

# 创新生态系统中非正式治理对系统 成员共生关系的影响研究

高嘉馨<sup>1,3</sup>, 王 涛<sup>2</sup>, 顾 新<sup>2,3</sup>

(1. 四川大学公共管理学院, 成都 610064; 2. 四川大学商学院, 成都 610064; 3. 成都市软创智业研究会, 成都 610023)

**摘 要:** 非正式治理能够协调成员间共生关系和行为, 促进成员间相互依存、互动耦合, 进而推动创新生态系统健康共生发展及价值共创. 本文基于社会嵌入理论与组织生态学, 根据现有研究归纳出信任、声誉、合作文化、联合制裁四种非正式治理, 运用 Logistic 模型, 构建共生理论视角下非正式治理对创新生态系统企业等成员共生关系演化影响的共生模型, 并对模型进行演化稳定性分析和仿真. 研究结果表明: 创新生态系统成员共生演化取决于成员间共生系数的强弱, 其中, 信任、声誉、合作文化共生系数对系统成员共生演化产生正向影响, 利于互惠共生形成, 而联合制裁对系统成员共生演化的影响既有正向也有负向的, 可能产生寄生、偏利或互惠共生. 系统成员共生稳定状态的收益受非正式治理共生系数和主体收益最大值影响. 非正式治理影响创新生态系统各企业向互惠共生关系的演化, 为企业非正式治理发挥正向作用, 实现价值共创及创新生态系统合作共生健康运行提供启示.

**关键词:** 创新生态系统; 非正式治理; 共生关系; 演化; 仿真

**中图分类号:** F270.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19907/j.0490-6756.2021.067003

## Research on the impact of informal governance in the innovation ecosystem on the symbiosis of system members

GAO Jia-Xin<sup>1,3</sup>, WANG Tao<sup>2</sup>, GU Xin<sup>2,3</sup>

(1. Public Administration School, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

3. Chengdu Soft Innovation Intelligence Association, Chengdu 610023, China)

**Abstract:** Informal governance can coordinate symbiotic relationships and behaviors among members, promote interdependence and interaction among members, and promote the healthy symbiotic development and value co-creation of the innovation ecosystem. Based on the social embedding theory and organizational ecology, this paper summarizes four types of informal governance: trust, reputation, cooperative culture, and joint sanctions based on existing research. Using the Logistic model, we construct a symbiosis model of the informal governance influence on the symbiosis relations evolution among members of the innovation ecosystem from the perspective of symbiosis theory, and conduct evolutionary stability analysis and simulation of the symbiosis model. The research results show that the symbiosis evolution of members of the innovation ecosystem depends on the strength of the symbiosis coefficient be-

收稿日期: 2021-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(71602132, 71971146); 四川大学创新火花项目(2019hhs-18)

作者简介: 高嘉馨(1996—), 女, 山东烟台人, 硕士研究生, 成都市软创智业研究会会员, 主要研究方向为教育经济与管理.

通讯作者: 王涛. E-mail: springer\_wt@sina.com

tween members. Among them, the symbiosis coefficient of trust, reputation, and cooperative culture has a positive impact on the symbiosis evolution of system members, which is conducive to the formation of mutual symbiosis. The impact of joint sanctions on the symbiosis and evolution of system members is both positive and negative, which may produce parasitic, partial or reciprocal symbiosis. The income of the symbiosis and stable state of system members is affected by the symbiosis coefficient of informal governance and the maximum income of the main body. Informal governance affects the evolution of enterprises in the innovation ecosystem to a mutually beneficial symbiosis relationship, and provides enlightenment for the formulation of informal governance of enterprises, the realization of value co-creation and the healthy operation of cooperation and symbiosis of the innovation ecosystem.

**Keywords:** Innovation ecosystem; Informal governance; Symbiotic relationship; Evolution; Simulation

## 1 引言

在后疫情时代、知识与数字经济及开放式创新的复合情境下,创新生态系统越来越受到人们的关注与重视,步入发展的新高度<sup>[1]</sup>. 创新生态系统是由基于合作共生为基础和价值共创为导向的不同创新成员及其环境因素构成<sup>[2]</sup>. 其“生态性”体现在创新成员间、创新成员与环境间的共生关系<sup>[3]</sup>. 基于组织生态学,创新生态系统中企业等核心成员通过积极领导与其他成员合作开展知识等资源动态交互、互补和内生互动耦合以形成共生效应<sup>[4]</sup>,实现成员间动态共生演化,推动实现合作共生和价值共创<sup>[5]</sup>,获得可持续发展的竞争能力.

然而,由于创新生态系统中创新环境和过程的复杂性、信息的不对称性、契约的不完备性、个体的有限理性和目标不一致以及知识的难以复制、差异性、嵌入性和默会性等,再加上创新要素的孤岛化、机械拼凑化和碎片化等问题<sup>[6]</sup>,会使系统中各成员面临知识等资源共享困境、机会主义行为和文化不兼容等现象,极大影响了企业与其他成员的互动关系的稳定性、持久性,进而直接影响了成员间合作共生关系与收益. 因此,在高度复杂与不确定性的创新生态系统环境中,协调企业与其他成员的利益关系,实现合作共生,保证创新生态系统中跨组织合作共生关系健康持续发展,需要深化创新生态系统的治理研究<sup>[7]</sup>. 治理包括正式治理和非正式治理<sup>[8]</sup>. 创新生态系统中企业等其他成员面临的机会主义等风险使得正式治理对系统中知识等资源共享不足、合作冲突、事后的道德风险等问题治理存在局限性. 非正式治理以社会嵌入为基础,依靠成员间的信任、声誉、激励、合作文化、限制进入、联合制裁等治理手段<sup>[9]</sup>,有利于防止创新生态系统成员合作中知识等资源共享困境、搭便车、要挟等机会

主义行为发生,推动知识等资源整合与配置能力的有机耦合,加强和改善创新生态系统中合作成员间的关系和行为,强调合作成员的利益调和及均衡. 可见,创新生态系统中非正式治理通过激发创新企业与其他成员的内在动机来约束、规范及控制其关系与行为<sup>[10]</sup>,进而影响系统企业与其他成员共生关系. 基于社会嵌入理论与组织生态学,非正式治理影响创新生态系统中成员共生关系,但如何影响其共生过程尚有待探讨.

关于非正式治理的研究尚处于起步阶段,现有研究多关注于非正式治理对各成员关系及创新绩效的影响<sup>[11-12]</sup>,而对所嵌入的创新生态系统中各成员共生关系演化的影响研究较少. 且现有研究多将信任、声誉、联合制裁、合作文化等非正式治理方式各自独立进行探究,这与多个非正式治理共同作用影响创新生态系统成员共生关系的实践不相符. 根据社会嵌入理论与组织生态理论,创新生态系统中非正式治理具有持续互动特性,成员共生关系演化是复杂动态变化的过程,其内在机理很难借助理论与实证数据方法来进行有效分析. 因此,本文从动态视角出发,基于共生理论构建信任、声誉、联合制裁、合作文化等多种非正式治理共生系数及其创新生态系统成员共生模型,分析创新生态系统共生环境中企业等成员收益的增长规律、共生模式、演化路径和稳定性,将共生系数的影响分解细化,并进行仿真分析,研究非正式治理如何动态影响创新生态系统企业等成员间共生关系演化. 通过研究非正式治理对创新生态系统企业等成员共生关系演化的影响,丰富了创新生态系统中非正式治理与共生关系演化相关理论,为创新生态系统非正式治理的发展维护及成员互惠共生关系的构建提供一些新思路和管理启示,对在创新生态系统中构建跨组织的环境互惠共生关系具有借鉴意义.

