

OFDI促进企业数字化转型的博弈分析与数值仿真

任佳璇

南京理工大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年4月10日; 录用日期: 2025年4月24日; 发布日期: 2025年5月31日

摘要

基于博弈视角, 研究了OFDI的逆向技术溢出效应对吸收能力存在差异的制造业企业数字化转型策略选择的影响, 以及数据采集分析水平、运营方式平台化水平、生产过程数字化水平的作用, 并在此基础上进行了数值仿真分析。发现企业在激烈的市场竞争环境下是否选择转型策略, 是上述因素综合作用的结果, 且彼此的初始转型意愿也会发挥调节作用, 研究结论为我国制造企业借助OFDI实现数字化跃升提供了借鉴。

关键词

OFDI, 数字化, 博弈论

Game Analysis and Numerical Simulation of OFDI Promoting Enterprise Digital Transformation

Jiaxuan Ren

School of Economics & Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu

Received: Apr. 10th, 2025; accepted: Apr. 24th, 2025; published: May 31st, 2025

Abstract

Based on the game perspective, this paper studies the impact of reverse technology spillover effect of OFDI on the digital transformation strategy selection of manufacturing enterprises with different absorption capacity, as well as the effects of data collection and analysis level, operation mode platform level and production process digitization level. On this basis, numerical simulation analysis is

conducted. It is found that whether enterprises choose the transformation strategy in the fierce market competition environment is the result of the comprehensive effect of the above factors, and each other's initial transformation willingness will also play a moderating role. The research conclusion provides a reference for Chinese manufacturing enterprises to realize the digital leap with the help of OFDI.

Keywords

OFDI, Digitization, Game Theory

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

OFDI 是非发达国家获取发达国家先进技术的逆向溢出的重要途径,企业通过海外投资活动来吸收东道国的优势技术,这种吸收行为后续还可以反馈到母国,并产生一系列的积极经济后果,不仅有助于其它企业的技术创新与跃升进步,可能还会对其它的行为产生溢出的效果,如对数字化行为等。其缘由在于企业的数字化转型,无论是提升数据采集分析水平、还是运营方式平台化水平、抑或是生产过程数字化水平,都对技术储备与相关积累有较高的要求,通过 OFDI 活动吸收海外的优势技术,进而辐射到国内企业的数字化转型活动等,可能具备一定的研究理论基础与现实可行性。

OFDI 活动的最终效果高度寄托于母国企业的吸收程度,吸收能力存在差异的企业即为本文所指的异质性企业,企业是否能较好地识别、吸收、消化、应用所触及的外部优势领先知识是技术溢出的关键(Cohen 和 Levinthal, 1990) [1]。除此之外,吸收能力的兑现程度具备一定的复杂性 with 外部依赖性,如技术差距决定的技术势差可能对吸收能力有积极的促进作用,而人力资本水平的影响反而没有预期中的大,最常见的影响因素为 OFDI 的进入模式,如跨国并购与绿地投资等,其中跨国并购的效果可能更好,因为其能较好地整合对应的技术资源积累(徐健和陈丽珍, 2014) [2]。与此同时,数字化转型对企业技术储备与创新积累的要求较高,其涉及方方面面的因素不仅包括技术采纳与转移情况,而且还高度依赖于组织与战略文化目标的匹配协同变化调整(Vial, 2021; Nambisan 等, 2017) [3] [4]。如果具体到 OFDI 的技术溢出与吸收企业的数字化转型策略选择方面,其影响渠道可能包括有:一方面,直接获取技术溢出中的数字技术维度;另一方面,借助技术吸收提升内部积累为数字化转型中的创新突破蓄能。不过,不同企业之间的数字化水平积累可能会存在差异,这会导致企业层面的异质性,高吸收能力的企业会更容易将海外获得的优势技术转化为本身的数字化转型驱动力量,而低吸收能力的企业更不容易借助这一溢出来赋能自身的数字化转型。

如上所述,OFDI 活动或实施企业及其同业企业具备积极的溢出效应,这种效应会体现在需要一定技术储备才能开展的企业行为的方方面面,典型的如企业的战略选择、发展模式,其中也包括数字化转型等,且现有的相关理论影响依据多为实证研究方面的证据,发现 OFDI 能够显著促进实施企业的数字化转型进度,且这一效应在国有企业、高生产率企业、高技术性企业中更强烈(于津平和夏文豪, 2024) [5]。进一步,企业的 OFDI 活动与数字化转型存在相辅相成的关系,当面对外部环境不确定性或冲击时,OFDI 企业的数字化转型积极性或程度会更高,而数字技术研发产出、不确定性风险感知、组织韧性则有助于强化这一效应(王鹏和陈蝶欣, 2025) [6]。除此之外,在 OFDI 对数字化的传导效应方面,供应链

上下游企业的 OFDI 活动对焦点企业的数字化转型会产生异质性影响,如供应链下游客户企业的 OFDI 活动会对焦点企业的数字化转型具备促进作用,而供应链上游供应商企业的 OFDI 活动会对焦点企业的数字化转型具备抑制作用,体现了影响的非对称性(刘娟等, 2024) [7]。最后, OFDI 与数字化的关系并非单向的,数字化转型对企业的 OFDI 活动也存在一定的影响,如企业 OFDI 活动的区位分布、倾向和能力、跨国投资模式选择等均会在一定程度上受到数字化转型的影响(李明洋和张乃丽, 2024; 郭娟娟, 2024; 张家才等, 2024) [8]-[10]。

