equilibrium point of each game subject. In addition, the effectiveness of the model and the influence of various factors on the system are verified and analyzed by numerical simulation. The results show that whether enterprises carry out comprehensive digital transformation depends on the benefits of digital transformation strategy. The greater the revenue, the more aggressive the business. Inclusive finance and low-cost financing have played a positive role in the government, enterprises and technology providers of the three-party game, and can effectively promote the digital transformation of enterprises with the increase of loan probability. High-level governments can effectively encourage local governments to actively promote digital transformation.

Keywords

Evolutionary Game, Retail Enterprise, Digital Transformation

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

在数字经济时代,云计算、BIM、大数据、人工智能、机器人和区块链等数字技术正在逐渐颠覆和改变全球商业实践和程序[1]。面对数字时代的冲击[2],各国都在出台相关政策来应对,通过数字化转型促进城市 and 产业发展是世界范围内的大势所趋[3][4]。零售业作为商品流通的终端环节,是国民经济的先导产业和基础产业。根据埃森哲 2022 年发布的《中国企业数字转型指数研究报告》,由于多重因素带来的冲击下,数字化转型成为了零售企业发展、应对挑战的首要战略。然而大多数企业却深陷数字化转型困境,高昂的成本、以及收益的不确定性使得企业望而却步。

Rana Mostaghel 等学者基于印度零售业的实证数据[5],探讨了数字化转型对零售企业业务和运营的影响。研究表明,数字化转型可以提高零售企业的效率、降低成本、改善客户体验,并带来更高的收益和市场份额。董璐燕等学者基于 76 家上市零售企业数据和渠道集中度视角,通过实证研究发现零售企业数字化转型有利于改善其经营绩效,增强其盈利和资金筹划能力[6]。Dmitry Plekhanov 等学者使用新颖的多层框架对 537 篇同行评审学术文章的数据库进行分析。该框架分为三个层次:组织的核心活动、外围活动和外部环境。研究发现,在数字化转型方面能走得更远的公司会更更多地嵌入到业务边界不明确的平台生态系统中[7]。刘畅等学者通过实证分析数字化转型对制造业企业绿色创新效率的影响及机制。实证发现数字化转型能显著提升制造业企业的绿色创新效率,此外,在国有企业和重污染企业样本中影响更为显著[8]。众多学者的研究成果均证实了在数字时代和新冠疫情的冲击下数字化转型对于企业的重要性。然而零售企业在数字化转型方面两极分化严重。

由于资金不足、成本高、数字化转型基础薄弱,中小零售企业面临不知道如何转型、没钱转型、不敢转型的困境[9]。由于业务线多、项目分布广、组织规模大,大型零售企业在转型什么、如何转型、如何选择转型体系等方面面临困惑。此外,市场上能够为零售企业数字化转型提供专业化服务和解决方案的专业企业并不多,缺乏成熟的方案[10]。所有这些问题都阻碍了零售业数字经济的快速发展。因此,探讨如何解决零售业数字化转型问题,有效促进行业数字经济发展,具有重要的现实意义。

数字化转型对于零售企业而言是一个全面、持续、深刻的过程，需要从组织架构、流程、技术等多个层面进行调整和变革。而演化博弈理论可以为数字化转型决策提供有用的指导。该理论认为[11]，企业之间的竞争是一个动态的过程，其中每个企业都试图适应市场需求和技术进步，以保持其竞争优势。演化博弈可以在有限理性的前提下体现，博弈各方通过复制动态机制慢慢学习，最终达到动态均衡过程。因此，越来越多的学者开始将演化博弈应用到数字化转型分析中。徐红丹等[12]考虑了政府补贴的作用，构建了制造业的演化博弈模型，发现政府补贴的强度对制造业数字化转型的战略演化结果有显著影响。同样，樊自甫等[13]利用演化博弈模型证明了政府补贴能够有效激励制造企业进行数字化转型，但只有达到一定阈值后才能发挥作用。杨磊等[14]运用演化博弈论对中小企业数字化转型进行了分析，证明政府通过适当增加对服务提供者的补贴和完善服务提供者的社会责任评价体系，实施科学的奖惩机制，有利于中小企业的数字化转型。国内外鲜有将演化博弈论应用于零售业数字化转型的研究上，也缺乏对数字化转型的组织内部驱动力和角色行为因素进行探讨。根据演化博弈模型理论，群体行为往往决定了组织的最终选择。因此，为了弥补这些研究空白，本研究基于演化博弈研究方法，考虑技术提供商的作用和金融机构对零售企业数字化转型可获得的金融支持的影响，构建了包括零售企业、技术提供商和政府在内的三方演化博弈模型。采用数值仿真方法验证了变量参数改变自身的数字化转型战略的机制，为我国零售业数字化转型路径选择和政策制定提供理论依据和建议。

2. 零售企业数字化转型的演化博弈模型构建

2.1. 问题描述

随着科技进步与互联网的发展，中国的零售业正在经历一场史无前例的变革，行业格局正以前所未有的速度被新技术、新业态和新商业模式所颠覆和改造。零售行业正上演着可能是程度最为激烈的市场竞争，同时也孕育着众多锐意求变、数字化能力位于时代前沿的领先企业。零售企业数字化进程可以大致划分为四大阶段：信息化、线上化、数智化、平台化，见图 1。多数零售企业的数字化建设仍聚焦于前端渠道和流量运营，而价值链中上游、改造难度更高的领域，仍是数字化“短板”。零售企业数字化并不是简单的线上渠道布局，更重要的是其背后企业核心运营能力的全链路数字化改造。