2 文献综述与概念模型

2.1 创新生态系统中成员共生要素与关系

创新生态系统是以价值共创为导向的核心企业等成员和环境要素之间进行资源流、技术流和信息流的互动耦合,形成竞合共生,实现共生演化,推动系统整体进化的趋向,进而实现价值创造<sup>[13]</sup>. 创新生态系统具有共生性、区域性、多样性、网络性、自维持性和竞争性六大特征<sup>[14]</sup>,其共生性是根本性特征<sup>[15]</sup>. 基于组织生态学与共生理论,创新生态系统与生态学中生物间、生物与环境间所形成的相互依赖、互利共生的生物生态系统相似,是一个由共生单元、共生环境、共生模式构成的共生体,更加关注创新生态系统中成员间及成员与环境等要素间的共生互动关系. 因此,根据文献<sup>[16]</sup>,借助共生理论,从共生单元、共生环境、共生模式等共生要素视角揭示创新生态系统企业等成员共生关系演化.

共生理论是指两种或多种种属物质依据某种联系生活在一起,在共生环境中相互作用形成的相互依存、共生共荣的关系<sup>[17]</sup>. 共生单元、共生环境和共生模式是构成创新生态共生系统的要素,彼此相互影响,共同促进创新生态系统共生体的动态演化. 其中,共生单元是构成创新生态系统的基本单位,由企业等核心成员及大学、科研机构、金融机构、政府、中介服务机构等其他成员构成. 共生环境是指在创新生态系统中影响共生单元互动发展的内外部政治、经济、社会、文化环境等,良好的共生环境可以促进创新向更高水平演化<sup>[18]</sup>. 共生界面是共生单元间的联结通道和接触方式,是共生单元间进行资源、信息、能力等互动耦合的载体. 共生模式是指创新生态系统共生单元间相互联结和作用的模式,体现了共生单元间的知识、信息和资源等流动和转换关系,共生利益是其产生的基础. 在创新生态系统共生环境中,企业等核心成员与其他成员等共生单元基于创新生态系统所形成的共生界面运用各种共生模式进行共生活动,以实现价值创造和获取,见图1.

创新生态系统中共生模式是指核心成员与其他成员相互作用的模式,可分为独立、寄生、偏利、非对称性和对称性互惠等五种共生<sup>[19]</sup>. 独立共生表现为创新生态学系统中各成员互不影响,独立发展. 寄生共生表现为系统各成员分别存在寄生共生关系,一方成员受益,另一方成员受损. 偏利共生表现为系统各成员分别存在偏利共生关系,一方成员

受益,另一方成员无影响. 非对称互惠共生表现为系统各成员分别存在互惠关系,各成员获得不同的收益,有利于实现利益演化均衡. 对称互惠共生表现为系统各成员分别存在互惠关系,各成员获得相同的收益,相互促进彼此收益的提升,有利于快速实现利益演化均衡. 在创新生态系统共生环境中,互惠共生是系统共生关系演化的最佳状态,应推动独立、寄生、偏利等共生模式向互惠共生模式转化.

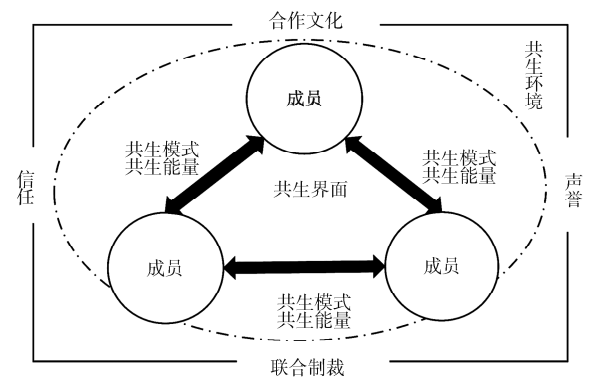


图1 创新生态系统非正式治理图示  
Fig. 1 Diagram of informal governance of innovation ecosystem

2.2 创新生态系统中非正式治理与成员共生关系

非正式治理基于社会嵌入而建立的社会规范和共同期望使得社会环境对创新生态系统中企业等成员行为起到约束、规范及控制作用<sup>[9]</sup>,从而影响彼此间合作共生关系. 社会嵌入性包括关系嵌入、结构嵌入和认知嵌入<sup>[20]</sup>. 关系嵌入通过产生对他人的预期来规避合作风险以推动系统成员间的协同共生,结构嵌入通过传递系统各共生成员的行为信息以推动集体监督制裁的落实,认知嵌入通过营造合作氛围促进成员实现行为的自我约束,推动成员间共生关系的演化<sup>[21]</sup>. 基于社会嵌入理论可以看出,非正式治理嵌入创新生态系统并对系统成员的行为和关系产生影响,即对创新生态系统中成员间的共生关系和其变化产生影响.

通过文献梳理,并主要借鉴 North<sup>[9]</sup>、Zenger等<sup>[20]</sup>、孙国强等<sup>[11]</sup>学者的观点,本研究归纳出信任、声誉、合作文化、联合制裁四种非正式治理方式. 不同的非正式治理在创新生态系统成员共生关系演化中发挥不同的作用. 信任是企业创新生态系统重要的非正式治理机制<sup>[22]</sup>,在创新环境高度的复杂性、不确定性和信息不对称情形下决定了合作只有在企业等成员互信的基础上才可能是有效的,即信任是合作的基础,能够有效应对合作产生机会主义行为<sup>[23]</sup>,为成员提供更多获取资源、信息的合

作交流机会,对系统合作成员间关系协调影响显著,推动建立和维护彼此间互惠共生关系,利于相互促进彼此利益增加,促进创新生态系统共生演化健康运行。声誉是一种使创新生态系统中企业等成员获取长期利益的隐性正向激励机制<sup>[24]</sup>,良好的声誉在系统成员合作中扮演重要角色,可以防止各成员间摩擦冲突,规范和约束共生成员行为,进而增强合作共生成员间的互动耦合、交互行为,提升创新能力及共生利益,以维护共生关系演化的稳定健康发展。合作文化是被创新生态系统共生企业等成员共享的,且对其经济活动、战略目标和准则制定起约束作用的软环境,是建立成员间合作关系的前提<sup>[25]</sup>,对共生成员间关系和行为产生重要影响,有利于增强共生成员间互动交流和学习的<sup>[26]</sup>有效性,推动创新生态系统各成员共生利益提升,实现价值共创。联合制裁是把双刃剑,对创新生态系统成员共生演化既可能产生积极也可能产生消极影响。一方面联合制裁是对创新生态系统中共生成员间机会主义行为、道德风险等问题进行事前威慑和事后惩罚的机制,抑制或惩罚机会主义行为<sup>[27]</sup>,规范系统共生成员行为,以内生市场选择方式来维护系统共生成员间良好合作关系,推动共生利益增加。另一方面,联合制裁也会导致消极情绪,过度严厉惩罚机会主义行为会导致创新生态系统共生成员间交流减少<sup>[28]</sup>,也会付出大量成本,不利于共生成员间的合作交流,不利于其互惠共生关系的形成与维护。可见,在创新生态系统中,信任、声誉、合作文化和联合制裁等非正式治理对系统成员的合作关系共同发挥作用,进而影响系统成员共生关系的演化。

综上,在创新生态系统共生环境中,非正式治理能够影响企业等成员的共生关系、行为与利益,进而影响创新生态系统共生关系演化。在创新生态系统共生体中,成员间的相互关系通过共生系数体现,其共生系数的大小与方向是判定系统成员间可能存在的独立、寄生、偏利、非对称性和对称性互惠等五种共生关系<sup>[29]</sup>。因此,本研究基于信任、声誉、合作文化、联合制裁等 4 种非正式治理构建共生系数和模型,探讨创新生态系统共生环境中成员收益的增长规律、共生模式、演化路径、稳定性以及共生系数中各相关参数的影响,进而揭示非正式治理对创新生态系统成员共生演化影响的内在机理,如图 1。