基于上述分析,可以发现,既有研究多使用实证研究的方法,对 OFDI 逆向技术溢出效应与企业数字化转型的关系进行了多样化的研究,主要可以分为三类:第一类为单方面的研究,即分别研究了 OFDI 或数字化转型的影响因素及其经济后果;第二类为交互式的研究,即探索了 OFDI 逆向技术溢出效应对企业数字化转型的直接影响,以及相关因素的调节作用,显然后者对前者的影响也属于这一范畴;第三类为引入外部环境后的研究,如外部冲击会影响 OFDI 对数字化转型的影响效果,而焦点企业所处的供应链上下游 OFDI 环境也会影响其数字化转型效果。

基于此,本文考虑 OFDI 技术溢出对异质性企业数字化转型策略选择的差异性影响机制,构建了演化博弈模型与斯塔克博弈模型结合的二维矩阵,并借助演化博弈的长期均衡状态分析了 OFDI 技术溢出与数字化转型的交互性影响(Friedman, 1991) [11],同时考虑了企业的数据采集分析水平、运营方式平台化水平、生产过程数字化水平的作用,而细化的数值仿真分析则有助于解释具体的路径差异。本文研究在理论层面可能存在如下的贡献:(1) 研究了 OFDI 技术溢出与企业数字化的交互作用机制,以及具体因素的微观调节作用;(2) 创新性的将斯塔克博弈与演化博弈结合使用,丰富了方法交互类研究的相关成果。进而在较大程度上弥补了既有关于 OFDI 与数字化转型的相关实证研究在研究方法、作用机制、结论发现方面的不足。

2. 博弈模型构建

2.1. 模型基本假设

(1) 企业 1 和企业 2 为处于同一行业生产同一产品实力存在差异的两家制造业企业,假设企业 1 的产量为 q_1 ,企业 2 的产量为 q_2 ,则总产量为 $q_1 + q_2$,因此价格为 $p = a - b(q_1 + q_2)$ ($a > 0, b > 0$),又假设单位成本为 c ,则企业利润为 $\pi_i = pq_i - cq_i$ ($i = 1, 2$)。

(2) 两家企业均有转型和不转型两种策略可供选择,假设企业 1 选择转型和不转型策略的概率分别为 x 和 $1-x$,企业 2 选择转型和不转型策略的概率分别为 y 和 $1-y$ 。假设数字化转型需要的成本投入水平为 m ,企业的创新率为 g ,则在 A-J 经典假设下,数字化转型的成本为 $gm^2/2$ 。数字化转型会对企业的收益和成本产生影响,假设更高的数据采集分析水平和运营方式平台化水平带来的收益提升幅度为 ξ ,更高的生产过程数字化水平带来的成本降低幅度为 λ 。

(3) 在开放的市场环境下, OFDI 逆向技术溢出效应也会对制造业企业是否选择数字化转型产生影响,假设 OFDI 逆向技术溢出系数为 α ,实力较强的企业 1 吸收能力系数为 β_1 ,实力较弱的企业 2 吸收能力系数为 β_2 ($\beta_1 > \beta_2$)。

2.2. 收益矩阵构建

围绕模型的基本假设,对企业 1 和企业 2 不同策略选择的情形进行分析,见表 1。

(1) 当企业 1 和企业 2 均选择转型策略时,双方将展开古诺竞争,原有市场地位不会发生改变。此时:

企业 1 的收益为 $pq_1(1+\xi) - cq_1(1-\lambda) - 0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$

企业 2 的收益为 $pq_2(1+\xi)-cq_2(1-\lambda)-0.5gm^2(1-\alpha\beta_2)$

令 $R_1 = \{a(1+\xi)(2+b-\lambda+\xi)-c[-(1+\lambda)(-2+\lambda-\xi)+b(1+2\lambda+3\xi)]\}/3b(1+\xi)$ ，则：

企业 1 的收益为 $R_1-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$

企业 2 的收益为 $R_1-0.5gm^2(1-\alpha\beta_2)$

(2) 当企业 1 选择转型策略而企业 2 选择不转型策略时，双方将展开 Stackelberg 竞争，企业 2 成为市场中的追随者，企业 1 则成为领导者。此时：

企业 1 的收益为 $pq_1(1+\xi)-cq_1(1-\lambda)-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$

企业 2 的收益为 pq_2-cq_2

令 $R_2 = [a(1+\xi)+c(-1+3\lambda+2\xi)]^2/16b(1+\xi)$ ， $R_3 = [a(1+\xi)-c(1+\lambda+2\xi)]^2/8b(1+\xi)^2$ ，则：

企业 1 的收益为 $R_2-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$

企业 2 的收益为 R_3

(3) 当企业 1 选择不转型策略而企业 2 选择转型策略时，双方将展开 Stackelberg 竞争，企业 2 成为市场中的领导者，企业 1 则成为追随者。此时：

企业 1 的收益为 R_3

企业 2 的收益为 $R_2-0.5gm^2(1-\alpha\beta_2)$

(4) 当企业 1 和企业 2 均选择不转型策略时，双方将展开古诺竞争，原有市场地位不会发生改变。此时：

企业 1 的收益为 pq_1-cq_1

企业 2 的收益为 pq_2-cq_2

令 $R_4 = (2+b)(a-c)/3b$ ，则：

企业 1 的收益为 R_4

企业 2 的收益为 R_4

Table 1. Payoff matrix

表 1. 收益矩阵

策略组合	企业 1	企业 2
(转型, 转型)	$R_1-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$	$R_1-0.5gm^2(1-\alpha\beta_2)$
(转型, 不转型)	$R_2-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)$	R_3
(不转型, 转型)	R_3	$R_2-0.5gm^2(1-\alpha\beta_2)$
(不转型, 不转型)	R_4	R_4