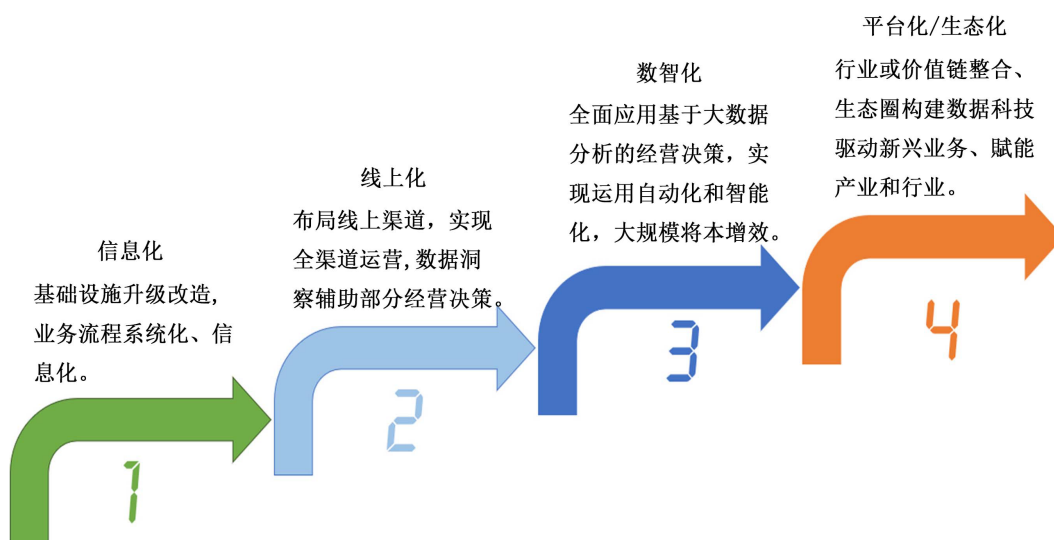


Figure 1. Retail digital transformation phase
图 1. 零售业数字化转型阶段图

为了促进零售业的数字化转型，政府向数字化转型企业和相关技术供应商提供各种税收优惠。政府还支持金融机构积极参与零售业的数字化转型，并鼓励金融机构为数字化转型公司提供全面的融资，包括通过低息贷款，以解决与零售公司财务集中有关的融资挑战，减轻金融聚集对于零售企业的融资约束。基于此，本研究从零售企业数字化转型的双路径视角构建了政府、技术提供商、企业三方博弈模型。在金融机构提供普惠金融方面，还考虑了政府指导的协同作用。每个博弈参与者的关系见图 2。具体来说，随着越来越多的企业进行数字化转型，企业之间的协同效益增加，技术提供商的市场规模扩大。服务提供商获得市场利益，进而推动更多企业的数字化转型。这促进了行业数字化转型，加速当地数字经济发展，最终实现生态共赢。

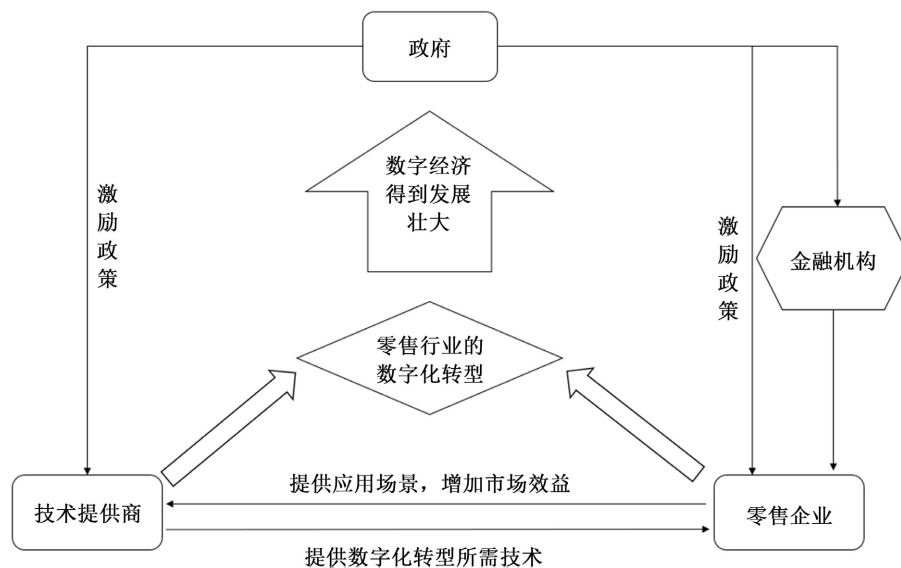


Figure 2. Evolutionary game models of governments, enterprises, and technology providers
图 2. 政府、企业、技术提供商的演化博弈模型

2.2. 模型假设

假设 1: 基本假设在零售企业数字化转型关键参与者行为演化博弈模型中，关键参与者包括三方：零售企业、技术提供商和政府。在信息不完全和不对称的情况下，假设博弈中的每个参与者都是具有学习能力的有限理性群体。随着时间的推移，参与者的策略选择逐渐向最优策略演化。其中零售企业为参与者 1，技术提供商为参与者 2，政府为参与者 3。

假设 2: 假设零售企业、技术提供者 and 政府有两种战略选择。零售企业的策略集为(数字化转型，不数字化转型)，概率分别为 $x(x \in [0,1])$ 和 $1-x$ 。技术提供商的策略集为(合作，不合作)，概率分别为 $y(y \in [0,1])$ 和 $1-y$ 。政府的策略集为(积极推广，不参与推广)，概率分别为 $z(z \in [0,1])$ 和 $1-z$ 。

假设 3: 假设零售企业在选择不进行数字化转型策略时将获得收益 R_N ；当零售企业选择数字化转型策略时，将获得 R_D 的收益，并且当零售企业进行数字化转型时，将获得政府支持的技术补贴，退税金额为 aT (a 为退税比例， T 为税额)，零售企业在数字化转型中需要投入的成本是 C_E 。如果技术提供商选择合作策略，企业则必须额外支付 ωR_D 的技术更新和维护费用，(ω 为成本效益系数即收取的费用占增加收入的比例)。若技术商不选择提供合作策略，则零售企业还需支出额外的研发成本 C_Y 。为促进企业数字化转型，政府引导金融企业在对企业资质和项目进行综合评价后，以一定的概率向零售企业提供贷款 θL (θ 为贷款概率系数)。

