

基于知识共享的供应链协同创新演化博弈分析

刘建刚, 马德清

摘要: 针对供应链上下游企业在知识共享过程中存在的有限理性和搭便车等问题, 引入关系资本等变量因素, 并以知识共享的直接受益、协同收益及共享成本之和表示供应链企业的最终收益, 建立包含供应商和制造商的基于知识共享的演化博弈模型。在模型建立的基础上, 分析和比较关系资本等因素变动的条件下, 演化博弈模型稳定策略的变动情况。研究表明: 可观的协同收益可以促进企业参与协同创新, 良好的企业关系可以显著减少知识共享成本、促进企业进行协同创新, 协同收益的合理分配及知识共享量的有效控制可以使更多的企业参与到供应链协同创新的活动中去。

关键词: 知识共享; 供应链; 协同创新; 演化博弈

作者简介: 刘建刚, 常州大学商学院副教授, 硕士生导师; 马德清, 常州大学商学院硕士研究生。

基金项目: 江苏高校哲学社会科学研究项目“江苏省协同创新中的障碍因素分析及运行机制研究”(2013SJB6300002); 常州大学“2011 计划”开放课题“国外高校协同创新模式研究及启示”(XTCX201508)。

中图分类号: F272 **文献标识码:** A **Doi:** 10. 3969/j. issn. 2095-042X. 2016. 04. 006

引言

随着知识经济的快速发展, 企业的分工越来越趋向于专业化和精细化, 同类产品间的竞争已经演化为以供应链为载体的动态联盟之间的竞争。以供应链为载体的创新资源和要素融合在提升供应链整体核心竞争力中的作用越来越重要, 供应链上各主体之间协同创新作为突破创新主体间壁垒的重要方法已经成为研究的热点。

在供应链企业进行协同创新的过程中, 知识的重要性被越来越多地凸显出来, 知识共享水平高的企业具有更高层次的创新能力^[1-2]。现有文献从不同的角度并建立不同的模型对知识共享和协同创新进行了研究。Kin^[3]从创新补贴的角度, 认为制造商可以通过给供应商提供创新补贴来降低成本, 达成良性循环。张巍^[4]从企业是否创新的角度, 比较分析了创新与不创新两种模式下的收益情况, 研究表明: 供应链三方只有进行协同创新才能得到最优的协调效果。王丽梅等^[5]通过构建基于知识共享的供应链企业协同创新模型, 分析了知识共享风险对企业间的协同行为的影响; 叶勇等^[6]运用修正 Shapley 模型和专家打分方法, 验证了在转移知识产权、技术融合和协同运营等过程中不可避免会产生知识溢出效应。

关系资本是企业与利益相关者, 为实现其共同目标而建立、维持和发展的关系, 并对关系进行投资而形成的资本。当供应链上下游企业拥有良好的关系资本时, 便倾向于分享各自特有的知识, 促进供应链整体的协同创新, 提高供应链在市场上的竞争优势, 为企业自身及供应链整体赢取更多收益。在关系

资本作用研究领域, 现有研究主要分为两个方面: 一是关系资本对于获取隐形知识影响的研究^[8]; 二是关系资本对于集群产业创新能力作用的研究^[9]。在实证研究方面, 国内学者叶飞等^[10]通过构建供应链伙伴角色、伙伴关系与信息共享水平之间关系的理论模型并实证分析发现, 伙伴关系作为中介变量可以间接地影响信息共享水平。

演化理论是生命科学理论, 是在达尔文的进化论和拉马克的遗传理论的基础上发展而来的。斯密斯、普瑞斯^[11]提出的具有演化稳定策略 (Evolutionary Stable Strategy) 的演化博弈理论近年来在不同的领域都得到了快速的发展。在经济管理领域, 王永平等^[12]借助演化博弈理论发现: 降低成本和风险、提升知识吸收能力和合作效应等能促进供应链成员间进行知识共享。在供应链管理的应用方面, 系统动力学也为演化博弈理论提供了一个政策仿真实验平台^[13-14], 于斌斌等^[15]运用演化博弈模型分析了集群企业技术创新模式选择的内在动态决策机理。由此可见, 供应链演化博弈分析已不再局限于理论模型, 而是通过各种数值分析使其更加贴近现实^[16]。