3. 稳定策略求解

3.1. 期望收益函数构建

假设企业 1 在博弈时选择转型策略的期望收益为 U_{11} ，选择不转型策略的期望收益为 U_{12} ，平均期望收益为 $\bar{U}_1$ ，则：

$$U_{11} = y[R_1-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)] + (1-y)[R_2-0.5gm^2(1-\alpha\beta_1)]$$

$$U_{12} = yR_3 + (1-y)R_4$$

$$\bar{U}_1 = xU_{11} + (1-x)U_{12}$$

因此，企业 1 选择转型策略随时间演化的复制动态方程为：

$$F(x) = dx/dt = x(U_{11} - \bar{U}_1) = x(1-x)(U_{11} - U_{12}) = x(1-x)(yA_1 + A_3)$$

其中：

$$A_1 = R_1 - R_2 - R_3 + R_4$$

$$A_3 = R_2 - 0.5gm^2(1 - \alpha\beta_1) - R_4$$

假设企业 2 在博弈时选择转型策略的期望收益为 U_{21} ，选择不转型策略的期望收益为 U_{22} ，平均期望收益为 $\bar{U}_2$ ，则：

$$U_{21} = x[R_1 - 0.5gm^2(1 - \alpha\beta_2)] + (1-x)[R_2 - 0.5gm^2(1 - \alpha\beta_2)]$$

$$U_{22} = xR_3 + (1-x)R_4$$

$$\bar{U}_2 = yU_{21} + (1-y)U_{22}$$

因此，企业 2 选择转型策略随时间演化的复制动态方程为：

$$F(y) = dy/dt = y(U_{21} - \bar{U}_2) = y(1-y)(U_{21} - U_{22}) = y(1-y)(xA_2 + A_4)$$

其中：

$$A_2 = R_1 - R_2 - R_3 + R_4$$

$$A_4 = R_2 - 0.5gm^2(1 - \alpha\beta_2) - R_4$$

将 $F(x)$ 式和 $F(y)$ 式联立成一个二维的离散动态系统，该系统描述了企业 1 和企业 2 在策略选择中的动态博弈过程。

3.2. 均衡点稳定性分析

由 $F(x)=0$ 和 $F(y)=0$ 可以得出，系统存在 5 个均衡点，分别为 $(0,0)$ ， $(0,1)$ ， $(1,0)$ ， $(1,1)$ ， (x^*, y^*) 。

其中：

$$x^* = -A_4/A_2, \quad y^* = -A_3/A_1。$$

系统的雅可比矩阵如下：

$$J = \begin{pmatrix} (1-2x)(yA_1 + A_3) & x(1-x)A_1 \\ y(1-y)A_2 & (1-2y)(xA_2 + A_4) \end{pmatrix}$$

其对应的行列式的值为：

$$\text{Det}J = (1-2x)(yA_1 + A_3)(1-2y)(xA_2 + A_4) - x(1-x)A_1y(1-y)A_2$$

该雅可比矩阵的迹的值如下：

$$\text{Tr}J = (1-2x)(yA_1 + A_3) + (1-2y)(xA_2 + A_4)$$

分别计算出每个均衡点所对应的行列式和迹值，见表 2，以此作为判断稳定性的依据。

为了便于后续分析，将 $A_1 + A_3$ 记为(1)， $A_2 + A_4$ 记为(2)， A_3 记为(3)， A_4 记为(4)。(1)表示当企业 2 选择转型策略时，企业 1 选择转型策略的收益与选择不转型策略的收益之差；(2)表示当企业 1 选择转型策略时，企业 2 选择转型策略的收益与选择不转型策略的收益之差；(3)表示当企业 2 选择不转型策略

时，企业 1 选择转型策略的收益与选择不转型策略的收益之差；(4)表示当企业 1 选择不转型策略时，企业 2 选择转型策略的收益与选择不转型策略的收益之差。

Table 2. Determinant and trace of the equilibrium point

表 2. 均衡点的行列式和迹值

均衡点	$DetJ$	TrJ
(0,0)	A_3A_4	$A_3 + A_4$
(0,1)	$-(A_1 + A_3)A_4$	$(A_1 + A_3) - A_4$
(1,0)	$-(A_2 + A_4)A_3$	$(A_2 + A_4) - A_3$
(1,1)	$(A_1 + A_3)(A_2 + A_4)$	$-(A_1 + A_3) - (A_2 + A_4)$
(x^*, y^*)	$-[A_1A_2A_3A_4(A_1 + A_3)(A_2 + A_4)]/(A_1^2A_2^2)$	0