假设 4: 只要零售企业进行数字化转型策略, 技术提供商都可以获得 R_p 的直接收益。此外, 技术提供商选择不合作的成本是 C_{PN} , 选择合作的成本是 C_{PD} 。当政府积极推动时, 政府会提供补贴 βM_D 来鼓励技术提供商, (β 为政府对技术提供商的补贴系数)。零售企业数字化转型后, 由于应用场景的扩大, 技术提供商的市场影响力扩大, 产生了市场效用 U_D 。

假设 5: 在积极促进政策下, 地方政府支付的监督、宣传、推广和指导费用为 C_z ; 对零售企业的退税补贴和对技术提供商的支持成本是 αM 、 βM 。零售企业全面数字化转型后, 当地零售企业数字经济发展带来的额外社会效益(税收、就业、投资)为 R_z , 而获得上级表扬的效用 F 。在不参与推广策略下, 当地政府因零售企业未进行数字化转型而受到上级主管部门的处罚 W 。各变量的描述见表 1。

Table 1. Variable description table

表 1. 变量描述表

变量	变量描述
x	零售企业数字化转型的概率
y	技术提供商的参与合作的概率
z	政府实施积极推广策略的概率
R_D	当企业选择进行数字化转型时, 企业获得的收益
R_N	当企业选择不进行数字化转型时, 企业获得的收益
α	退税比例
T	税额
C_E	企业在数字化转型中需投入的金额
C_Y	企业在数字化转型中研发成本
C	企业基本运营成本
ω	成本效益系数
θ	贷款的概率系数
L	贷款总额
R_p	企业选择数字化转型方案, 技术提供者获得的直接利益。
C_{PN}	技术提供商选择不合作的成本
C_{PD}	技术提供商选择合作的成本
β	政府给技术提供商的补贴系数
M_D	技术提供商选择合作的纳税额
U_D	技术提供商的市场效应
C_z	政府监督、宣传、推广的成本
R_z	当地零售业数字化转型获得的额外社会效益
F	上级政府颁发的奖金
W	地方政府受到上级部门的处罚

2.3. 收益矩阵

根据上述假设, 构建了企业、技术提供商和政府三方参与者的演化博弈模型。第一行函数表示企业

的收入，第二行函数表示技术提供商的收入，第三行函数表示政府的收入。三个参与者不同决策行为组合的收益矩阵如表 2 所示。

Table 2. The payment matrix

表 2. 收益矩阵表

企业技术提供商		政府	
		积极推广	不参与推广
数字化转型	合作	$R_D - \omega R_D - C_E + \alpha T + \theta L$	$R_D - \omega R_D - C_E + \theta L$
		$\omega R_D + R_p - C_{PD} + \beta M_D + U_D$	$\omega R_D + R_p - C_{PD} + U_D$
	不合作	$F + R_z - C_z - \alpha T - \beta M_D$	R_z
		$R_D - C_E - C_Y + \alpha T + \theta L$	$R_D - C_E - C_Y + \theta L$
不数字化转型	合作	$R_p - C_{PN} + U_D$	$R_p - C_{PN} + U_D$
		$F - C_z - \alpha T$	0
	不合作	0	0
		$\beta M_D - C_{PD}$	$-C_{PD}$
	合作	$-C_z - \beta M_D$	$-W$
		0	0
	不合作	$-C_{PN}$	$-C_{PN}$
		$-C_z$	$-W$

3. 零售企业数字化转型的演化博弈模型分析

3.1. 三方演化博弈的复制动态方程

根据企业、技术提供商和政府博弈模型的基本假设和收益矩阵，企业选择数字化转型战略的概率为 x ，选择非数字化转型战略的可能性为 $1-x$ 。两种企业战略的预期值分别用 E_{11} 和 E_{12} 表示，并且平均值被符号化为 E_1 。

$$E_{11} = yz(R_D - \omega R_D - C_E + \alpha T + \theta L) + y(1-z)(R_D - \omega R_D - C_E + \theta L) + z(1-y)(R_D - C_E - C_Y + \alpha T + \theta L) + (1-z)(1-y)(R_D - C_E - C_Y + \theta L) \tag{1}$$

$$E_{12} = 0 \tag{2}$$

$$E_1 = xE_{11} + (1-x)E_{12} \tag{3}$$

根据收益矩阵，技术提供商的两种策略的期望值分别用 E_{21} 和 E_{22} 表示，平均值用 E_2 表示。

$$E_{21} = xz(\omega R_D + R_p - C_{PD} + \beta M_D + U_D) + x(1-z)(\omega R_D + R_p - C_{PD} + U_D) + z(1-x)(\beta M_D - C_{PD}) + (1-x)(1-z)(-C_{PD}) \tag{4}$$

$$E_{22} = xz(R_p - C_{PN} + U_D) + x(1-z)(R_p - C_{PN} + U_D) + z(1-x)(-C_{PN}) + (1-x)(1-z)(-C_{PN}) \tag{5}$$

$$E_2 = yE_{21} + (1-y)E_{22} \tag{6}$$

同样，政府选择主动促销策略的预期收益为 E_{31} ，而被动促销策略的预计收益为 E_{32} 。平均预期收益用 E_3 表示。然后， E_{31} 、 E_{32} 和 E_3 被计算如下：

$$E_{31} = xy(F + R_z - C_z - \alpha T - \beta M_D) + x(1-y)(F - C_z - \alpha T) + y(1-x)(-C_z - \beta M_D) + (1-x)(1-y)(-C_z) \tag{7}$$

$$E_{32} = xyR_z - y(1-x)W - (1-y)(1-x)W \quad (8)$$

$$E_3 = zE_{31} + (1-z)E_{32} \quad (9)$$

3.2. 三方演化博弈的均衡点及稳定性分析

3.2.1. 零售企业的动态复制方程

根据零售企业数字化转型中关键参与者行为的模型构建和解决策略，可以得出零售企业数字化转型战略和非数字化转型战略的预期值如下：

$$E_{11} = R_D - C_Y - C_E + \theta L + yC_Y + \alpha Tz - \omega R_D y \quad (10)$$

$$E_{12} = 0 \quad (11)$$

$$E_1 = x(R_D - C_Y - C_E + \theta L + yC_Y + \alpha Tz - \omega R_D y) \quad (12)$$

