

# Evolutionary Game of Technology Sharing Based on Enterprise Incentives

Deyu He\* and Hua Zou

School of Management, Shenyang University of Technology, Shenyang 110000, China

\*Corresponding author

**Keywords:** *technological innovation platform, technology sharing, evolutionary game*

**Abstract.** New technology revolution resulted in significant changes in the technological innovation activities, important role of technology innovation platform, platform construction is dependent on the technology sharing, this paper mainly based on evolutionary game theory, through the MATLAB software to simulation technology sharing strategy innovation ecosystem research, found that the enterprise has important influence on the strategy choice. The study deepens the understanding of technology sharing and its influencing factors in the technology-intensive innovation ecosystem from multiple perspectives, which is of great significance for promoting the sustainable and healthy development of innovative enterprises and obtaining technological competitive advantages.

## 考虑企业激励的技术共享演化博弈模型

何得雨\*, 邹华

<sup>1</sup>沈阳工业大学管理学院, 沈阳, 中国

\*通讯作者

**关键词:** 技术创新平台; 技术共享; 演化博弈

**摘要:** 新技术革命使技术创新活动发生了重大改变, 技术创新平台的重要作用日益凸显, 平台的构建离不开技术共享, 本文主要基于演化博弈, 通过MATLAB软件对创新生态系统技术共享策略进行仿真研究, 结果发现企业激励对策略选择有重要影响。研究从多种视角深化了对技术密集型创新生态系统中技术共享及其影响因素的理解, 对推动创新企业持续健康发展和获得技术竞争优势具有重要意义。

### 1. 引言

随着人工智能、大数据、互联网等新技术的迅速发展和广泛普及, 各创新主体之间的联系变得更加紧密, 参与者在创新投入、创新产出及创新商业化过程中的边界愈加模糊<sup>[1]</sup>, 组织资源、科技资源、网络资源和系统资源相互作用, 共同演化<sup>[2]</sup>, 创新已经进入了以创新生态系统为核心的创新3.0范式<sup>[3]</sup>。当下时代已经不是企业和企业之间的竞争, 而是创新生态系统间的竞争, 若企业只一味追求暂时性的利润最大化, 很有可能导致企业未来发展潜力跟不上, 难以实现可持续, 最终难逃衰退和破产的结局。中国经济发展进入新常态, 创新驱动已成为最根本的发展动力, 以数据挖掘、智能匹配等功能为代表的技术创新平台快速发展, 大大提高了资源利用和扩散效率。中国共享经济模式对企业的发展提出了更高的要求, 越来越多的企业选择资源共享策略来谋取附加收益和市场竞争能力, 技术资源作为企业维持竞争优势的必备要素, 尤其是异质性技术资源, 对企业的创新活动更具有战略性意义。

国内外学者关于技术共享已展开大量研究，基于过程视角，多数学者主张演化博弈思想，如赵黎明等认为应该将资源共享作为一种决策过程进行分析，具体体现在军民融合协同创新<sup>[4]</sup>、跨区域和跨学科创新等方面<sup>[5]</sup>，陈瑜等发现成本、政府补贴、预期收益等对战略性新兴产业生态位演化有重要影响<sup>[6]</sup>，王瑞花指出适度激励有利于组织内知识共享<sup>[7]</sup>；部分学者认为由于专利的垄断性，技术共享很难真正实现，这不仅阻碍创新成果的转移和实施，也给现有共享项目的发展带来了障碍，因此需要结合互联网等技术，构建专利开放许可平台，既为技术所有者保留专利权也要推动技术转移和实施<sup>[8]</sup>。

综合分析已有文献发现，技术资源的获得多直接被视为企业获益行为，而忽视了企业的异质性的影响，即由于企业能力不同，导致企业的技术吸收、适应和转化和承担风险能力不同，企业在整个系统中的容错程度也不同，这将使得不同企业选择技术共享策略的条件有所差异。因此，本文针对技术密集型视角，结合技术转化时滞性和企业形象等因素，考虑企业激励对创新企业的技术共享策略进行分析。

## 2. 模型构建

本文所构建的创新生态系统技术资源共享博弈模型中有两个利益主体：企业1和企业2，两个企业均作为生产者处于同一创新生态系统中，主要凭借技术获得产品优势和市场竞争力，但是并未达到寡头规模，所以其技术来源除了自主创新外，还需依靠技术交易获得，创新生态系统提倡开放式创新和共生演化，技术交易主要基于技术共享平台。因此，创新生态系统中企业的技术共享策略集为{共享，不共享}。