情形 1：当(1) > 0、(2) > 0 且(3) > 0、(4) > 0 时，行列式和迹值正负如下，据此分析均衡点稳定性，见表 3。

Table 3. Stability analysis of scenario 1

表 3. 情形 1 的稳定性分析

均衡点	$DetJ$ 符号	TrJ 符号	稳定性
(0,0)	+	+	不稳定
(0,1)	-	N	鞍点
(1,0)	-	N	鞍点
(1,1)	+	-	ESS

此时系统的占优策略为(转型，转型)。即无论初始状态落在区域内的何处，最终的演化结果都是双方选择转型策略。对应的相位图，见图 1。

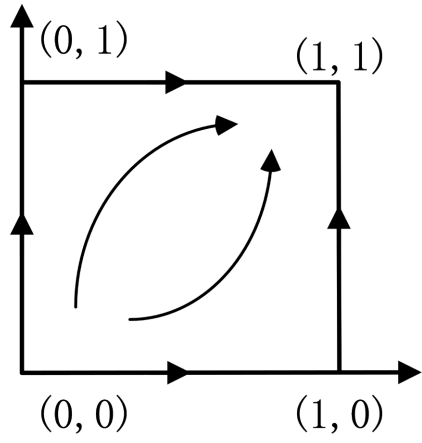


Figure 1. Phase diagram of scenario 1

图 1. 情形 1 的相位图

情形 2：当(1) < 0、(2) < 0 且(3) < 0、(4) < 0 时，行列式和迹值正负如下，据此分析均衡点稳定性，见表 4。

Table 4. Stability analysis of scenario 2
表 4. 情形 2 的稳定性分析

均衡点	$DetJ$ 符号	TrJ 符号	稳定性
(0,0)	+	-	ESS
(0,1)	-	N	鞍点
(1,0)	-	N	鞍点
(1,1)	+	+	不稳定

此时系统的占优策略为(不转型，不转型)。即无论初始状态落在区域内的何处，最终的演化结果都是双方选择不转型策略。对应的相位图，见图 2。

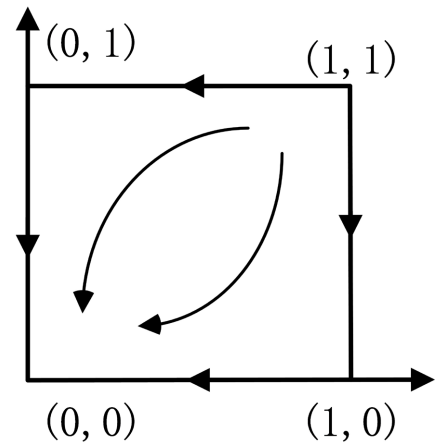


Figure 2. Phase diagram of scenario 2
图 2. 情形 2 的相位图

情形 3：当(1) < 0、(2) > 0 且(3) > 0、(4) < 0 或(1) > 0、(2) < 0 且(3) < 0、(4) > 0 时，行列式和迹值正负如下，据此分析均衡点稳定性，见表 5。

Table 5. Stability analysis of scenario 3
表 5. 情形 3 的稳定性分析

均衡点	$DetJ$ 符号	TrJ 符号	稳定性
(0,0)	-	N	鞍点
(0,1)	-	N	鞍点
(1,0)	-	N	鞍点
(1,1)	-	N	鞍点
(x^*, y^*)	+	0	中心点

此时系统没有占优策略。在某个时间点，如果企业 2 选择转型策略，企业 1 选择不转型策略最有利。如果企业 1 选择不转型策略，企业 2 也会转而选择不转型策略。如果企业 2 选择不转型策略，企业 1 又会转而选择转型策略，此时企业 2 选择转型策略最有利，因此双方策略选择会如上所述不断进行周期性循环。对应的相位图，见图 3。

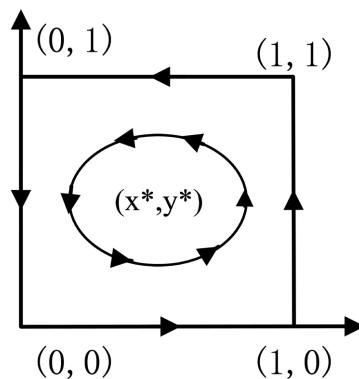


Figure 3. Phase diagram of scenario 3

图 3. 情形 3 的相位图

情形 4: 当(1) > 0、(2) > 0 且(3) < 0、(4) < 0 时, 行列式和迹值正负如下, 据此分析均衡点稳定性。见表 6。

Table 6. Stability analysis of scenario 4

表 6. 情形 4 的稳定性分析

均衡点	DetJ 符号	TrJ 符号	稳定性
(0,0)	+	-	ESS
(0,1)	+	+	不稳定
(1,0)	+	+	不稳定
(1,1)	+	-	ESS
(x*, y*)	-	0	鞍点

此时系统的占优策略为(不转型, 不转型)和(转型, 转型)。如果初始状态落在左下方区域内, 最终的演化结果是双方选择不转型策略; 如果初始状态落在右上方区域内, 最终的演化结果是双方选择转型策略。对应的相位图, 见图 4。

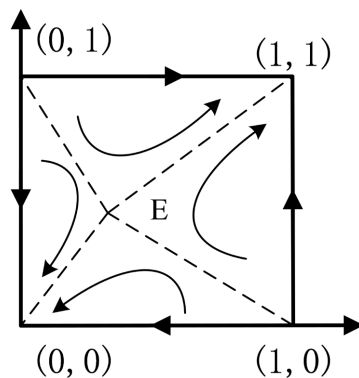


Figure 4. Phase diagram of scenario 4

图 4. 情形 4 的相位图

情形 5: 当(1) < 0、(2) < 0 且(3) > 0、(4) > 0 时, 行列式和迹值正负如下, 据此分析均衡点稳定性, 见表 7。

Table 7. Stability analysis of scenario 5
表 7. 情形 5 的稳定性分析

均衡点	$DetJ$ 符号	TrJ 符号	稳定性
$(0,0)$	+	+	不稳定
$(0,1)$	+	-	ESS
$(1,0)$	+	-	ESS
$(1,1)$	+	+	不稳定
(x^*, y^*)	-	0	鞍点

此时系统的占优策略为(不转型，不转型)和(转型，转型)。如果初始状态落在左上方区域内，最终的演化结果是企业 1 选择不转型策略而企业 2 选择转型策略；如果初始状态落在右下方区域内，最终的演化结果是企业 1 选择转型策略而企业 2 选择不转型策略。对应的相位图，见图 5。