根据方程，可以得到企业的动态复制方程 $F(x)$ 如下：

$$\begin{aligned} F(x) &= \frac{dx}{dt} = x(E_{11} - E_1) = x(1-x)(E_{11} - E_{12}) \\ &= x(1-x)(R_D - C_Y - C_E + \theta L + yC_Y + \alpha Tz - R_D y \omega) \end{aligned} \quad (13)$$

3.2.2. 技术提供商的动态复制方程

根据技术提供商在数字化转型中行为的模型构建和解决策略，可以得出技术提供商合作战略和不合作战略的预期值如下：

$$E_{21} = R_p x - C_{PD} + U_D x + \beta M_D z + \omega R_D x \quad (14)$$

$$E_{22} = R_p x - C_{PN} + U_D x \quad (15)$$

$$E_2 = y(C_{PN} - C_{PD}) - C_{PN} + (R_p + U_D)x + \beta M_D yz + \omega R_D xy \quad (16)$$

根据方程，可以得到技术提供商的动态复制方程 $F(y)$ 如下：

$$\begin{aligned} F(y) &= \frac{dy}{dt} = y(E_{21} - E_2) \\ &= (1-y)y(C_{PN} - C_{PD} + \beta M_D z + \omega R_D x) \end{aligned} \quad (17)$$

3.2.3. 政府的动态复制方程

根据政府在企业数字化转型中行为的模型构建和解决策略，可以得出政府积极推广战略和不参与推广战略的预期值如下：

$$E_{31} = Fx - C_z - \beta M_D y - \alpha Tx + R_z xy \quad (18)$$

$$E_{32} = Wx - W + R_z xy \quad (19)$$

$$E_3 = W(x-1+z-xz) - zC_z + Fxz + R_z xy - \beta M_D yz - \alpha Txz \quad (20)$$

根据方程，可以得到技术提供商的动态复制方程 $F(z)$ 如下：

$$F(z) = z(z-1)(C_z - W + Wx - Fx + \beta M_D y + \alpha Tx) \quad (21)$$

设置动态复制方程 $F(x, y, z) = 0$ 。然后，可以获得八个平衡点， $E_1(0,0,0), E_2(1,0,0), E_3(0,1,0), E_4(0,0,1), E_5(1,1,0), E_6(1,0,1), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1)$

3.2.4. 稳定性分析

由于平衡点不是完全的演化稳定策略，因为进化稳定策略还必须具有抵抗有限理性引起的误差或偏

差的能力。因此，为了探索三方演化稳定策略，使用雅可比矩阵来确定进化系统的平衡点是否稳定。

$$\begin{bmatrix} -(2x-1)(R_D - C_Y - C_E + \theta L + yC_Y + \alpha Tz - \omega R_D y) & -x(C_Y - \omega R_D)(x-1) & \alpha T x(1-x) \\ \omega R_D y(1-y) & (1-2y)(C_{PN} - C_{PD} + \beta M_D z + \omega R_D x) & \beta M_D y(1-y) \\ z(z-1)(W - F + \alpha T) & \beta M_D z(z-1) & (2z-1)(C_z - W + Wx - Fx + \beta M_D y + \alpha T x) \end{bmatrix} \quad (22)$$

根据上述雅可比矩阵的特征值分析每个平衡点的稳定性。在本研究中，采用了 Lyapunov 确定方法，如下所示：1) 如果所有特征值都有负实部，则它是进化稳定点(ESS)。2) 当至少一个特征值具有正实部或实部符号无法确定时，它是一个不稳定点。3) 如果某些特征值为零，但其余特征值为负实部，且处于临界状态时，就称之为鞍点。每个平衡点的特征值如表 3 所示。

Table 3. The table of eigenvalues
表 3. 特征值表

平衡点	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$
(0, 0, 0)	$(W - C_z, C_{PN} - C_{PD}, R_D - C_Y - C_E + \theta L)$
(1, 0, 0)	$(F - C_z - \alpha T, C_{PN} - C_{PD} + \omega R_D, C_E + C_Y - R_D - \theta L)$
(0, 1, 0)	$(C_{PD} - C_{PN}, W - C_z - \beta M_D, R_D - C_E + \theta L - \omega R_D)$
(0, 0, 1)	$(C_z - W, C_{PN} - C_{PD} + \beta M_D, R_D - C_Y - C_E + \alpha T + \theta L)$
(1, 1, 0)	$(C_{PD} - C_{PN} - \omega R_D, C_E - R_D - \theta L + \omega R_D, F - C_z - \beta M_D - \alpha T)$
(1, 0, 1)	$(C_z - F + \alpha T, C_{PN} - C_{PD} + \beta M_D + \omega R_D, C_E + C_Y - R_D - \alpha T - \theta L)$
(0, 1, 1)	$(C_z - W + \beta M_D, C_{PD} - C_{PN} - \beta M_D, R_D - C_E + \alpha T + \theta L - \omega R_D)$
(1, 1, 1)	$(C_z - F + \alpha T - \beta M_D, C_{PD} - C_{PN} - \beta M_D - \omega R_D, C_E - R_D - \alpha T - \theta L + \omega R_D)$

基于上表中每个平衡点对应的雅可比矩阵特征值表达式，可以在以下三种情况下区分每个平衡点的稳定性。

情况 1 当满足条件 $W < C_z, C_{PN} < C_{PD}, R_D + \theta L < C_Y + C_E$ 时，平衡点(0, 0, 0)达到稳定。