当文化环境处于良好态势时，企业将会对所处的创新生态系统产生认同感，即愿意为了打造更好的创新生态系统而努力，因此，当某企业愿意共享技术时，其他主体将会对其进行奖励，但是各企业对于其他的企业的奖励并不表现在直接的资金形式上，因为作为企业而言，其最大的价值偏好依然是自身收益，很难实现为了整体生态系统的平衡而让企业抽出一部分收益作为奖励，因此，该奖励一般体现在合作意愿，市场带动等间接方面。当然为了鼓励企业共享技术，构建良好创新生态环境，政府也会对共享企业进行奖励，但由于本文将政府视为监管者和引导者，所以暂不考虑政府给予企业的奖金，另外除了奖金形式外的奖励，一般包括企业荣誉、企业优先权等，本文认为这些间接性奖励也是与市场和其他企业相关，因此将政府的间接奖励也直接考虑到企业奖励中进行研究，论文主要指标包括：共享后的技术价值  $P$ ；企业1的原技术价值  $P_1$ ；企业2的原技术价值  $P_2$ ；企业1共享后技术价值分配系数  $r_1$ ；企业2共享后技术价值分配系数  $r_2$ ；企业1的技术存量  $N_1$ ；企业2的技术存量  $N_2$ ；企业1共享技术的比例  $\alpha$ ；企业2共享技术的比例  $\beta$ ；企业1从获得技术到获益的时滞系数  $\tau_1$ ；企业2从获得技术到获益的时滞系数  $\tau_2$ ；对企业1的惩罚  $K_1$ ；对企业2的惩罚  $K_2$ ；常数  $\mu$ ；企业1的形象因子  $\varepsilon_1$ ；企业2的形象因子  $\varepsilon_2$ ；企业1的技术共享成本  $C_1=c_1\alpha N_1$ ；企业2的技术共享成本  $C_2=c_2\beta N_2$ ，共享激励系数  $\gamma$ 。

### 2.1 支付矩阵

假设：创新生态系统监管机制完善，且各企业十分支持且期待创新生态系统的良好运行，那么当某企业选择共享技术后，将会获得来自系统中其他企业对其奖励，该奖励与企业共享的技术量有关。

表1 系统激励下的支付矩阵

		企业2	
		共享 $x_2$	不共享 $1-x_2$
企业1	共享 $x_1$	$P_1N_1 + Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 + \gamma\alpha N_1 - C_1$	$P_1N_1 + \gamma\alpha N_1 - C_1$
	不共享 $1-x_1$	$P_1N_1 + P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} - \varepsilon_1K_1$	$P_1N_1$
		共享 $x_2$	不共享 $1-x_2$
		$P_2N_2 + Pe^{-\mu\tau_2}r_2\alpha N_1\beta N_2 + \gamma\beta N_2 - C_2$	$P_2N_2 + P_1\alpha N_1e^{-\mu\tau_2} - \varepsilon_2K_2$
		$P_2N_2 + \gamma\beta N_2 - C_2$	$P_2N_2$

### 2.2 演化策略分析

对于企业1而言，其选择技术共享策略和不共享策略的期望收益可记为 $E_{11}$ 和 $E_{12}$ ，其平均收益为 $\bar{E}_1$ 。

企业1选择技术共享时的期望收益为：

$$E_{11} = x_2(P_1N_1 + Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 + \gamma\alpha N_1 - C_1) + (1-x_2)(P_1N_1 - C_1) = x_2Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 + P_1N_1 + \gamma\alpha N_1 - C_1 \quad (1)$$

企业1选择技术不共享的期望收益为：

$$E_{12} = x_2(P_1N_1 + P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} - \varepsilon_1K_1) + (1-x_2)P_1N_1 = x_2P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + P_1N_1 - x_2\varepsilon_1K_1 \quad (2)$$

企业1的平均技术收益为：

$$\bar{E}_1 = x_1E_{11} + (1-x_1)E_{12} = x_1(x_2Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 + P_1N_1 + \gamma\alpha N_1 - C_1) + (1-x_1)(x_2P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + P_1N_1 - x_2\varepsilon_1K_1) \quad (3)$$

企业1的复制动态方程为：

$$\frac{dx_1}{dt} = x_1(E_{11} - \bar{E}_1) = x_1(1-x_1) \left[ x_2(Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 - P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + \varepsilon_1K_1) + \gamma\alpha N_1 - C_1 \right] \quad (4)$$