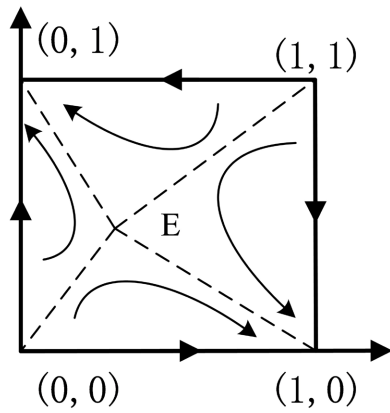


Figure 5. Phase diagram of scenario 5
图 5. 情形 5 的相位图

4. 数值仿真

上文进行了相关的理论分析，后续通过 Matlab 仿真来分析双方具体演化路径，参数设置如下：
 $a=5$ ， $b=0.5$ ， $c=1.5$ ， $m=5$ ， $g=0.5$ ， $\xi=0.5$ ， $\lambda=0.5$ ， $\alpha=0.5$ ， $\beta_1=0.8$ ， $\beta_2=0.4$ 。

4.1. 不同 OFDI 逆向技术溢出强度下企业策略选择的演化情况

将逆向技术溢出系数设置为 $\alpha=0.1$ ，可以得到低溢出强度情形下的演化路径，见图 6。由图可以看出，在低溢出强度情形下的演化特征：无论制造业企业选择转型策略的初始意愿有多高，最终双方策略选择都会向不转型的方向收敛；低初始意愿下吸收能力较弱的企业 2 收敛速度更快，中高初始意愿下吸收能力较强的企业 1 收敛速度更快；制造业企业选择转型策略的初始意愿越低，其策略选择向不转型方向收敛的速度越快。

结合现实进行分析，低 OFDI 逆向技术溢出强度说明东道国企业的技术保护力度很大，母国企业通过开展 OFDI 活动获取国外先进技术溢出的效果并不理想，选择转型策略需要更多的成本投入，意味着在低溢出强度的情形下企业需要承担更大的转型风险，这与企业追求利润最大化的目标相背离，因此低溢出强度下所有企业的策略选择都会向不转型的方向收敛。

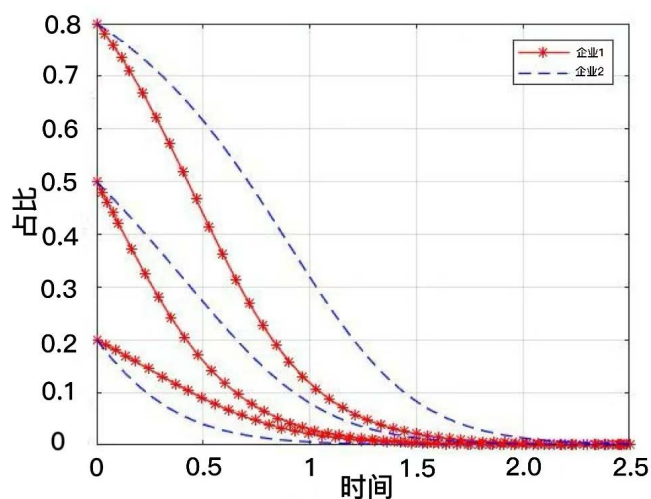


Figure 6. Scenario with low spillover intensity
图 6. 低溢出强度的情形

在这种情形下，OFDI 逆向技术溢出较难对企业的数字化转型起到促进作用，但依旧会延缓企业选择不转型作为长期战略的时间，说明此时只需要针对性的施策，逐渐增强 OFDI 逆向技术溢出的强度，即有望进一步避免企业快速倒向不转型这一保守做法。

将逆向技术溢出系数设置为 $\alpha = 0.5$ ，可以得到中溢出强度情形下的演化路径，见图 7。由图可以看出，在中溢出强度情形下的演化特征与低溢出强度情形下的基本相同，但与前者不同的是，中溢出强度情形下制造业企业策略选择收敛于稳定状态所需的时间会更长，且低初始意愿下实力较强企业 1 的策略选择在期初会有向转型方向演化的趋势。

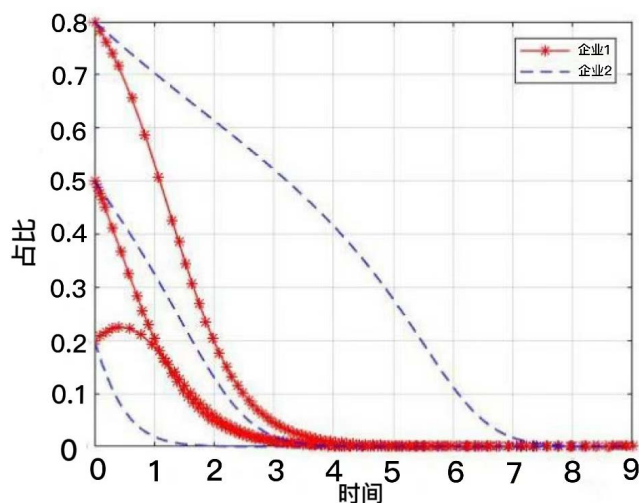


Figure 7. Scenario with medium spillover intensity
图 7. 中溢出强度的情形

结合现实进行分析，虽然中强度的溢出不能完全满足数字化转型的技术要求，但企业在吸收这部分技术溢出后，选择转型策略的风险会有一定程度的降低，这增加了企业选择不转型策略的机会成本，因此其策略选择收敛于不转型的稳定状态需要一个更漫长的过程。

在这种情形下，OFDI 逆向技术溢出对异质性企业的数字化转型影响出现轻微差异，实力较强企业

的战略选择倒向不转型这一保守做法的时间进一步延长,说明此时只需要进一步施策提升 OFDI 逆向技术溢出强度,与此同时增强企业的吸收能力,便有望进一步激发企业的数字化转型意愿。