### 3 基于非正式治理的创新生态系统成员共生模型及稳定性分析

#### 3.1 共生模型构建

在生物学中,“共生理论”一般使用 Logistic 模型描述种群增长规律,受环境等因素限制,增长速度会随着种群的增加而放缓,最后趋于稳定,增长到达饱和值。基于组织生态学理论,创新生态系统成员共生关系发展演化过程与 Logistic 增长规律具有一定相似性,企业等成员通过知识等资源的合作耦合会产生新收益,在其传递、整合、创新的过程中收益会增加,但收益的增长受到系统内资源有限性和环境等约束,增长速度会放缓,直至停止增长进入稳定均衡期。在创新生态系统中可利用该模型分析成员收益的增长规律。得以下 Logistic 模型。

$$dR(t)/dt=rR(t)(1-R(t)/N) \quad (1)$$

式(1)中, $R(t)$ 为 $t$ 时刻该成员的收益; $r$ 为理想状态下成员收益的增长率; $N$ 是在一定时间及空间内,成员收益的极限即最大值; $1-R(t)/N$ 表示成员收益增长的阻滞系数,一般总是趋向于临界规模。

随着时间的推移,成员收益的增长率是逐渐降低的,当 $R(t)=N$ 时,成员收益到达最大值,即成员收益的增长率为 0。

在创新生态系统共生环境中,基于系统所形成的共生界面企业和其他成员等共生单元利用不同共生模式开展共生活动以获取共生利益。因此,本研究考虑核心成员和其他成员等多个成员的共生关系,在式(1)的基础上构建创新生态系统中多成员共生模型,其收益增长率为

$$\begin{aligned} dR_A/dt &= r_A R_A (1 - R_A/N_A + \delta_{BA} R_B/N_B + \delta_{CA} R_C/N_C + \dots + \delta_{NA} R_N/N_N) \\ dR_B/dt &= r_B R_B (1 - R_B/N_B + \delta_{AB} R_A/N_A + \delta_{CB} R_C/N_C + \dots + \delta_{NB} R_N/N_N) \\ dR_C/dt &= r_C R_C (1 - R_C/N_C + \delta_{AC} R_A/N_A + \delta_{BC} R_B/N_B + \dots + \delta_{NC} R_N/N_N) \dots \dots \\ dR_N/dt &= r_N R_N (1 - R_N/N_N + \delta_{AN} R_A/N_A + \delta_{BN} R_B/N_B + \dots + \delta_{(N-1)N} R_{N-1}/N_{N-1}) \end{aligned} \quad (2)$$

创新生态系统中双成员共生演化是多成员共生演化具体实践,本研究关键问题是探究创新生态系统中企业 A 与其他成员 B 的共生关系,因此设 $R_i=0(i=C,D,E,\dots,N)$ ,可将模型(2)简化为模型(3)。构建创新生态系统企业 A 与成员 B 共生模型,其收益增长率为



$$\begin{aligned} dR_A/dt &= r_A R_A (1 - R_A/N_A + \delta_{BA} R_B/N_B) \\ dR_B/dt &= r_B R_B (1 - R_B/N_B + \delta_{AB} R_A/N_A) \end{aligned} \quad (3)$$

共生模型中  $\delta$  是共生系数, 用来反映在创新生态系统中共生成员间相互作用的因素, 即共生成员间产生收益的共生. 在创新生态系统中, 非正式治理会影响创新生态系统各成员间的关系与行为, 作用于共生收益. 因此, 以企业 A 为例, 设共生系数  $\delta_{BA} = f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{BA})(E(P_{BA}) + E(W_{BA}) + E(Z_{BA}))E(\theta_A)$ . 成员 B 的共生系数  $\delta_{AB}$  及其具体含义与企业 A 一致.

其中,  $L_{BA}$  表示系统中成员 B 对成员 A 的信任度, 对成员 A 收益发挥作用的程度函数为:  $E(L_{BA})$ . 由于信任是创新生态系统各成员合作的基础, 信任不存在时彼此间不合作, 即  $E(L_{BA}) = 0$ , 信任存在时彼此间进行合作交流, 即  $E(L_{BA}) > 0$ , 因此  $E(L_{BA}) \geq 0$ .  $P_{BA}$  表示系统中成员 B 对成员 A 的声誉感知度, 对成员 A 收益发挥作用的程度函数为:  $E(P_{BA})$ . 创新生态系统各成员进行合作时, 声誉会发挥作用, 因此  $E(P_{BA}) \geq 0$ .  $W_{BA}$  表示系统成员 B 对成员 A 合作文化的认可度, 对成员 A 收益发挥作用的程度函数为:  $E(W_{BA})$ . 创新生态系统各成员进行合作时, 合作文化会发挥作用, 因此  $E(W_{BA}) \geq 0$ .  $Z_{BA}$  表示系统成员 B 对成员 A 的制裁约束程度, 对成员 A 收益发挥作用的程度函数为:  $E(Z_{BA})$ , 取值范围为  $(-\infty, +\infty)$ ;  $\theta_A$  表示成员 B 对成员 A 收益影响的其他干扰因素, 影响  $\delta_{BA}$ , 对成员 A 收益发挥作用的程度函数为:  $E(\theta_A)$ . 为了避免  $\theta_A$  对本研究关注点的干扰, 对其进行控制, 设  $E(\theta_A) \geq 0$ .

系统中各成员建立合作时, 信任、声誉、合作文

$$A = \begin{bmatrix} f_{RA} & f_{RB} \\ g_{RA} & g_{RB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_A \left(1 - \frac{2R_A}{N_A} + f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) \frac{R_B}{N_B}\right) & f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) r_A \frac{R_A}{N_B} \\ f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) r_B \frac{R_B}{N_A} & r_B \left(1 - \frac{2R_B}{N_B} + f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) \frac{R_A}{N_A}\right) \end{bmatrix}$$

根据微分方程稳定性理论, 进行创新生态系统稳定性分析, 稳定结点的条件是  $f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) < 1, f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) < 1$ , 如表 1.

当  $p > 0, q > 0$  时, 平衡点是稳定的. 因此,  $P_4$  是平衡稳定点, 此时共生单元 A、B 的创新收益为

$$\frac{N_A [1 + f_{BA}(L, P, W, Z, \theta)]}{1 - f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) f_{AB}(L, P, W, Z, \theta)} > N_A,$$

化、联合制裁等非正式治理才发挥作用. 反之, 各成员不合作, 信任、声誉、合作文化、联合制裁等非正式治理无法发挥作用, 即  $E(L_{BA}) = 0, E(P_{BA}) = 0, E(W_{BA}) = 0, E(Z_{BA}) = 0$ .

### 3.2 共生演化稳定性分析

创新生态系统中不同参与成员间共生关系演化的结果取决于共生系数的取值. 为研究创新生态系统中企业 A 与成员 B 共生演化的稳定性结果, 需要对共生模型(3)的方程组平衡点进行稳定性分析. 方程组为零的解是平衡点, 即令  $dR_A(t)/dt = 0, dR_B(t)/dt = 0$ , 如(4)式.

$$\begin{aligned} F(R_A, R_B) &= dR_A/dt = \\ r_A R_A \left(1 - \frac{R_A}{N_A} + f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) \frac{R_B}{N_B}\right) &= 0 \\ F(R_A, R_B) &= dR_B/dt = \\ r_B R_B \left(1 - \frac{R_B}{N_B} + f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) \frac{R_A}{N_A}\right) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

经过推导和计算, 得到系统共生演化 4 个均衡点, 用  $P_i$  表示, 分别为

$$\begin{aligned} P_1(0, 0), P_2(N_A, 0), P_3(0, N_B), \\ P_4 \left[ \frac{N_A [1 + f_{BA}(L, P, W, Z, \theta)]}{1 - f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) f_{AB}(L, P, W, Z, \theta)}, \right. \\ \left. \frac{N_B [1 + f_{AB}(L, P, W, Z, \theta)]}{1 - f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) f_{BA}(L, P, W, Z, \theta)} \right]. \end{aligned}$$

创新生态系统中成员间共生演化过程的平衡点稳定性可由微分方程系统得到的雅可比矩阵的局部稳定分析得到. 根据微分方程组, 求  $N_A$  和  $N_B$  的偏导数, 可得出创新生态系统企业 A 与成员 B 共生演化的雅可比矩阵:

$$\frac{N_B [1 + f_{AB}(L, P, W, Z, \theta)]}{1 - f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) f_{BA}(L, P, W, Z, \theta)} > N_B.$$

由此可知, 企业 A 与成员 B 共生关系处于平衡点  $P_4$  时, 创新生态系统企业 A 与成员 B 的共生收益均高于其没有建立合作时的收益, 即互惠共生关系, 共生收益主要受共生关系和成员收益的最大值影响.