虽然关于知识共享、吸收能力等中介变量对企业创新产生影响的相关文献已不少, 但关于供应链关系资本对供应链协同创新的激励作用方面的研究还较少, 关系资本对于供应链协同创新的影响也很少通过演化博弈来分析。因此, 本文试图将供应链关系资本作为影响因子引入到演化博弈模型, 探讨供应链企业进行知识共享时哪些因素显著提高了协同创新的效率。

一、供应链协同创新的演化博弈模型

(一) 研究假设

供应链中进行知识共享的企业都是有限理性的, 在博弈初期很难找到最优策略, 都是在重复博弈的过程中不断学习、模仿和调整, 从而达到一个不易受干扰的均衡状态, 这与演化博弈理论不谋而合, 因此本文假设在满足上述条件的基础上, 构建演化博弈模型进行分析。

假设 a: 供应链企业在进行知识共享活动时, 只考虑供应商和制造商之间通过知识共享进行协同创新的演化博弈问题。

假设 b: 将供应商和制造商统称为知识共享主体, 平均分为 A 类和 B 类, 每种类型都有进行知识共享和不进行知识共享两种情况。其中, A 进行知识共享的概率为 x , 不进行知识共享的概率为 $1-x$, B 进行知识共享的概率为 y , 不进行知识共享行为的概率为 $1-y$, x 、 y 均为时间 t 的函数, 随时间的无限推移而不断变化。

假设 c: 供应链中进行知识共享的企业, 其收益由直接收益和协同收益两部分构成。直接收益与知识吸收能力 β_i ($\beta_i > 0$, 当企业的吸收能力越强, β_i 就越大, 反之, 越小)、企业地位系数 α_i ($\alpha_i > 0$, 与企业的规模有关, 当企业规模越大, α_i 也会增大) 及对方知识的共享量 K_i 相关, 因此 A、B 类企业成员的直接收益表示为 $\alpha_A \beta_A K_A$ 、 $\alpha_B \beta_B K_B$ 。协同收益的总量用系数 R 表示, p 代表协同收益的分配比例, A、B 企业的协同收益分别表示为 pR 与 $(1-p)R$ 。供应链中的企业每共享 K_i 的知识量, 就会花费 $\gamma_i K_i$ 的成本, 其中 γ_i 为关系资本系数 ($0 < \gamma_i < 1$, 当供应链上下游企业间的关系越好, 企业的共享成本就越低, γ_i 就越小), 因此 A、B 企业的共享成本用 $\gamma_A K_A$ 、 $\gamma_B K_B$ 表示。

(二) 供应链演化博弈模型构建

在供应链协同创新过程中, 当供应链上下游企业都愿意共享知识时, 企业就会收获知识, 参与协同创新, 获取直接收益和间接收益, 支付共享成本; 当只有部分企业共享知识时, 共享知识的一方就需支付成本而无任何收益, 不进行知识共享的一方却可以获得直接收益不支付知识共享成本, 也不能获得协

同收益；当供应链企业都不共享知识时，企业的收益都将为0。根据上述论述，可以得到双方的支付矩阵（见表1）。

表1 供应链知识共享双方博弈的支付矩阵

| | | B | |
|---|------------|--|--------------------------------------|
| | | 共享 y | 不共享 1-y |
| A | 共享 x | $\alpha_A\beta_A K_B + pR - \gamma_A K_A, \alpha_B\beta_B K_A + (1-p)R - \gamma_B K_B$ | $-\gamma_A K_A, \alpha_B\beta_B K_A$ |
| | 不共享 1-x | $\alpha_A\beta_A K_B, -\gamma_B K_B$ | 0, 0 |