同理企业2的复制动态方程为：

$$\frac{dx_2}{dt} = x_2(E_{21} - \bar{E}_2) = x_2(1-x_2) \left[ x_1(Pe^{-\mu\tau_2}r_2\alpha N_1\beta N_2 - P_1\alpha N_1e^{-\mu\tau_2} + \varepsilon_2K_2) + \gamma\beta N_2 - C_2 \right] \quad (5)$$

令  $\frac{dx_1}{dt} = 0$  ,  $\frac{dx_2}{dt} = 0$  可得局部均衡点： $Q_1(0,0), Q_2(1,0), Q_3(0,1), Q_4(1,1)$  ,

$$Q_5 \left( \frac{C_2 - \gamma\beta N_2}{Pe^{-\mu\tau_2}r_2\alpha N_1\beta N_2 - P_1\alpha N_1e^{-\mu\tau_2} + \varepsilon_2K_2}, \frac{C_1 - \gamma\alpha N_1}{Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 - P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + \varepsilon_1K_1} \right).$$

Jacobi矩阵：
$$J = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

其中

$$a_{11} = (1-2x_1) \left[ x_2(Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 - P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + \varepsilon_1K_1) + \gamma\alpha N_1 - C_1 \right]$$

$$a_{12} = x_1(1-x_1) (Pe^{-\mu\tau_1}r_1\alpha N_1\beta N_2 - P_2\beta N_2e^{-\mu\tau_1} + \varepsilon_1K_1)$$

$$a_{21} = x_2(1-x_2) (Pe^{-\mu\tau_2}r_2\alpha N_1\beta N_2 - P_1\alpha N_1e^{-\mu\tau_2} + \varepsilon_2K_2)$$

$$a_{22} = (1-2x_2) \left[ x_1(Pe^{-\mu\tau_2}r_2\alpha N_1\beta N_2 - P_1\alpha N_1e^{-\mu\tau_2} + \varepsilon_2K_2) + \gamma\beta N_2 - C_2 \right]$$

### 2.3 稳定性分析

根据对企业技术共享成本C的定义，其值与共享成本系数有关，且满足  $C_i = c_i\alpha(\beta)N_i$  ,

$i=1,2$ , 因此可以通过比较共享激励系数  $\gamma$  和共享成本系数  $c$  的值来判断系统局部稳定性:

(1) 当  $\gamma$  值极小, 即  $0 < \gamma < \min c_i (i=1,2)$  时, 演化稳定策略为{不共享, 不共享};

(2) 当  $\gamma$  值满足  $c_2 < \gamma < c_1$  时 ( $c_2 < c_1$ ), 且  $Pe^{-\mu t} r_1 \alpha N_1 \beta N_2 - P_2 \beta N_2 e^{-\mu t} + \varepsilon_1 K_1 > C_1 - \gamma \alpha N_1$  时演化稳定策略为{共享, 共享};

(3) 当  $\gamma$  值很大, 即  $\gamma > \max c_i (i=1,2)$  时, 演化稳定策略为{共享, 共享}。

为了验证上述稳定策略, 本文设定企业1和企业2的初始值从0到1等间距变化, 当  $\gamma$  值极小时, 企业1和企业2的策略演化结果如图1所示, 系统最终的演化结果为 (0,0), 即双方均不共享技术; 当  $\gamma$  值居于区间  $[c_1, c_2]$  或取值高于  $\max c_i$  时, 系统的演化结果如图2和图3所示, 企业1和企业2从初始位置演化至 (1,1) 点处, 最终双方的策略选择为{共享, 共享}。