表 1 创新生态系统共生稳定性分析

Tab. 1 Analysis of symbiosis and stability of innovation ecosystem

平衡点	$p$	$q$	稳定性
$P_1(0,0)$	$-(r_A+r_B)$	$r_Ar_B$	不稳定
$P_2(N_A,0)$	$-r_B[1+f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)]+r_A$	$-r_Ar_B[1+f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)]$	不稳定
$P_3(0,N_B)$	$-r_A[1+f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)]+r_B$	$-r_Ar_B[1+f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)]$	不稳定
$P_4\left[\frac{N_A[1+f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)f_{B0}(L,P,W,Z,\theta)},\frac{N_B[1+f_{A1}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{A1}(L,P,W,Z,\theta)f_{A0}(L,P,W,Z,\theta)}\right]$	$\frac{r_A[1+f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)]+r_B[1+f_{A1}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)f_{B0}(L,P,W,Z,\theta)}$	$\frac{r_A[1+f_{A1}(L,P,W,Z,\theta)]r_B[1+f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)f_{B0}(L,P,W,Z,\theta)}$	稳定, $f_{B1}(L,P,W,Z,\theta)<1,$ $f_{A1}(L,P,W,Z,\theta)<1$

4 非正式治理对创新生态系统成员共生演化影响仿真

4.1 创新生态系统成员共生模式仿真

在创新生态系统中各成员存在互惠合作关系,核心成员与其他成员在系统共生环境中依赖所形成的共生界面进行相互作用,可能产生独立、寄生、偏利、非对称性和对称性互惠等五种共生关系<sup>[29]</sup>. 基于共生模型(3),利用 MATLAB R2017a 对创新生态系统成员共生关系进行数值仿真分析(见图 2~图 5). 根据现有共生演化仿真相关研究的赋值并考虑数值的合理性与仿真拟合性<sup>[30-31]</sup>,设参数  $t \in [0,20], R_A(0)=10, r_A=0.3, N_A=20, R_B(0)=10, r_B=0.4, N_B=30$ ,并对不同共生关系中  $\delta$  进行具体赋值,通过模拟数值仿真更直观的呈现创新生态系统的共生演化规律.

4.1.1 独立共生模式 基于现有研究并考虑仿真拟合与规律性,探讨非正式治理对企业 A 与成员 B 形成独立共生模式的影响,对本研究模型(3)中表示非正式治理的共生进行赋值. 独立共生模式下(如图 2),共生系数  $\delta_{BA}=0, \delta_{AB}=0$ ,因此,设  $\delta_{BA}=f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)=E(L_{BA})(E(P_{BA})+E(W_{BA})+E(Z_{BA}))E(\theta_A)=0 \times (0+0+0) \times 0=0$ ;  $\delta_{AB}=f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)=E(L_{AB})(E(P_{AB})+E(W_{AB})+E(Z_{AB}))E(\theta_B)=0 \times (0+0+0) \times 0=0$ .

从仿真分析图 2 看,在创新生态系统中两方成员处于独立共生模式( $\delta_{BA}=0, \delta_{AB}=0$ ). 在此模式下两方成员间的共生系数为零( $\delta=0$ ),两方成员只受自身因素( $r_A=0.3, r_B=0.4$ )的影响,并未受到来自彼此的非正式治理等因素的影响,因此未产生共生效应、独立发展. 经过一定时间的发展,两方成员处于稳定状态时是独立共生模式规模收益达到数量上限. 然而,独立共生模式是一种理想化的共生模式,在实际创新生态系统中并不存在.

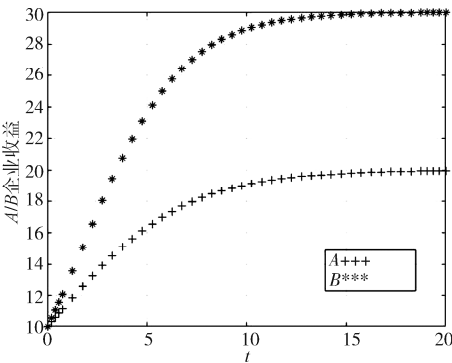


图 2 独立共生模式

Fig. 2 Independent symbiosis model

4.1.2 偏利共生模式 基于现有研究并考虑仿真拟合与规律性,探讨非正式治理对企业 A 与成员 B 形成偏利共生模式的影响,对本研究模型(3)中表示非正式治理的共生进行赋值. 偏利共生模式下,共生系数  $\delta_{BA}>0, \delta_{AB}=0$  或  $\delta_{BA}=0, \delta_{AB}>0$ . 因此,本研究以共生系数  $\delta_{BA}>0, \delta_{AB}=0$  为例,设:  $\delta_{BA}=f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)=E(L_{BA})(E(P_{BA})+E(W_{BA})+E(Z_{BA}))E(\theta_A)=1 \times (0.2+0.3+0.3) \times 0.4=0.32$ ;  $\delta_{AB}=f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)=E(L_{AB}) \cdot (E(P_{AB})+E(W_{AB})+E(Z_{AB}))E(\theta_B)=1 \times (0+0+0) \times 0=0$ ,如图 3 所示.

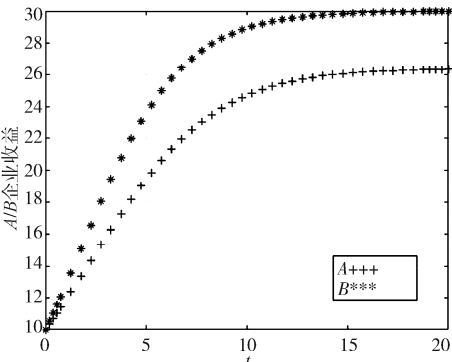


图 3 偏利共生模式

Fig. 3 Favorable symbiosis model

从仿真分析图 3 看,在创新生态系统中两方成

员处于偏利共生模式( $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} = 0$ ). 在此模式下两方成员间的共生系数成员  $B$  等于零( $\delta = 0$ ), 企业  $A$  大于零( $\delta > 0$ ). 成员  $B$ ( $\delta = 0$ ) 只受自身因素( $r_B = 0.4$ )的影响, 并未受到来自另一方的非正式治理等因素的影响, 因此经过一段时间的发展, 其收益的增长上限与独立共生模式时一样, 未发生变化. 企业  $A$ ( $\delta > 0$ ) 作为偏利共生的受益方, 不仅受到自身因素( $r_A = 0.3$ )的影响, 也受到来自另一方成员的信任、声誉感知及其彼此间的合作文化和联合制裁等因素的影响, 且产生正向作用. 因此经过一段时间的发展, 其收益的增长上限因受益而有所增加, 大于独立共生模式时收益上限.

4.1.3 寄生共生模式 基于现有研究并考虑仿真拟合与规律性, 探讨非正式治理对企业  $A$  与成员  $B$  形成寄生共生模式的影响, 对本研究模型(3)中表示非正式治理的共生进行赋值. 寄生共生模式下, 共生系数  $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} < 0$  或  $\delta_{BA} < 0, \delta_{AB} > 0$ . 因此, 本研究以共生系数  $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} < 0$  为例, 设:  $\delta_{BA} = f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{BA})(E(P_{BA}) + E(W_{BA}) + E(Z_{BA}))E(\theta_A) = 1 \times (0.2 + 0.2 + 0.3) \times 0.4 = 0.28$ ;  $\delta_{AB} = f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{AB}) \cdot (E(P_{AB}) + E(W_{AB}) + E(Z_{AB}))E(\theta_B) = 1 \times [0.1 + 0.1 + (-0.8)] \times 0.4 = -0.24$ . 如图 4 所示.