将逆向技术溢出系数设置为 $\alpha = 0.9$, 可以得到高溢出强度情形下的演化路径, 见图 8。由图可以看出, 在高溢出强度情形下的演化特征: 无论制造业企业选择不转型策略的初始意愿有多高, 最终双方策略选择都会向转型的方向收敛; 相较于企业 2, 吸收能力较强的企业 1 收敛速度更快; 制造业企业选择不转型策略的初始意愿越低, 其策略选择向转型方向收敛的速度越快。需要注意的是, 低初始意愿下实力较弱企业 2 的策略选择在期初会有向不转型方向演化的趋势, 收敛于稳定状态所需的时间最长。

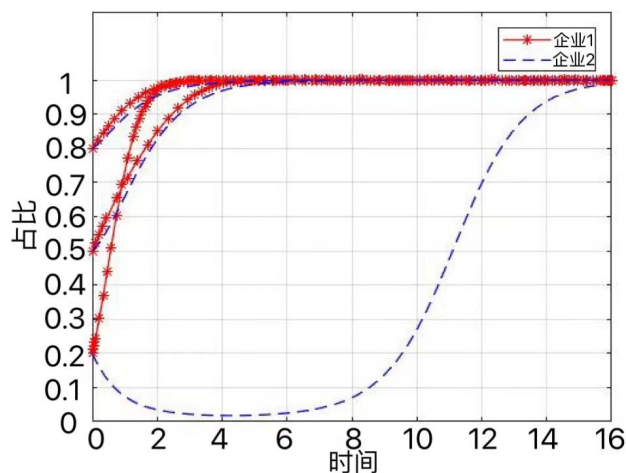


Figure 8. Scenario with high spillover intensity
图 8. 高溢出强度的情形

结合现实进行分析, 在高溢出强度的情形下, 企业 1 和企业 2 依靠自身技术实力吸收国外先进技术溢出均能达到数字化转型的门槛要求, 但由于双方吸收能力存在差异, 企业 1 进行数字化转型带来的价值增值会更大, 因此其策略选择会快速收敛于转型方向, 而企业 2 短期内的价值增值相对较小, 因此其策略选择最终稳定在转型方向需要经历一个漫长的演化过程。

在这种情形下, OFDI 逆向技术溢出效应较强使得所有类型的企业均选择了数字化转型战略, 说明相较于企业在技术吸收能力方面的差异, 影响面更广的 OFDI 逆向技术溢出效应, 只要跨越了一定的门槛值后, 便能覆盖到所有类型的企业使其受益, 进而均能实现较好的数字化转型效果。

4.2. 不同数字化水平下企业策略选择的演化情况

将数据采集分析水平和运营方式平台化水平对收益的提升幅度设置为 $\xi = 0.1$, 可以得到对应的演化路径, 见图 9。由图可以看出, 在低数据采集分析水平和运营方式平台化水平下的演化特征: 无论制造业企业选择转型策略的初始意愿有多高, 最终双方策略选择都会向不转型的方向收敛; 低初始意愿下吸收能力较弱的企业 2 收敛速度更快, 中高初始意愿下吸收能力较强的企业 1 收敛速度更快; 制造业企业选择转型策略的初始意愿越低, 其策略选择向不转型方向收敛的速度越快。

将数据采集分析水平和运营方式平台化水平对收益的提升幅度设置为 $\xi = 0.9$, 可以得到对应的演化路径, 见图 10。由图可以看出, 在高数据采集分析水平和运营方式平台化水平下的演化特征: 无论制造业企业选择不转型策略的初始意愿有多高, 最终双方策略选择都会向转型的方向收敛; 相较于企业 2, 吸收能力较强的企业 1 收敛速度更快; 制造业企业选择不转型策略的初始意愿越低, 其策略选择向转型方向收敛的速度越快。

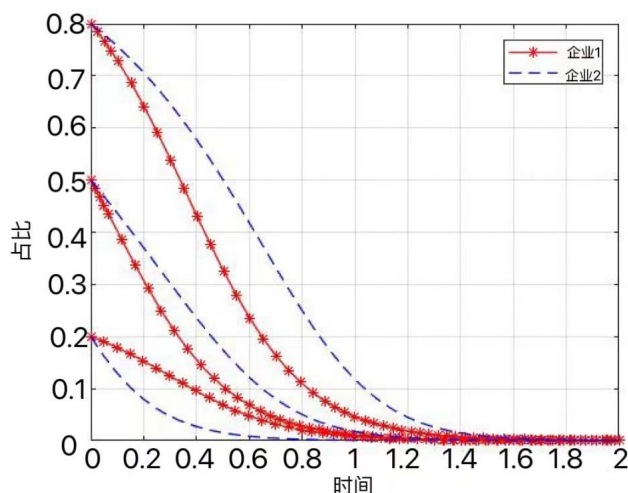


Figure 9. Scenario with low data collection and analysis capability and low platformization of operations
图 9. 低数据采集分析水平和运营方式平台化水平的情形