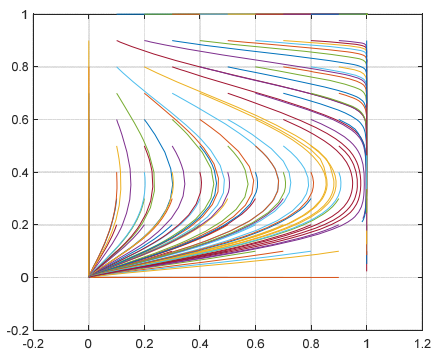


图1  $\gamma$  值极小时的演化过程

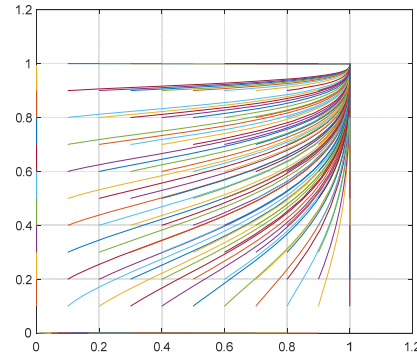


图2  $\gamma \in (c_2, c_1)$  时的演化过程

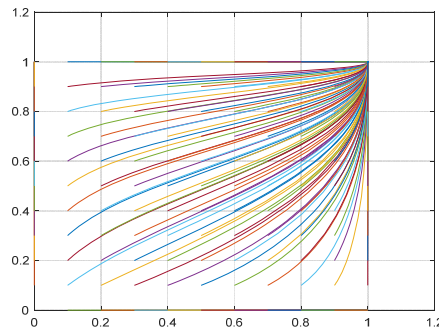


图3  $\gamma > \max c_i$  时的演化过程

上述结果表明, 对于技术密集型企业, 技术的转移十分重要, 而技术接受方对技术共享方的一定程度奖励会促使更多的企业选择技术共享, 当激励系数  $\gamma$  为0或较小时, 企业并没有太大意愿选择共享技术, 不共享成为被认可的最优策略。企业激励系数会对技术传递产生影响, 该值较小将会大大增加技术发展的难度, 当激励系数达到某种程度时, 企业选择技术共享策略的意愿明显强烈, {共享, 共享}成为更多企业的间关系的优先选择, 这表示参与创新的各企业能够团结一致, 除了实现自身利益最大化的同时, 也将未来平稳运行、健康发展作为企业的发展目标, 这将更加有利于技术创新整体发展, 最终实现各企业的共同成长与共生发展。

### 3. 结束语

本文基于演化博弈对技术密集型企业技术共享策略演化过程进行研究, 发现企业激励是影响企业技术共享策略选择的关键因素。分析结果显示, 由于企业对技术共享与合作创新的认同, 会以某种形式对选择技术共享的企业给予激励, 当激励达到一定程度时将会促进更多企业加入到技术共享行列中, 共同建设技术创新平台, 推动创新企业更好共同发展。

结合以上结果分析，对提高技术创新平台效用、促进技术密集型企业持续健康发展有如下启发：

(1) 政府在人才培养、人才配置、基础实施、技术平台构建等方面需要加大投入，并制定更具针对性的补贴、奖惩政策，大力扶持中小微型服务企业，增加市场中技术中介、融资机构数量，盘活创新生态系统中的技术流，尤其对于国家关键核心技术，要充分发挥创新生态系统的优势，尽早摆脱受制于人的局面；

(2) 要结合国际和国内整体现状，抓住新科技革命和国家中长期科技发展规划带来的机遇，切实实施开放式创新与共享式合作创新，积极与国内外优秀企业进行技术和人才交流，不断为企业注入新鲜血液，使企业在今后竞争之中脱颖而出。

## 致谢

本文为项目《沈阳产业创新资源报告编写》(2019-0-43-027)的阶段性成果之一。

## References

- [1] Chesbrough H, *Open Business Models: How to Thrive in the New Innovation Landscape*, Boston: Harvard Business School Press.(2006)
- [2] H.Y Li, Juan S., A Case-Study of Resource Integration and its Evolution in the Ecosystem of New Technology Innovation. *China Soft Science*. 6,129-141.
- [3] Z.Q Shi, R.L Cai, X.Q Zhu. Research on Innovation of Intelligent Production Sharing Business Model. *China Soft Science*. 6, 2017,pp. 130-139.
- [4] L.M Zhao, J.H Sun, H.B Zhang. Research on Technology Sharing Behavior of Civil-military Integrated Collaborative Innovation System based on Differential Game. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*. 31(3),2017 pp. 183-191.
- [5] M.Y Wang, L.J Xiao, Ling W. Research on the Incentive Mechanism of Cooperative Sharing of Strategic Emerging Industries based on Evolutionary Game. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*. 32(3), 2018,pp. 206-213.
- [6] Y Chen, F.G Xie, X.Y Yu et al., The Influencing Factors and Route Selection of the Niche Evolution of Strategic Emerging Industries. *Systems Engineering-Theory Methodology Application*. 27(3), 2018,pp. 414-421+451.
- [7] R.H Wang. The Evolutionary Game of Knowledge Sharing in Innovation Organizations. *Operations Research and Management Science*. 25(4),2016,pp. 31-38.
- [8] Q.D Chen. The Practice and System Value of Patent Open License from the Perspective of Sharing Economy. *Forum on Science and Technology in China*. 11, 2018,pp. 86-93.