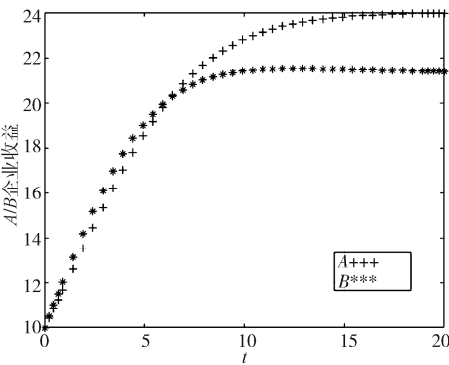


图 4 寄生共生模式  
Fig. 4 Parasitic symbiosis pattern

从仿真分析图 4 看, 在创新生态系统中两方成员处于寄生共生模式( $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} < 0$ ). 在这一模式下两方成员间的共生系数企业  $A$  大于零( $\delta > 0$ ), 成员  $B$  小于零( $\delta < 0$ ). 企业  $A$ ( $\delta > 0$ ) 不仅受自身因素( $r_A = 0.3$ )的影响, 也因寄生于另一方受到来自另一方的良好信任、声誉及其彼此间的合作文化和联合制裁等因素的正向影响, 因此经过一段时间的发展, 其收益的增长上限因受益而有所增加, 大于独立共生模式时收益上限. 成员  $B$ ( $\delta < 0$ ) 不仅受自身因素( $r_B = 0.4$ )的影响, 也因被寄生受到来

自另一方的机会主义、不道德行为等因素影响, 即受到寄生方的消耗, 因此经过一段时间的发展增长开始下降, 其收益的增长上限因受益受限而下降, 小于独立共生模式时收益上限.

4.1.4 互惠共生模式 ① 对称互惠共生模式. 基于现有研究并考虑仿真拟合与规律性, 探讨非正式治理对企业  $A$  与成员  $B$  形成对称互惠共生模式的影响, 对本研究模型(3)中表示非正式治理的共生进行赋值. 对称互惠共生模式下, 共生系数  $\delta_{BA} = \delta_{AB} > 0$ . 因此设  $\delta_{BA} = f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{BA})(E(P_{BA}) + E(W_{BA}) + E(Z_{BA}))E(\theta_A) = 1 \times (0.3 + 0.2 + 0.2) \times 0.4 = 0.28$ ;  $\delta_{AB} = f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{AB})(E(P_{AB}) + E(W_{AB}) + E(Z_{AB}))E(\theta_B) = 1 \times (0.3 + 0.2 + 0.2) \times 0.4 = 0.28$ , 如图 5(a) 所示. ② 非对称互惠共生模式. 基于现有研究并考虑仿真拟合与规律性, 探讨非正式治理对企业  $A$  与成员  $B$  形成非对称互惠共生模式的影响, 对本研究模型(3)中表示非正式治理的共生进行赋值. 非对称互惠共生模式下, 共生系数  $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} > 0$ ,  $\delta_{BA} \neq \delta_{AB}$ . 因此设  $\delta_{BA} = f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{BA})(E(P_{BA}) + E(W_{BA}) + E(Z_{BA}))E(\theta_A) = 1 \times (0.3 + 0.3 + 0.4) \times 0.4 = 0.4$ ;  $\delta_{AB} = f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{AB})(E(P_{AB}) + E(W_{AB}) + E(Z_{AB}))E(\theta_B) = 1 \times (0.3 + 0.2 + 0.3) \times 0.4 = 0.32$ , 如图 5(b) 所示.

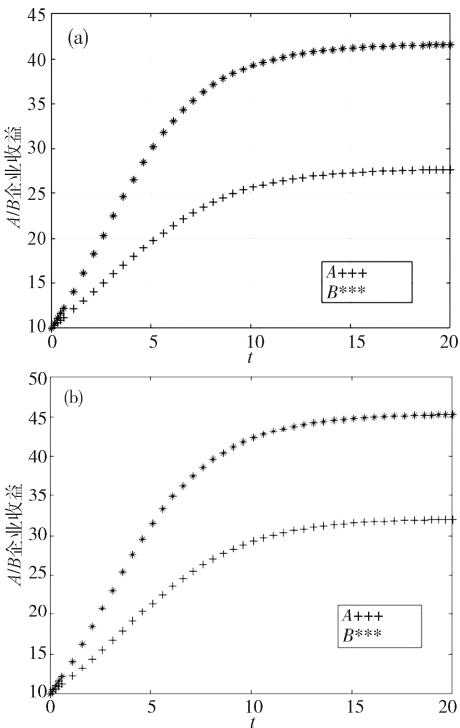


图 5 互惠共生模式  
Fig. 5 Reciprocal symbiosis model

从仿真分析图 5 看,在创新生态系统中两方成员处于互惠共生模式( $\delta_{BA} > 0, \delta_{AB} > 0$ ). 在这一模式下两方成员间的共生系数均大于零( $\delta > 0$ ). 双方主体不仅自身因素( $r_A = 0.3, r_B = 0.4$ )的影响,彼此间形成的互相信任、赞誉,建立的共同价值观和合理约束制裁机制会影响到各方,因此经过一段时间的发展,两方的收益的增长上限因受益而有所增加,均大于独立共生模式时收益上限,是共生关系演化的最佳方向.

4.2 创新生态系统共生系数中相关参数对其成员共生关系演化的影响仿真

分解细化共生系数中相关参数,并分析其对系统成员共生演化的影响.  $\delta_{BA} = f_{BA}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{BA})(E(P_{BA}) + E(W_{BA}) + E(Z_{BA}))E(\theta_A)$ ;  $\delta_{AB} = f_{AB}(L, P, W, Z, \theta) = E(L_{AB})(E(P_{AB}) + E(W_{AB}) + E(Z_{AB}))E(\theta_B)$ ,即信任、声誉、合作文化、联合制裁等共生系数的影响. 其中,基于共生模型(3)可知,信任、声誉、合作文化对创新生态系统成员收益发挥作用的程度都是正向的. 为了避免信任、声誉、合作文化等相关参数分别对成员共生关系演化发挥作用时受到其他因素的干扰,本研究控制其他各相关参数为正向,因此,基于互惠共生关系单独仿真分析不同信任、声誉、合作文化共生参数对创新生态系统中成员共生演化的影响. 而联合制裁对创新生态系统成员收益发挥作用的程度有正向和负向,本研究在方便分析的情况下控制相关参数,基于不同共生关系分析不同联合制裁共生参数对创新生态系统中成员共生演化的影响.

参考相关研究并结合系统成员合作实际情况<sup>[32]</sup>,在考虑数值与仿真的合理性基础上,设  $t \in [0, 20]$ ,  $R_A(0) = 10, r_A = 0.3, N_A = 20, R_B(0) = 10, r_B = 0.4, N_B = 30$ ,基于模型(3)进行仿真分析.

4.2.1 信任共生参数的影响 基于互惠共生关系,分析共生系数中不同信任参数对创新生态系统中成员共生演化的影响,并对共生企业 A 和成员 B 的合作收益进行演化仿真,如图 6(a)和 6(b). 根据互惠共生关系共生的取值范围,设  $E(P_{BA}) = 0.2, E(W_{BA}) = 0.2, E(Z_{BA}) = 0.1, E(\theta_A) = 0.4, E(L_{AB}) = 1, E(P_{AB}) = 0.3, E(W_{AB}) = 0.3, E(Z_{AB}) = 0.2, E(\theta_B) = 0.4, E(L_{BA1}) = 2, E(L_{BA2}) = 4, E(L_{BA3}) = 6$ ,即  $\delta_{BA1} = 0.4, \delta_{BA2} = 0.8, \delta_{BA3} = 1.2, \delta_{AB} = 0.32$ .