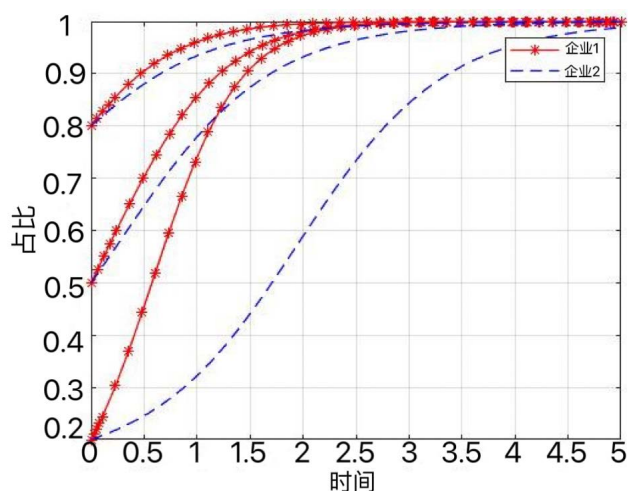


Figure 10. Scenario with high data collection and analysis capability and high platformization of operations
图 10. 高数据采集分析水平和运营方式平台化水平的情形

对比图 4 和图 5 不难发现，在数据采集分析水平和运营方式平台化水平低和高的两种情形下，制造业企业的策略选择呈现出方向性的差异，说明该指标的提升是制造业企业进行数字化转型的核心目的。

数据采集分析水平与运营方式平台化水平，是企业数字化转型想要实现的核心目标之一，数据是企业未来重要的资产，而运营则是企业日常化的行为，二者共同构成了企业在数字化转型实现后的理想状态基础要素，因此较高的这两类水平有助于促进企业快速的选择数字化转型战略。

将生产过程数字化水平对成本的降低幅度设置为 $\lambda = 0.1$ ，可以得到对应的演化路径，见图 11。由图可以看出，在低生产过程数字化水平下的演化特征：无论制造业企业选择转型策略的初始意愿有多高，最终双方策略选择都会向不转型的方向收敛；低初始意愿下吸收能力较弱的企业 2 收敛速度更快，中高初始意愿下吸收能力较强的企业 1 收敛速度更快；制造业企业选择转型策略的初始意愿越低，其策略选择向不转型方向收敛的速度越快。

将生产过程数字化水平对成本的降低幅度设置为 $\lambda = 0.9$ ，可以得到对应的演化路径，见图 12。由图可以看出，在高生产过程数字化水平下的演化特征：无论制造业企业选择转型策略的初始意愿有多高，

吸收能力较强企业 1 的策略选择会向转型的方向收敛, 吸收能力较弱企业 2 的策略选择会向不转型的方向收敛; 企业 1 选择不转型策略的初始意愿越低, 其策略选择向转型方向收敛的速度越快; 企业 2 选择转型策略的初始意愿越低, 其策略选择向不转型方向收敛的速度越快。

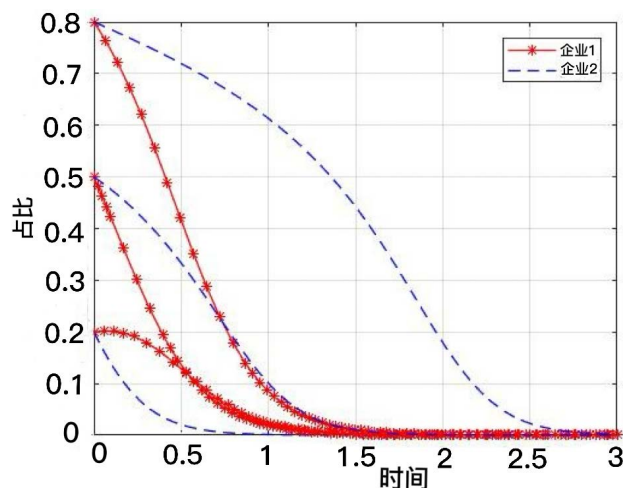


Figure 11. Scenario with low level of production process digitalization
图 11. 低生产过程数字化水平的情形

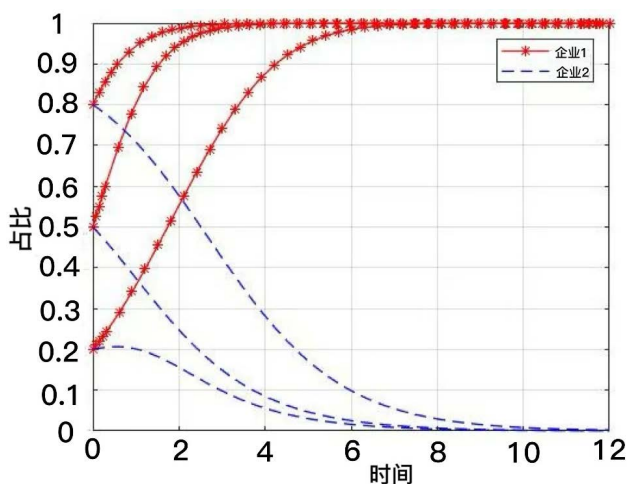


Figure 12. Scenario with high level of production process digitalization
图 12. 高生产过程数字化水平的情形

生产过程数字化水平, 也是企业数字化转型想要实现的核心目标之一, 但是相较于前两者的重要性要低, 因为生产过程可能只构成企业产品成本的一部分, 因此其并不作为企业在 OFDI 逆向技术溢出效应下是否选择数字化转型的核心决策依据。

对比图 6 和图 7 不难发现, 在生产过程数字化水平低和高的两种情形下, 吸收能力较强企业 1 的策略选择呈现出方向性的差异, 吸收能力较弱企业 2 的策略选择呈现出速度性的差异。

对比图 4~7 可以发现, 技术实力存在差异的制造业企业对不同数字化水平指标的敏感度不同。

4.3. 不同转型成本下企业策略选择的演化情况

将转型成本设置为 $m = 4$, 可以得到对应的演化路径, 见图 13。由图可以看出, 在低转型成本下的

演化特征：中高初始意愿下所有企业的策略选择向转型的方向收敛，吸收能力较弱的企业 2 收敛速度更快；低初始意愿下异质性企业的策略选择存在方向性的差异，吸收能力较强企业 1 的策略选择向转型的方向收敛，吸收能力较弱企业 2 的策略选择向不转型的方向收敛。