当B类企业的共享方案不确定，则A类企业共享知识所获受益、不共享知识所获受益及平均期望收益 U'_A 、 U''_A 、 \bar{U}_A 分别如公式（1）、（2）、（3）所示：

$$U'_A = y(\alpha_A\beta_A K_B + pR - \gamma_A K_A) + (1-y)(-\gamma_A K_A) = y(\alpha_A\beta_A K_B + pR) - \gamma_A K_A \quad (1)$$

$$U''_A = y(\alpha_A\beta_A K_B) + (1-y)0 = y(\alpha_A\beta_A K_B) \quad (2)$$

$$\bar{U}_A = x(U'_A) + (1-x)(U''_A) = xy pR + y\alpha_A\beta_A K_B - x\gamma_A K_A \quad (3)$$

同理B类供应链企业的平均期望收益为如公式（4）所示：

$$\bar{U}_B = y(U'_B) + (1-y)(U''_B) = xy(1-p)R + x\alpha_B\beta_B K_A - y\gamma_B K_B \quad (4)$$

二、演化博弈模型分析

（一）均衡稳定性分析

根据对A、B类企业进行知识共享的期望收益、平均收益及动态复制方程的定义，可以得到A、B类企业如下的复制动态方程：

$$F = \frac{dx}{dt} = x(U'_A - \bar{U}_A) = x(1-x)(y pR - \gamma_A K_A) \quad (5)$$

$$G = \frac{dy}{dt} = y(U'_B - \bar{U}_B) = y(1-y)x(1-p)R - \gamma_B K_B \quad (6)$$

令 $F=0$ ， $G=0$ 可得该演化博弈系统的局部平衡点：E1 (0, 0)、E2 (0, 1)、E3 (1, 0)、E4 (1, 1)、E5 ($\frac{\gamma_B K_B}{(1-p)R}$, $\frac{\gamma_A K_A}{pR}$)。本文根据雅克比矩阵的行列式和迹的符号分析演化博弈论的演化稳定策略，当矩阵的行列式大于0，迹小于0时，该均衡点就是稳定的。下文雅克比矩阵J由（5）、（6）两式的一阶导数按一定的方式排列而成：

$$J = \begin{bmatrix} \frac{dF}{dx} & \frac{dF}{dy} \\ \frac{dG}{dx} & \frac{dG}{dy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2x)(y pR - \gamma_A K_A) & x(1-x)pR \\ y(1-y)(1-p)R & (1-2y)(x(1-p)R - \gamma_B K_B) \end{bmatrix} \quad (7)$$

雅克比矩阵的行列式可以表示为：

$$D = \frac{dF}{dx} * \frac{dG}{dy} - \frac{dF}{dy} * \frac{dG}{dx} \quad (8)$$

矩阵的迹可以表示为：

$$T_r = (1-2x)(y pR - \gamma_A K_A) + (1-2y)(x(1-p)R - \gamma_B K_B) \quad (9)$$

通过计算雅克比矩阵的行列式和迹，可以得到该演化博弈的局部稳定性结果，如表2。

表 2 供应链企业知识共享局部稳定分析结果

| 均衡点 | 行列式 D (符号) | 矩阵的迹 Tr (符号) | 结果 |
|---|---|--|-----|
| E1 (0, 0) | $\gamma_A \gamma_B K_A K_B$ (+) | $-(\gamma_A K_A + \gamma_B K_B)$ (-) | ESS |
| E2 (0, 1) | $\gamma_B K_B (pR - \gamma_A K_A)$ (+, -) | $\gamma_B K_B + pR - \gamma_A K_A$ (+) | 不稳定 |
| E3 (1, 0) | $\gamma_A K_A ((1-p)R - \gamma_B K_B)$ (+, -) | $\gamma_A K_A + (1-p)R - \gamma_B K_B$ (+) | 不稳定 |
| E4 (1, 1) | $(pR - \gamma_A K_A) ((1-p)R - \gamma_B K_B)$ (+) | $\gamma_A K_A - R - \gamma_B K_B$ (-) | ESS |
| E5 ($\frac{\gamma_B K_B}{(1-p)R}, \frac{\gamma_A K_A}{pR}$) | $-\gamma_A \gamma_B K_A K_B \frac{[(1-p)R - \gamma_B K_B](pR - \gamma_A K_A)}{p(1-p)R^2}$ (-) | 0 | 鞍点 |