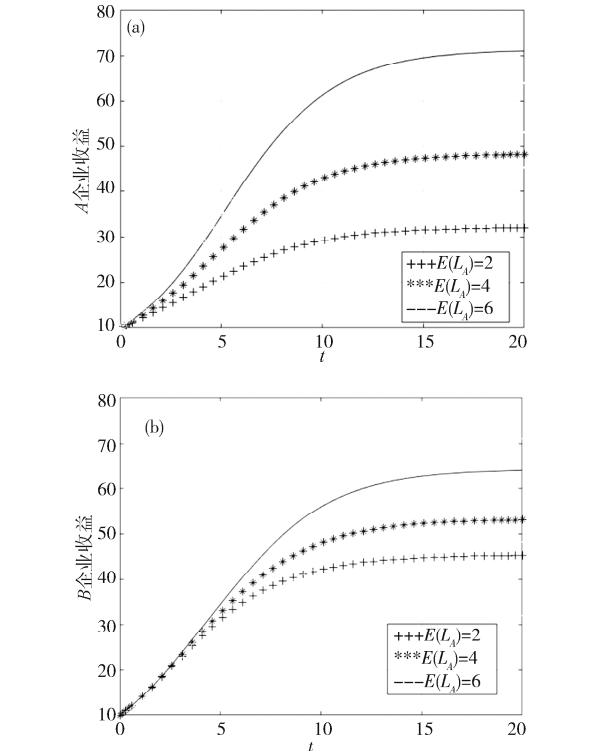


图 6  $E(L_{BA})$ 对成员合作收益共生演化的影响  
Fig. 6  $E(L_{BA})$  influence on the symbiosis evolution of member's cooperation benefits

图 6(a)和 6(b)分别为  $E(L_{BA})$ 对成员 A、B 合作收益共生演化的影响. 分析图 6 可知,在  $R(0)$ 、 $r$ 、 $N$  保持不变的情况下,控制双方成员声誉、合作文化、联合制裁等其他参数及成员 B 信任参数,企业 A 的共生系数中信任参数值越大,企业 A 获得的合作收益增长规模越大,成员 B 的合作收益增长也随之增大. 可知,成员间信任度越高,彼此间合作越密切,收益增量越高. 成员的合作收益不仅受到合作方信任参数的推动,也受到因创新生态系统整体合作收益增加而发挥作用的自身信任参数的推动,但合作方对其影响力更大.

4.2.2 声誉共生参数的影响 基于互惠共生关系,分析共生系数中不同声誉参数对创新生态系统中成员共生演化的影响,并对共生企业 A 和成员 B 的合作收益进行仿真,如图 7. 根据互惠共生关系共生的取值范围,设  $E(L_{BA}) = 1, E(W_{BA}) = 0.4, E(Z_{BA}) = 0.4, E(\theta_A) = 0.4, E(L_{AB}) = 1, E(P_{AB}) = 0.4, E(W_{AB}) = 0.2, E(Z_{AB}) = 0.2, E(\theta_B) = 0.4, E(P_{BA1}) = 0.7, E(P_{BA2}) = 1.2, E(P_{BA3}) = 1.7$ ,即  $\delta_{BA1} = 0.6, \delta_{BA2} = 0.8, \delta_{BA3} = 1, \delta_{AB} = 0.32$ .

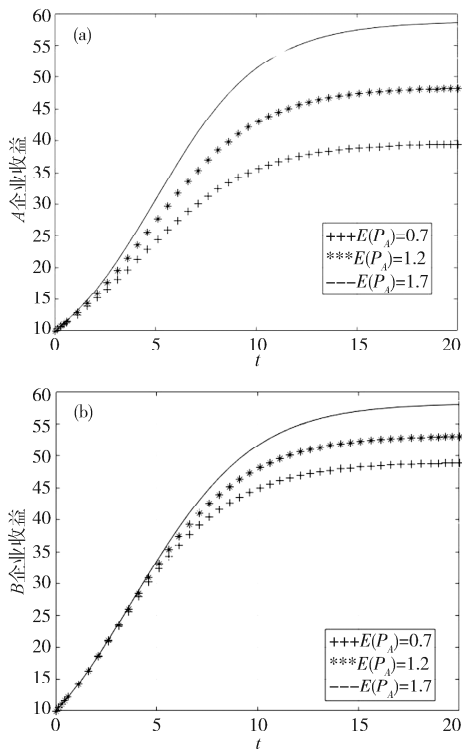


图 7  $E(P_{BA})$ 对成员合作收益共生演化的影响  
Fig. 7  $E(P_{BA})$  influence on the symbiosis evolution of member's cooperation benefits

图 7(a)和 7(b)分别为  $E(P_{BA})$ 对成员 A、B 合作收益共生演化的影响. 分析图 7 可知,在  $R(0)$ 、 $r$ 、 $N$  保持不变的情况下,控制双方信任、合作文化、联合制裁等其他参数及成员 B 声誉参数,企业 A 的共生系数中声誉参数值越大,企业 A 获得的合作收益增长规模越大,成员 B 的合作收益增长也随之增大. 可知,成员间声誉感知程度越高,彼此间合作越密切,收益增量也随之增大. 成员的合作收益不仅受到合作方声誉参数的推动,也受到因创新生态系统整体合作收益增加而发挥作用的自身声誉参数的推动,但合作方对其影响力更大.

4.2.3 合作文化共生参数的影响 基于互惠共生关系,分析共生系数中不同合作文化参数对创新生态系统中成员共生演化的影响,并对共生企业 A 和成员 B 的合作收益进行仿真,如图 8 所示. 根据互惠共生关系共生的取值范围,设  $E(L_{BA})=1$ ,  $E(P_{BA})=0.2$ ,  $E(Z_{BA})=0.2$ ,  $E(\theta_A)=0.4$ ,  $E(L_{AB})=1$ ,  $E(P_{AB})=0.3$ ,  $E(W_{AB})=0.3$ ,  $E(Z_{AB})=0.2$ ,  $E(\theta_B)=0.4$ ,  $E(W_{BA1})=0.1$ ,  $E(W_{BA2})=0.6$ ,  $E(W_{BA3})=1.1$ , 即  $\delta_{BA1}=0.2$ ,  $\delta_{BA2}=0.4$ ,  $\delta_{BA3}=0.6$ ,  $\delta_{AB}=0.32$ .

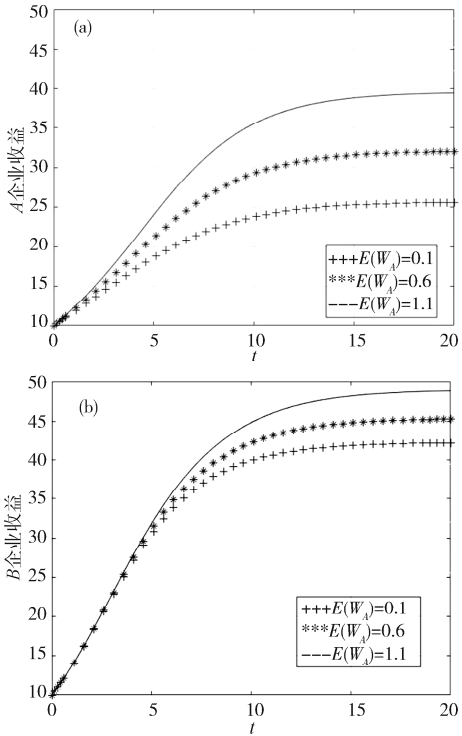


图 8  $E(W_{BA})$ 对成员合作收益共生演化的影响  
Fig. 8  $E(W_{BA})$  influence on the symbiosis evolution of member's cooperation benefits

图 8(a)和 8(b)分别为  $E(W_{BA})$ 对成员 A、B 合作收益共生演化的影响. 分析图 8 可知,在  $R(0)$ 、 $r$ 、 $N$  保持不变的情况下,控制双方信任、声誉、联合制裁等其他因素及成员 B 合作文化因素,企业 A 的合作文化共生系数值越大,企业 A 的共生收益增长规模会变大,同时成员 B 的收益增长规模也会变大. 成员间合作文化程度越高,彼此间合作越密切,收益增量越大. 成员的合作收益不仅受到合作方合作文化参数的推动,也受到因创新生态系统整体合作收益增加而发挥作用的自身合作文化参数的推动,但合作方对其影响力更大.