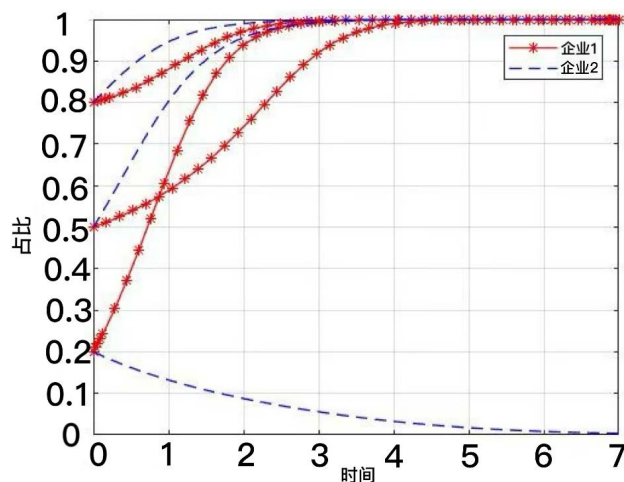


Figure 13. The case of low transformation costs

图 13. 低转型成本的情形

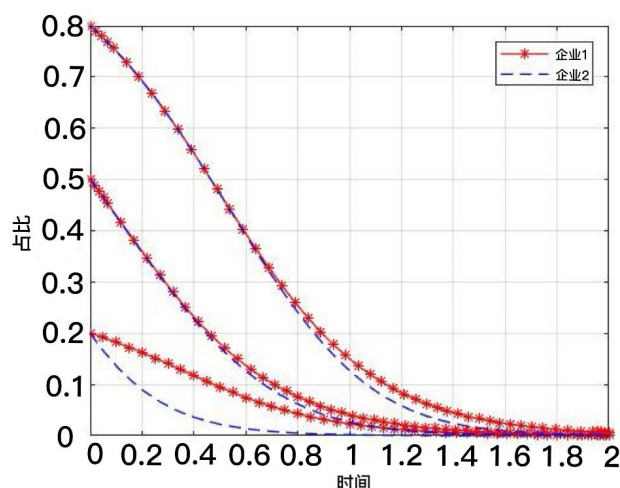


Figure 14. The case of high transformation costs

图 14. 高转型成本的情形

将转型成本设置为 $m=6$ ，可以得到对应的演化路径，见图 14。由图可以看出，在高转型成本下的演化特征：低、中、高初始意愿下企业的策略选择都向不转型的方向收敛，吸收能力较弱企业 2 的收敛速度更快，且初始转型意愿的高低与收敛于不转型方向的快慢成正比。

对比图 8 和图 9 不难发现，技术实力较弱的企业 2 对转型成本的变动更为敏感。相较于前述的其它影响因素，转型成本的重要性处于居中地位，是影响企业在面临 OFDI 逆向技术溢出效应时是否选择数字化转型战略的重要依据。

5. 研究结论

基于斯塔克博弈与演化博弈交互的视角，本文研究了 OFDI 对异质性制造业企业数字化转型策略选

择的影响,发现逆向技术溢出效应、数据采集分析水平、运营方式平台化水平、生产过程数字化水平的作用等因素均会对企业的策略选择产生较大的影响,且有限信息、有限理性的博弈双方也会观望彼此之间的策略选择,本文研究结论在理论上弥补了 OFDI 与数字化交叉研究的相关不足,在实践上有助于为相关企业的数字化转型策略选择提供借鉴。

参考文献

- [1] Cohen, W.M. and Levinthal, D.A. (1990) Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, **35**, 128-152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- [2] 徐健, 陈丽珍. OFDI 逆向技术溢出效应和母国吸收能力——基于省际面板数据的实证分析[J]. 世界贸易组织动态与研究, 2014(5): 47-56.
- [3] Vial, G. (2021) Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda. In: Hinterhuber, A., Vescovi, T. and Checchinato, F., Eds., *Managing Digital Transformation*, Routledge, 13-66. <https://doi.org/10.4324/9781003008637-4>
- [4] Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A. and Song, M. (2017) Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World. *MIS Quarterly*, **41**, 223-238. <https://doi.org/10.25300/misq/2017/41:1.03>
- [5] 于津平, 夏文豪. 对外直接投资推动企业数字化转型了吗?——来自中国上市公司的经验证据[J]. 国际经贸探索, 2024, 40(5): 58-74.
- [6] 王鹏, 陈蝶欣. 美国货币政策不确定性冲击与企业数字化转型: 来自中国 OFDI 上市企业的证据[J]. 世界经济研究, 2025(3): 78-92+136.
- [7] 刘娟, 康茂楠, 赵丽婷. 需求激励还是创新抑制: OFDI 供应链外溢与本土企业数字化转型——基于客户与供应商关系的经验分析[J]. 财经研究, 2024, 50(12): 122-136.
- [8] 李明洋, 张乃丽. 数字化转型能否优化企业 OFDI 区位分布[J]. 当代财经, 2024(2): 111-124.
- [9] 郭娟娟. 数字化转型如何影响企业 OFDI 行为: 内在机制与经验证据[J]. 世界经济研究, 2024(2): 63-77+136.
- [10] 张家才, 武文博, 余典范. 企业数字化与跨国投资模式选择[J]. 首都经济贸易大学学报, 2024, 26(2): 33-47.
- [11] Friedman, D. (1991) Evolutionary Games in Economics. *Econometrica*, **59**, 637-666. <https://doi.org/10.2307/2938222>