表 2 稳定性分析的结果表明: 演化博弈的 5 个局部均衡点中, 均衡点为 E1 (0, 0) 和 E4 (1, 1), E2 (0, 1) 和 E3 (1, 0) 是两个不稳定的平衡点, 而 E5 ($\frac{\gamma_B K_B}{(1-p)R}, \frac{\gamma_A K_A}{pR}$) 是一个鞍点。由图 1 知, 演化系统的初始位置决定演化稳定结果, 如果系统的初始位置在 E1E2E5E3 内, 则供应链企业的演化博弈结果是都不进行知识共享, 反之, 若系统的初始位置位于 E2E5E3E4 内, 则供应链企业的演化结果是都进行知识共享。

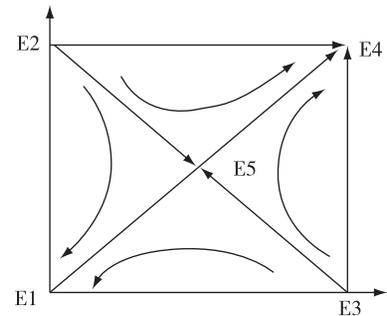


图 1 供应链企业知识共享演化相图

(二) 演化路径的影响因素分析

供应链中参与演化博弈的企业通常具有短视的特点, 演化博弈成员的初始状态往往决定了演化策略的选择方向。由图 1 知, 演化博弈的初始状态可用鞍点表示, 分析鞍点中的相关系数可以理解哪些因素的变化会使演化博弈朝着更优的方向发展。下文对企业演化路径的关系系数 γ_i 、知识共享量 K_i 及协同收益总量 R 等因素进行分析。

1. 关系系数 γ_i 的变化对演化路径的影响分析

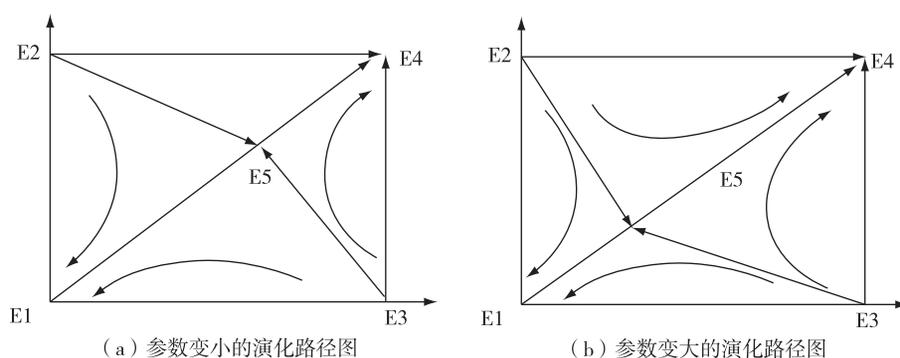
其它因素不变的情况下, 当供应链内企业诚信友好时, 供应链的关系资本对供应链协同创新具有促进作用。在本文的演化博弈模型中, 供应链内企业关系越亲密, 供应链企业共享知识的成本 γ_i 就越小, 由于总体收益与 γ_i 成反比, 因此演化相图上的鞍点就会如图 2-(b) 所示向 E1 移动, 企业就更可能选择进行知识共享; 反之, 当供应链内企业之间关系一般, 企业就会倾向于选择不进行知识共享。可见, 当供应链上下游企业之间关系良好时, 供应链内企业更有可能朝着协同创新的方向发展。

2. 知识共享量 K_i 的变化对演化路径的影响分析

其他因素不变的情况下, 当供应链上下游企业拥有的异质性知识越多且愿意分享时, 供应链内企业进行知识共享的成本就会增加, 企业在比较收益与成本时就可能不愿意大量共享知识。在本文的模型中, 供应链内企业愿意分享的知识越多, 知识共享量系数 K_i 就越大, 共享所需要的成本也越多, 由于总体收益与 K_i 成反比, 因此, 演化相图上的鞍点就会如图 2 所示向 E4 移动, 企业就可能不进行知识共享; 反之, 当企业共享少量知识就可以获得较高收益时, 企业就愿意进行知识共享。可见, 要使供应链朝着协同创新的方向发展, 供应链的上下游企业要在权衡成本与收益的基础上合理选择知识共享量。