4.2.4 联合制裁共生参数的影响 基于不同共生关系,分析共生系数中不同联合制裁参数对创新生态系统中成员共生演化的影响,并对企业 A 和成员 B 的合作收益共生演化进行仿真,如图 9 所示. 根据五种共生关系共生的取值范围,设  $E(L_{BA})=1$ ,  $E(P_{BA})=0.2$ ,  $E(W_{BA})=0.2$ ,  $E(\theta_A)=0.4$ ,  $E(L_{AB})=1$ ,  $E(P_{AB})=0.3$ ,  $E(W_{AB})=0.3$ ,  $E(Z_{AB})=0.2$ ,  $E(\theta_B)=0.4$ ,  $E(Z_{BA1})=-1.4$ ,  $E(Z_{BA2})=1.1$ ,  $E(Z_{BA3})=1.6$ , 即  $\delta_{BA1}=-0.4$ ,  $\delta_{BA2}=0.6$ ,  $\delta_{BA3}=0.8$ ,  $\delta_{AB}=0.32$ .

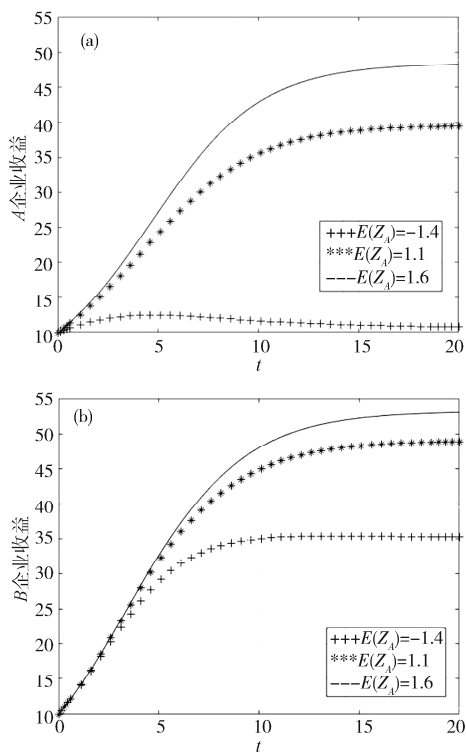


图 9  $E(Z_{BA})$  对成员合作收益共生演化的影响  
Fig. 9  $E(Z_{BA})$  influence on the symbiosis evolution of member's cooperation benefits

图 9(a)和 9(b)分别为  $E(Z_{BA})$  对成员 A、B 合作收益共生演化的影响. 分析图 9 可知,在  $R(0)$ 、 $r$ 、 $N$  保持不变的情况下,控制双方信任、声誉、合作文化等其他因素及成员 B 联合制裁因素,企业 A 的联合制裁共生系数值越大,企业 A 的收益增长规模变大,同时成员 B 的收益增长规模也随之变大. 企业 A 的共生系数因联合制裁为负,企业 A 的合作收益增长规模小于其独立共生模式下的,而成员 B 的合作收益增长规模大于其独立共生模式下的,但增长规模较小. 网络间联合制裁治理效用越强,彼此间合作越密切,收益增量越大. 成员的合作收益不仅受到合作方联合制裁治理效用的影响,也受到因创新生态系统整体合作收益增加而发挥作用的自身联合制裁治理效用的影响,但合作方对其影响力更大.

通过以上模拟数值仿真分析,可知创新生态系统中成员共生演化是持续变化的,主要受到共生系数  $\delta$  的影响. 其中,在控制其他相关参数下,信任、声誉、合作文化等共生系数各自对系统成员共生关系产生正向影响,推动互惠共生关系的形成,而联合制裁对系统成员共生关系的影响既有正向也有负向的,可能产生寄生、偏利、互惠共生. 可知非正式治理因素在创新生态系统成员共生关系中扮演

着重要的角色. 互惠共生是创新生态系统成员共生演化的最优模式,通过调整共生关系  $\delta$ ,即发挥非正式治理因素的正向作用,推动独立、寄生、偏利等共生模式向互惠共生模式转换,并推动实现互惠共生模式下共生演化稳定状态.

### 4.3 共生稳定性仿真

利用 MATLAB R2017a 对平衡点  $P_4$  进行数值仿真分析,并根据前文的参数赋值,设参数为  $t \in [0, 20]$ ,  $R_A(0) = 10$ ,  $r_A = 0.3$ ,  $N_A = 20$ ,  $R_B(0) = 10$ ,  $r_B = 0.4$ ,  $N_B = 30$ ,  $\delta_{BA} = 0.4$ ,  $\delta_{AB} = 0.32$ .

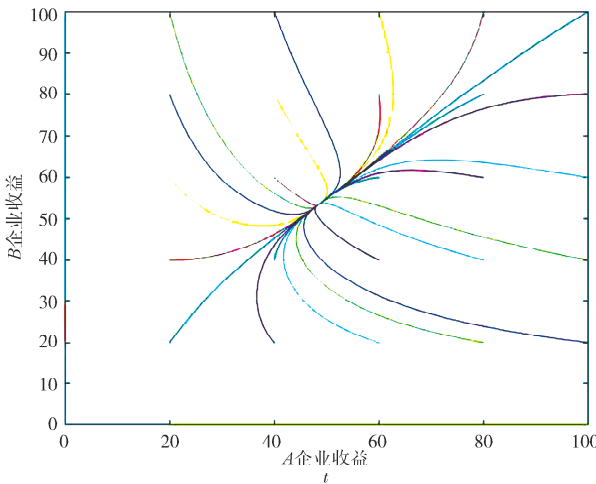


图 10 平衡点  $P_4$  的仿真分析  
Fig. 10 Simulation analysis of balance point  $P_4$

从仿真分析图 10 看,创新生态系统双方成员在互惠共生关系基础上进行共生演化,演化产生平衡点  $P_4$   $\left[ \frac{N_A[1+f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)}, \frac{N_B[1+f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)} \right]$ ,在平衡稳定状态下两方企业的合作效益:  $\frac{N_A[1+f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)} > N_A$ ,  $\frac{N_B[1+f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)]}{1-f_{AB}(L,P,W,Z,\theta)f_{BA}(L,P,W,Z,\theta)} > N_B$ ,即互惠共生模式下两方成员获得的收益均大于其他共生模式. 在共生系数为  $\delta_{BA} = 0.4$ ,  $\delta_{AB} = 0.32$  时,互惠共生关系在  $P_4$  达到均衡稳定状态,即在互惠共生关系状态下达到收益增长上限. 分析平衡点  $P_4$  知,系统成员共生演化稳定状态下的收益与共生和最大收益规模有关. 共生系数是由非正式治理等因素构成,最大收益规模受共生系数影响,因此创新生态系统非正式治理对共生演化稳定状态产生影响.

## 5 结 论

本研究基于社会嵌入理论与组织生态学理论, 从动态视角, 基于共生理论, 构建创新生态系统成员共生关系演化的共生模型探讨系统中非正式治理共生系数对其成员增长规律、共生模式、演化路径的影响, 并对模型进行演化稳定性分析和仿真。研究结果表明: 创新生态系统共生演化取决于成员间共生系数的强弱, 成员的共生系数由非正式治理构成, 可分解为信任、声誉、合作文化、联合制裁等系数综合作用。其中, 仿真分析得出, 在控制其他相关参数下, 信任、声誉、合作文化等共生系数各自对系统成员共生关系产生正向影响, 推动互惠共生关系形成, 而联合制裁对系统成员共生关系的影响既有正向也有负向的, 可能产生寄生、偏利、互惠共生。其次, 创新成员在互惠共生关系基础上进行共生演化, 其稳定状态下的收益与共生系数和最大收益规模有关, 非正式治理对共生演化稳定状态产生影响。最后, 通过创新生态系统成员共生收益变化描述系统成员成长演化规律, 其与 Logistic 增长规律相似, 非正式治理作用产生的互惠共生关系是创新生态系统可持续发展最优关系, 为创新生态系统获得竞争优势及可持续发展提供了新思路。

本文的贡献主要体现在两个方面: (1) 本研究探讨多个非正式治理共同作用影响其系统成员共生关系, 弥补了以往研究多将非正式治理单独探讨的弊端, 丰富了非正式治理在创新生态系统中相关理论; (2) 从动态视角探讨非正式治理对其所嵌入的创新生态系统成员共生关系演化的影响, 揭示了非正式治理对系统成员共生关系演化影响的“黑箱”, 进一步拓展了社会嵌入理论、组织生态学与共生理论在创新生态系统实践中的应用。