在初始状态下，由于高昂的成本和对未来的不确定性，博弈中的三方都选择保持原始状态，这意味着预期的成本大于收益。具体而言，政府被处以的罚款低于推广、推广的成本，或者上级政府的奖励低于推广成本。此外，企业选择数字化转型的收益和低息贷款的总和小于数字化转型成本。上述情况将导致稳定的战略组合(非数字化转型、不合作、不参与推广)。也就是说，零售业不会经历全面的数字化转型。这也表明，要促进零售业的数字化转型，首要目标应该是解决企业建设数字基础设施的问题，并获得将这一数字技术应用于新项目的好处。

情况 2 当条件满足 $C_{PD} < C_{PN} + \omega R_D, C_E + \omega R_D < R_D + \theta L, F < C_z + \beta M_D + \alpha T$ 时，平衡点(1, 1, 0)达到稳定，也就是市场占主体地位，政府不参与状态。

情况 2 说明在市场状态下，当企业和技术提供商在数字化转型时支付的成本小于收益，上级政府对地方政府的惩罚小于政府发放的税收优惠和宣传推广成本总和时，就会出现政府退让和市场经营者积极推动的情况。也就是说，将达成一个稳定的战略组合(数字化转型、合作、不参与推广)。政府可以通过以下措施改善社会数字基础设施：通过生产、教育和研究进行科技研发，通过学校加强人才培养，充分发挥政策工具引导产业资本或普惠金融，扩大融资渠道，降低市场运营商的融资、研发、人才等成本，提高其预期市场回报。因此，鼓励更多的服务提供商和企业参与，形成产业协同效应。

情况 3 当条件满足 $C_z + \alpha T < F + \beta M_D, C_{PD} < C_{PN} + \beta M_D + \omega R_D, C_E + \omega R_D < R_D + \alpha T + \theta L$ 时，平衡

点(1, 1, 1)达到稳定状态, 也就是三方都参与到数字化转型中, 即协同状态。

在协同状态下, 所有三方的综合收益必须大于稳定战略组合所需的成本。

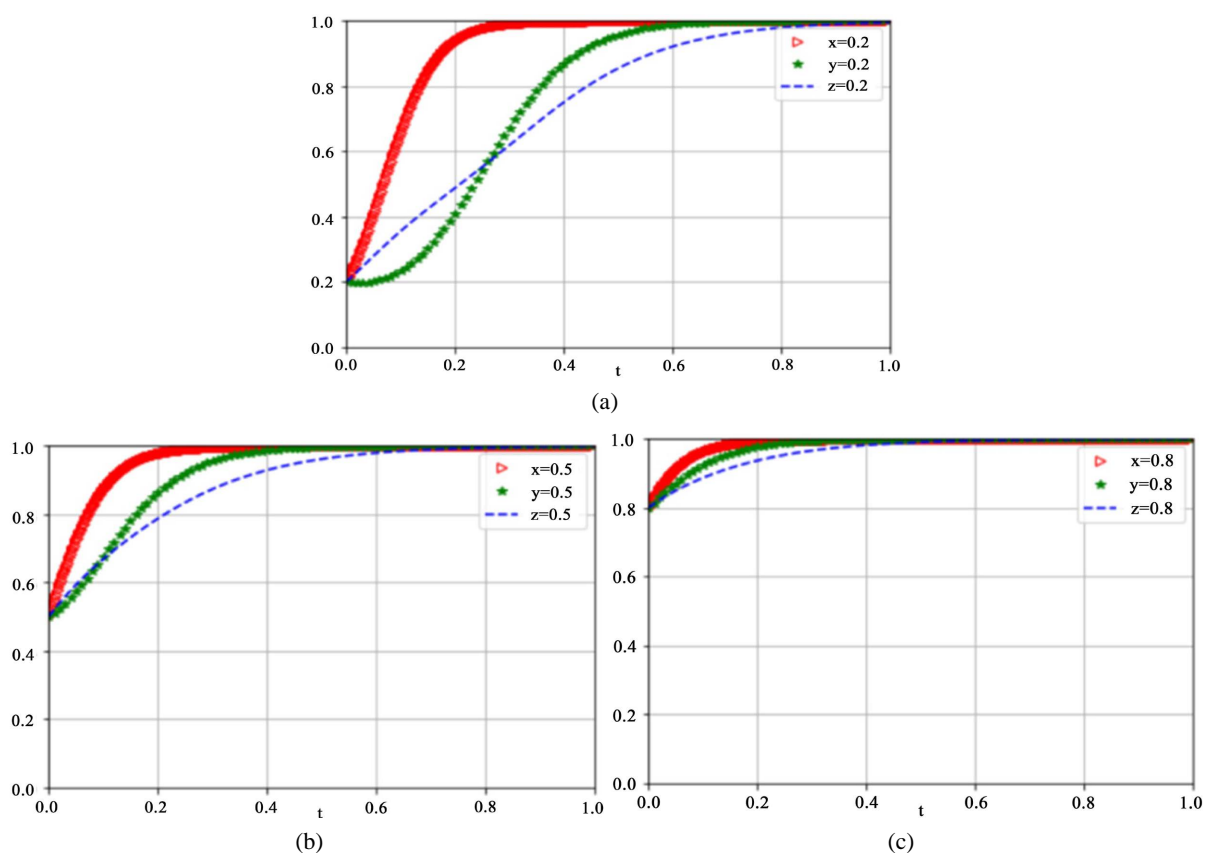
即企业选择数字化转型的成本应小于收益和低息贷款的总和, 技术提供商参与合作的成本应小于综合收益值, 政府支付的综合成本应小于上级的奖励。只有这样, 才能实现稳定的战略组合(数字化转型、合作、参与推广)。上级政府应增加激励措施的数量, 因为这将有助于进一步推动零售业的数字化转型。此外, 稳定策略的出现与市场效用几乎没有关系。