3. 协同创新收益系数 R 的变化对演化路径的影响分析

其它因素不变的情况下, 当供应链上下游企业进行协同创新获得的协同收益越大, 系数 R 的值就越大, 由于总体收益与 R 成正比, 演化相图上的鞍点就会如图 2-(b) 所示向 E1 点移动, 企业会更可能选择进行知识共享; 当供应链企业之间的协同收益不理想, 演化相图上的鞍点就会如图 2-(a) 所示向 E4 点移动, 企业更可能选择不进行知识共享。可见, 当协同创新收益可观、知识共享成本相对较少时, 供应链企业更可能选择进行协同创新。

图2 参数 γ_i 变化的演化路径图

4. 企业共享成本与协同收益之比对演化路径的影响分析

当 $0 < \gamma_B K_B < (1-p)R$ 且 $0 < \gamma_A K_A < pR$ 时, A、B 两企业的知识共享成本小于协同收益, 此时博弈的初始点位于图 1 中 $E_1E_2E_3E_4$ 所围成的区域内, 系统收敛于 E_1 点或 E_2 点; 当 $0 < (1-p)R < \gamma_B K_B$ 且 $0 < \gamma_A K_A < pR$ 或 $0 < \gamma_B K_B < (1-p)R$ 且 $0 < pR < \gamma_A K_A$ 时, 两类企业中只有一类企业的共享成本小于其通过知识共享获得的协同收益。因此获得的协同收益较多的企业就会乐于进行知识共享, 而另一方会选择放弃知识共享, 最后两类企业都不会选择共享知识; 当 $0 < (1-p)R < \gamma_B K_B$ 且 $0 < pR < \gamma_A K_A$ 时, A、B 两类企业共享知识的成本都大于协同收益, 因此这两类企业最后都不会选择进行知识共享。上述分析表明, 协同收益的合理分配, 会使更多的企业参与到供应链企业的协同创新活动中。

三、结论与建议

为解决供应链中参与协同创新的企业存在的机会主义问题, 在考虑知识共享的直接受益、协同收益和共享成本的基础上, 引入关系资本这一要素, 建立包含供应商和制造商的演化博弈模型, 并根据演化相位图分析关系资本等因素的变动对演化结果的影响, 研究发现: 企业间良好的关系可以显著减少知识共享成本, 成功实现物料、服务及信息的顺畅流动, 促进企业进行协同创新。通过对相关变量因素的分析, 可对供应链企业提高协同创新效率提出如下建议:

(一) 构建合理的协同收益与共享成本比例

根据供应链协同创新的演化结果, 该演化博弈模型中的协同收益和共享成本对演化路径的影响并不总是独立的, 供应链在协同创新的过程中, 进行知识共享的企业都以实现自身利用最大化为目标, 均衡的收益分配和共享成本才能被双方接受。因此为促进供应链企业进行持续的协同创新, 可以引入第三方评估机构对各种影响因素的重要性进行打分, 从而确定合理的分配比例系数, 避免供应链企业因分配不均而终止共享知识。

(二) 鼓励和宣传企业积累良好的关系资本

在供应链协同创新的演化博弈模型中, 关系资本系数 γ_i 影响着供应链企业的共享成本, 进而影响供应链企业进行协同创新的最终收益, 对供应链企业是否共享知识有决定性的作用。因此关系资本决定了供应链企业演化博弈的结果, 当供应链企业间相互信任、相互尊重, 供应链中的企业就容易建立强关系, 乐于和其他企业分享经验和隐性知识, 这样企业在进行协同创新时就可以降低成本, 避免机会主义, 获得更多的收益, 因此宣传关系资本的重要性, 鼓励企业积累良好的社会资本将促进供应链的协同创新。

(三) 设定合理的知识共享量

供应链企业间进行知识共享是供应链实现协同创新的基础。依据演化博弈的分析结果可知, 知识共享量并不是越多越好。一方面, 大量的知识共享会使得企业进行知识共享的成本显著升高; 另一方面, 一次性共享大量知识, 持久的协同创新将难以形成。当然, 如果企业之间没有知识交流, 企业间的协同