通过此研究, 我们受到的启示如下。 (1) 创新生态系统中成员间非正式治理共生系数的大小决定了系统共生关系演化的均衡结果。创新生态系统各企业应充分发挥信任、声誉、合作文化、联合制裁等非正式治理的正向作用, 着力构建互惠共生关系, 推动实现价值共创。基于前文分析, 信任、声誉、合作文化等共生系数各自对系统成员共生关系产生正向影响, 推动互惠共生关系的形成。而联合制裁对系统成员共生关系的影响既有正向也有负向的, 可能产生寄生、偏利、互惠共生。企业间应注重营造良好的声誉及其信息、资金、物质流渠道, 构造优良的合作文化氛围及共同价值观, 建立良好的信任关系及制定合理有度的集体制裁, 发挥信任、声

誉、合作文化、联合制裁的正向作用, 推动产生互惠共生。对于在创新生态系统中营造良好共生环境, 各成员可以打造畅通的信息流动渠道, 建立各类交流会、论坛、专题讨论、社群、VIP 等平台, 促进成员间信息和资源的交流、合作及关系构建, 充分发挥非正式治理的正向作用, 向着互惠共生关系演化, 推动创新生态系统的构建和健康发展并实现价值共创。本研究为企业确定如何利用非正式治理, 构建、维护并利用互惠共生关系提供一些新思路和管理启示。 (2) 创新生态系统各成员应积极采取共生激励策略, 着力推动创新生态系统向互惠共生演化转化, 构建跨组织的互惠共生关系。总结分析利用前文创新生态系统成员 4 种共生模式演化的特点, 基于共生模式的特质治理共生单元、共生界面和共生环境, 强化非正式治理共生系数正向作用, 构建紧密系统的合作关系, 打造高度融合的创新生态, 推动创新生态系统共生演化模式逐步向互惠共生模式转化, 促使创新生态系统向着螺旋上升的“上楼梯”式发展, 推动进入高阶创新生态系统演化。本研究为建立稳定的创新生态系统环境, 推动向互惠共生模式转化提供实际启示。

本文存在的局限性为: (1) 目前对非正式治理的归纳不够全面, 参考国内外相关文献将非正式治理归纳为信任、声誉、合作文化、联合制裁四种, 在创新生态系统中可能还存在其他非正式治理方式。 (2) 对创新生态系统共生模型及稳定性的仿真仅仅通过赋值数据进行模拟仿真, 缺乏与数据实证结合进行动态共生演化研究。 (3) 本文以创新系统中两方合作主体作为分析对象, 通过构造简化模型, 研究非正式治理对创新系统共生关系的影响, 并进行仿真模拟。而现实创新生态系统中由  $n$  个主体构成, 其系统中关系和互动情况更为复杂, 后续可在此基础上开展实证研究。针对以上不足, 未来需作进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] 张妮, 蒲亦非. 计量法学、计算法学到认知法学的演进[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2021, 58: 7.
- [2] Dedehayir O, Mäkinen S J, Ortt J R. Roles during innovation ecosystem genesis: A literature review[J]. Technol Forecast Soc Change, 2018, 136: 18.
- [3] 汤临佳, 郑伟伟, 池仁勇. 创新生态系统的理论演进与热点前沿: 一项文献计量分析研究[J]. 技术经济, 2020, 39: 1.
- [4] Traller H, Watzke H J, Saguy I S. Reinventing R&D in an open innovation ecosystem[J]. J Food

- Sci, 2015, 76: 62.
- [5] 吴金希. 创新生态体系的内涵、特征及其政策含义[J]. 科学学研究, 2014, 32: 44.
- [6] 吕一博, 韩少杰, 苏敬勤, 等. 大学驱动型开放式创新生态系统的构建研究[J]. 管理评论, 2017, 29: 68.
- [7] 牟绍波. 战略性新兴产业集群式创新网络及其治理机制研究[J]. 科技进步与对策, 2014, 31: 55.
- [8] Jongwook K. Formal and informal governance in biotechnology alliance: board oversight, contractual control, and repeated deals[J]. Ind Coop Change, 2013, 23: 903.
- [9] North D C. Institutions, institutional change and economic performance[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [10] 陈莉平, 王小青, 张均燕. 产业集群开放式创新中的知识治理机制研究[J]. 物流工程与管理, 2019, 41: 144.
- [11] 孙国强, 闫慧丽. 网络组织治理机制对治理能力影响的实证研究[J]. 高等财经教育研究, 2015, 18: 31.
- [12] Chen Y J. Knowledge integration and sharing for collaborative molding product design and process development[J]. Comput Ind, 2010, 61: 659.
- [13] Cohen B. Sustainable valley entrepreneurial ecosystems[J]. Bus Strat Env, 2006, 15: 1.
- [14] 蔡莉, 彭秀青, Satish N, 等. 创业生态系统研究回顾与展望[J]. 吉林大学社会科学学报, 2016, 56: 5.
- [15] Batten D F. Fostering industrial symbiosis with agent-based simulation and participatory modeling[J]. J Ind Ecol, 2009, 13: 197.
- [16] Li Y R. The technological roadmap of cisco's business ecosystem[J]. Technovation, 2009, 29: 379.
- [17] 张雷勇, 冯锋, 肖相泽, 等. 产学研共生网络: 概念、体系与方法论指向[J]. 研究与发展管理, 2013, 25: 37.
- [18] 李长云, 王艳芳. 区域科技服务平台生态系统共生演化机理研究[J]. 科技与管理, 2020, 22: 75.
- [19] 吴勇民, 纪玉山, 吕永刚. 金融产业与高新技术产业的共生演化研究——来自中国的经验证据[J]. 经济学家, 2014, 2014: 82.
- [20] Zenger T R, Lazzarini S G, Poppo L. Informal and formal organization in new institutional economics[J]. Adv Instrateg Manag, 2002, 19: 277.
- [21] Williamson O E. Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives[J]. Adm Sci Q, 1991, 36: 269.
- [22] Griffith D A, Myers M B. The performance implications of strategic fit of relational norm governance strategies in global supply chain relationships[J]. J Int Bus Stud, 2005, 36: 254.
- [23] Adler P S. Market, hierarchy, and trust: the knowledge economy and the future of capitalism[J]. Organ Sci, 2001, 12: 215.
- [24] 李勇, 张异, 杨秀苔, 等. 供应链中制造商-供应商合作研发博弈模型[J]. 系统工程学报, 2005, 20: 12.
- [25] Moran P. Structural vs. relational embeddedness: social capital and managerial performance[J]. Strateg Manag J, 2005, 26: 1129.
- [26] 杨艳平. 集群创新网络与区域文化嵌入机理研究——基于传播动力学理论[J]. 科学学研究, 2015, 33: 146.
- [27] Feller J, Finnegan P, Fitzgerald B, *et al.* Bazaar by design: managing interfirm exchanges in an open source service network[M]. USA: Springer US, 2008.
- [28] Gibbons R, Henderson R. Relational contracts and organizational capabilities[J]. Organ Sci, 2012, 23: 1350.
- [29] 袁纯清. 共生理论及其对小型经济的应用研究(下)[D]. 长沙: 湖南大学, 1997.
- [30] Li X, Liu J Y, Zhang G. Pattern formation and parameter inversion for a discrete lotka - volterra cooperative system[J]. Chaos Soliton Fract, 2018, 110: 226.
- [31] 张笑楠. 战略性新兴产业创新生态系统共生演化仿真研究[J]. 系统科学学报, 2021, 29: 64.
- [32] 张宝生, 张庆普. 隐性知识流转网成员合作的共生关系、演化模型及仿真研究[J]. 现代情报, 2020, 40: 34.

#### 引用本文格式:

中文: 高嘉馨, 王涛, 顾新. 创新生态系统中非正式治理对系统成员共生关系的影响研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2021, 58: 067003.

英文: Gao J X, Wang T, Gu X. Research on the impact of informal governance in the innovation ecosystem on the symbiosis of system members[J]. J Sichuan Univ: Nat Sci Ed, 2021, 58: 067003.