4. 数值实验及仿真分析

为了验证本研究的稳定演化策略的有效性, 以及实际的税收和企业贷款政策, 使用 Python 进行数值模拟实验。在本研究中, 重点分析了系统维护升级费比例 ω 、金融机构贷款概率 θ 、上级政府奖励数 F 、罚款 W 对行业数字化转型各博弈主体的影响。

1) 不同初始策略选择概率对参与主体演化路径的影响

通过设置参数条件 $C_z = 18$, $F = 20$, $\alpha = 0.45$, $t = 10$, $\beta = 0.4$, $M_D = 10$, $C_{PD} = 20$, $C_{PN} = 15$, $C_E = 20$, $R_D = 40$, $\theta = 0.25$, $L = 30$, $\omega = 0.35$, $R_N = 25$, $C_Y = 7$, $C = 10$, $R_p = 15$, $U_d = 8$, $W = 8$, $R_z = 15$ 以达到理想状态情况 3 即策略为(1, 1, 1)。假设企业、政府和技术提供商选择各自策略的概率的初始值分别为(0.2, 0.2, 0.2), (0.5, 0.5, 0.5) (0.8, 0.8, 0.8), 根据上述模型参数组合进行仿真, 得出系统最终稳定在(1, 1, 1)这一策略组合, 验证了理论分析的正确性, 演化轨迹如图 3 所示。



图纵坐标表示三方主体选择各自策略的概率。

Figure 3. System evolution path diagram under different initial strategies

图 3. 不同初始策略下的系统演化路径图

2) 系统维护与更新成本之比对各博弈参与者的影响

在其他值不变的情况下，将 ω 的值分别设置为0.25、0.45、0.65、0.85。不同 ω 值下系统的演化博弈方向如图4所示。当技术提供商收取的服务费比例较小时，企业会选择数字化转型；发展和稳定的速度与收取的服务费的比例呈反比。当 ω 值过高时，企业和技术提供商都无法达到一个稳定状态。对于政府而言，系统维护与更新成本对其的策略影响不大。

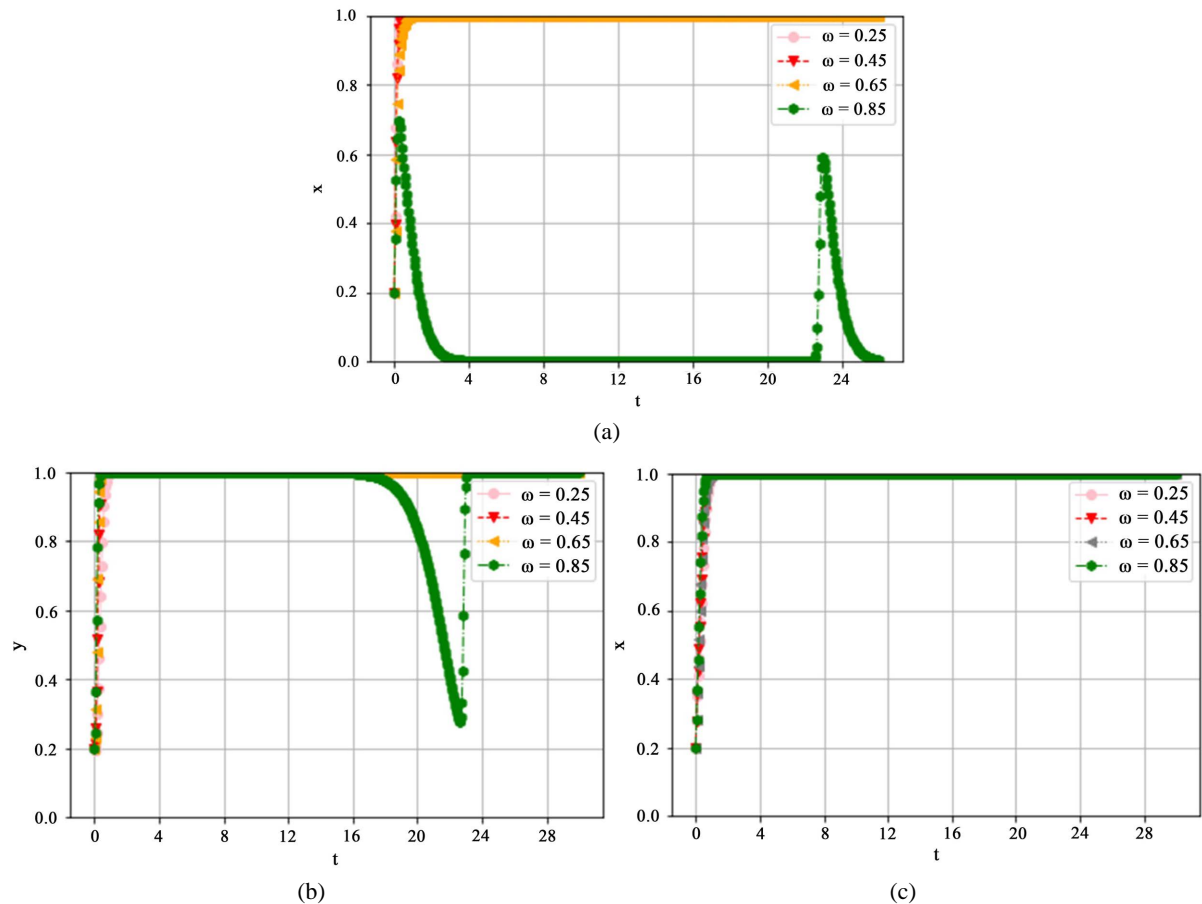


Figure 4. Evolutionary simulation results of different ω values
图 4. 不同 ω 值的演化仿真结果