创新也将无从谈起。因此, 企业在进行知识共享时, 可以根据企业的最终收益和共享成本, 设置合理的知识共享量, 保证供应链企业在盈利的基础上实现持续稳定的协同创新。

参考文献:

- [1] SHI M H, TSAI H T, WU C C, et al. A holistic knowledge sharing framework in high-tech firms: game and cooperation perspectives [J]. *International Journal of Technology Management*, 2006, 36 (4): 354-367.
- [2] SHIH S G, Hu T P, Chen C N. A game theory-based approach to the analysis of cooperative learning in design studios [J], *Design Studies*, 2006, 27 (6): 711-722.
- [3] KIN B. Coordinating an innovation in supply chain management [J]. *European Journal of Operational Research*, 2000, 123 (3): 568-584.
- [4] 张巍, 张旭梅, 肖剑. 供应链企业间的协同创新及收益分配研究 [J]. *研究与发展管理*, 2008, 20 (4): 81-88.
- [5] 王丽梅, 韩明华. 供应链企业间协同创新研究——基于知识共享的视角 [J]. *现代情报*, 2013, 33 (10): 29-37.
- [6] 叶勇, 王婧, 辜丽川. 基于知识溢出效应的供应链企业利用协调研究 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30 (11): 291-297.
- [7] NAHAPIET J, GHOSHA S. Social capital, intellectual capital and the organization advantage [J]. *Academy of Management Review*, 1998, 23 (2): 242-266.
- [8] POWELL W W. Learning from collaboration: knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries [J]. *California Management Review*, 1998, 40 (3): 228-240.
- [9] CAPELLO R. Spatial transfer of knowledge in high-technology milieu: learning versus collective process [J]. *Regional Studies*, 1999, 33 (4): 353-365.
- [10] 叶飞, 徐学军. 供应链伙伴特性、伙伴关系与信息共享的关系研究 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12 (4): 115-128.
- [11] SMITH M, PRICE G R. The logic of animal conflicts [J]. *Nature*, 1973, 246: 15-18.
- [12] 王永平, 孟卫东. 供应链企业合作竞争机制的演化博弈分析 [J]. *管理工程学报*, 2004, 18 (2): 96-98.
- [13] 冯长利, 周剑, 兰鹰. 供应链成员知识共享行为演化博弈模型 [J]. *情报杂志*, 2012, 31 (3): 138-144.
- [14] 蔡玲茹, 吴思俊, 陈双. 供应商与零售商演化博弈系统动力学模型 [J]. *汕头大学学报 (自然科学版)*, 2015, 30 (1): 53-63.
- [15] 余斌斌, 于雷. 基于演化博弈的集群企业创新模式选择研究 [J]. *科研管理*, 2015, 36 (4): 30-38.
- [16] 于国栋, 杨育, 李斐, 等. 客户协同产品创新系统鲁棒性分析与优化 [J]. *计算机集成制造系统*, 2014, 20 (12): 2926-2934.

An Analysis of Collaborative Innovation and Evolutionary Game of Supply Chain based on Knowledge Sharing

Liu Jiangan, Ma Deqing

Abstract: In order to solve the problem of bounded rationality and free-rider in the collaborative innovation among upstream and downstream supply chain enterprises, an evolutionary game model is built which is composed of suppliers and manufacturers. Variable factors like enterprise relationship are introduced into the model and the sum of directly benefits, synergy gains and shared costs make the final benefits. On the basis of the model, under the condition of analyzing and comparing variable factors like enterprise relationship, how Evolutionary Stable Strategies (ESS) changed by related factors is studied. The results demonstrate that considerable synergy benefits can promote enterprises to participate in collaborative innovation; a good business relationship can significantly reduce knowledge sharing costs, facilitate enterprises' collaborative innovation; rational distribution of synergy benefits and effective control of knowledge sharing quantity can make more enterprises participate in the supply chain collaborative innovation activities.

Key words: knowledge sharing; supply chain; collaborative innovation; evolutionary game

(收稿日期: 2016-03-21; 责任编辑: 沈秀)