3) 不同的奖励和更高的惩罚对政府策略的影响

从图5(a)可以看出，当政府奖励低于一定值时，政府倾向于选择不参与推广策略。从图5(b)可以看出，随着奖惩数量增加，政府都倾向于选择积极的促进策略，这与情况三的分析基本一致。上级政府采取奖惩机制，可以有效鼓励地方政府积极推进零售业数字化转型。

4) 金融机构贷款概率对各博弈参与者的影响

在其他值不变的情况下，设置参数 θ 的值为0.25、0.45、0.65和0.85。如图6所示，当贷款概率过低时，企业和技术提供商的策略都是消极的，会选择不进行数字化转型。随着贷款概率从0.45开始增加，企业选择数字化转型的演化速度加快并达到稳定状态，技术提供商的战略选择会随着企业战略选择的变化而变化。当贷款概率增加时，技术提供商对合作策略选择的演化速度也会提高。这些都表明，普惠金融能够有效推动企业数字化转型，缓解企业的融资约束以及政府补贴成本过高带来的资金压力。政府要

积极引导产业资本、普惠金融等融资手段，大力支持企业数字化转型。低成本融资对三方博弈都起到了积极的作用，对于数字化转型具有重要的现实意义。

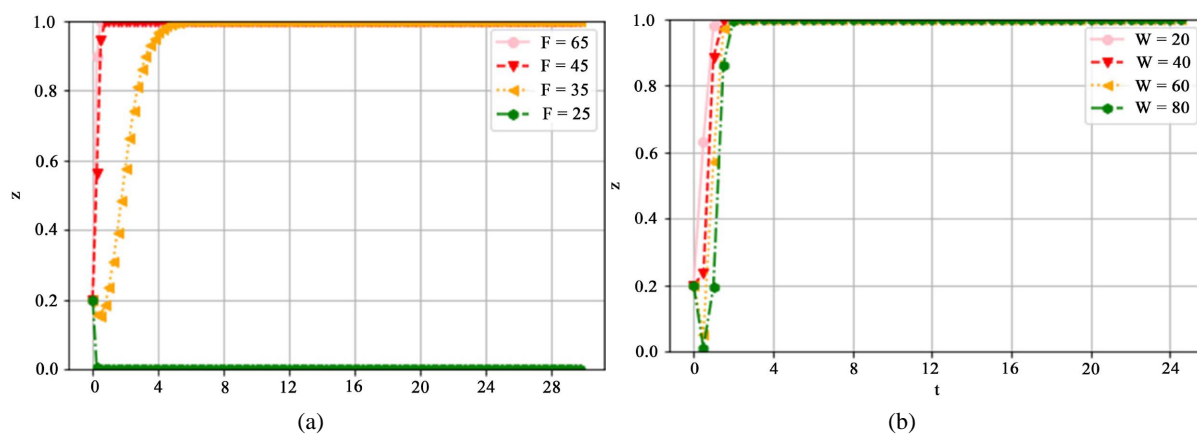


Figure 5. Numerical simulation results of different reward and penalty values

图 5. 不同奖励、惩罚值的数值仿真结果

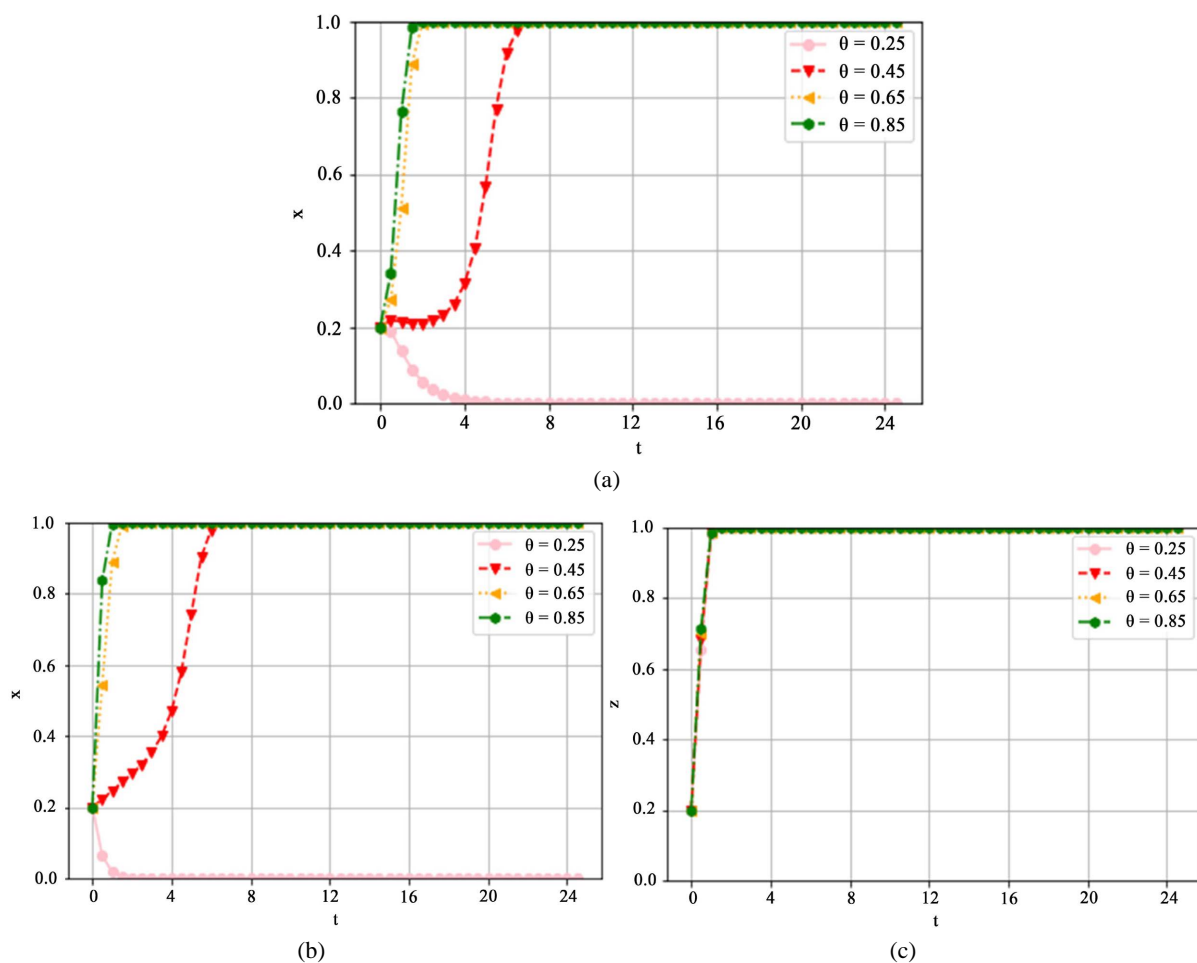


Figure 6. Numerical simulation results of different loan probabilities

图 6. 不同贷款概率的数值仿真结果

5. 结论与分析

零售业的数字化转型作为中国数字经济发展中最重要的部分，在转型方面也面临着诸多挑战。在群体决策参与者有限理性的前提下，构建了推动零售业数字化转型的关键参与者：企业、技术提供商和政府的演化模型。然后，引入技术商补贴、系统维护与更新成本系数、金融贷款概率、上级政府奖惩等参数，分析演化策略对零售业数字化转型的影响机制。最后，通过 Python 仿真分析了各参数对各主体策略选择的影响，验证了各参与者数字化转型进化博弈模型的有效性。

研究表明：1) 企业是否进行全面的数字化转型取决于数字化转型的策略的收益；收益越大，企业就越积极。2) 普惠金融、低成本融资对三方博弈主体政府、企业、技术提供商都起到了积极的作用，随着贷款概率的提高，可以有效促进企业数字化转型。3) 上级政府采取高奖惩的方式，可以有效鼓励地方政府积极推进数字化转型。4) 无论政府、企业、技术提供商的战略选择，都满足有限理性；也就是说，当总收益大于总成本时，他们往往会积极实施零售业的全面数字化转型。5) 技术提供商收取的系统维护和升级费用不应过高，当其过高时，企业与技术提供商的战略无法达到稳定状态。

基于三方博弈得出的结论，本文对中国零售业的数字化转型提出了以下建议：1) 普惠金融等金融工具应大力参与零售企业的数字化转型，在金融资本的加持下，减少了企业的融资约束，行业的数字化转型也会将大大加速。2) 零售企业的数字化转型，为技术提供商提供了难得的机遇和挑战。技术提供商除了追求收益外还追求市场扩张，因此政府应可以加强与技术商的协调，以支持更多的企业进行数字化转型，扩大零售业的数字化应用市场，实现规模经济，降低企业的数字化转型成本，以促进企业数字化转型。3) 政府应建立完善的零售业数字化水平评价体系，鼓励地方政府通过合理的奖惩制度，如不同转型程度的奖励设置，积极推进零售业的数字化转型。

参考文献

- [1] Saka, A.B., Chan, D.W.M. and Mahamadu, A.-M. (2022) Rethinking the Digital Divide of BIM Adoption in the AEC Industry. *Journal of Management in Engineering*, **38**. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000999](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000999)
- [2] 韦影, 宗小云. 企业适应数字化转型研究框架: 一个文献综述[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(11): 152-160.
- [3] Crişan, E.L. and Stanca, L. (2021) The Digital Transformation of Management Consulting Companies: A Qualitative Comparative Analysis of Romanian Industry. *Information Systems and E-Business Management*, **19**, 1143-1173. <https://doi.org/10.1007/s10257-021-00536-1>
- [4] Van Veldhoven, Z. and Vanthienen, J. (2021) Digital Transformation as an Interaction-Driven Perspective between Business, Society, and Technology. *Electronic Markets*, **32**, 629-644. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00464-5>
- [5] Mostaghel, R., Oghazi, P., Parida, V. and Sohrabpour, V. (2022) Digitalization Driven Retail Business Model Innovation: Evaluation of Past and Avenues for Future Research Trends. *Journal of Business Research*, **146**, 134-145.
- [6] 董璐燕, 朱焯丹. 数字化转型对零售企业经营绩效的影响——渠道集中度视角[J]. 商业经济研究, 2022(4): 26-29.
- [7] Plekhanov, D., Franke, H. and Netland, T.H. (2022) Digital Transformation: A Review and Research Agenda. *European Management Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.09.007>
- [8] 刘畅, 潘慧峰, 李珮, 冯雅欣. 数字化转型对制造业企业绿色创新效率的影响和机制研究[J]. 中国软科学, 2023(4): 121-129.
- [9] Rupeika-Apoga, R. and Petrovska, K. (2022) Barriers to Sustainable Digital Transformation in Micro-, Small-, and Medium-Sized Enterprises. *Sustainability*, **14**, Article No. 13558. <https://doi.org/10.3390/su142013558>
- [10] Kutnjak, A. (2021) COVID-19 Accelerates Digital Transformation in Industries: Challenges, Issues, Barriers and Problems in Transformation. *IEEE Access*, **9**, 373-388. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3084801>
- [11] Friedman, D. (1991) Evolutionary Games in Economics. *Econometrica*, **59**, 637-666. <https://doi.org/10.2307/2938222>
- [12] 徐红丹, 王玖河. 考虑政府补贴的制造业数字化转型演化博弈[J]. 金融与经济, 2023(1): 51-60. <https://doi.org/10.19622/j.cnki.cn36-1005/f.2023.01.005>

-
- [13] 樊自甫, 陶友鹏, 龚亚. 政府补贴能促进制造企业数字化转型吗?——基于演化博弈的制造企业数字化转型行为分析[J]. 技术经济, 2022, 41(11): 128-139.
- [14] 杨磊, 潘桂花, 侯贵生. 中小企业数字化转型关键参与主体的行为演化[J]. 科技管理研究, 2022, 42(6): 112-123.