

基于 Lotka-Volterra 模型的众创空间生态系统共生模式研究

段文奇^{1,3a}, 李辰², 惠淑敏^{3b}

(1. 台州学院 商学院, 浙江 台州 318000; 2. 上海财经大学 商学院, 上海 200433;
3. 浙江师范大学 a. 经济与管理学院, b. 知识产权服务中心, 浙江 金华 321004)

[摘要] 众创空间已日益成为推进国家双创战略实施的重要载体和推动全民创新的有机组成部分, 从生态共生视角探讨众创空间内部创业主体的演化模式具有长远和丰富的理论意义。通过构建众创空间生态系统两主体 Lotka-Volterra 动态演化模型, 并运用数值仿真揭示当前国内众创空间内部主体间的主流共生模式以及构筑基准理论和模型, 然后拓展该基准模型至引入成熟企业的三主体共生演化模型以打破主流两主体共生模式的局限, 讨论成熟企业的入驻对众创空间共生主体、主体关系和演化模式的影响。仿真结果表明: (1) 初创企业、配套资源组织及成熟企业等共生单元在众创空间生态系统内外部共生环境中通过达成不同共生模式以推动整个系统实现演化发展, 演化的均衡结果由主体间的共生系数取值决定; (2) 目前众创空间生态系统共生环境下的两主体共生模式由于资源和规模限制其发展能力, 导致难以实现真正意义上的互惠共生, 成熟企业的入驻在系统内部发挥着资源保障和发展引擎的作用; (3) 三主体互惠共生是系统演化的最佳目标导向。最后, 基于仿真结果提出国内众创空间构筑和系统升级的策略建议。

[关键词] 众创空间生态系统; 三主体; 共生演化; Lotka-Volterra 模型; 国家双创战略

[中图分类号] F414 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1004-4833(2021)03-0107-10

一、引言

2014年9月, 李克强总理在夏季达沃斯论坛致辞中提出“大众创业、万众创新”的理念, 在政策红利和市场虹吸的双重作用下, 众创空间日益成为我国经济转型关键时期推进双创战略实施的重要载体和推动全民创新的有机组成。根据国务院《关于发展众创空间推进大众创新创业的指导意见》中的定义, 众创空间是顺应网络时代创新创业特点和需求, 通过市场化机制、专业化服务和资本化途径构建的低成本、便利化、全要素、开放式的新型创业服务平台的统称。当前, 国内众创空间已走过井喷式增长的三年, 实现短期跨越式发展。智研咨询发布的数据显示, 截至2018年底, 全国各类众创空间数量已增长至6959家, 其中国家级众创空间有1889家, 行业规模效应凸显, 创业孵化链条逐步完善。然而, 在取得瞩目成绩的同时, 产业实践过程中也逐渐暴露出同质化严重、多主体互动模式未建立及自我造血功能差等诸多问题, 越来越多的行业经营者逐渐意识到单一的、“二房东”式的低附加值孵化服务模式难以满足众多企业的创业需求^[1], 克拉咖啡及深圳“地库”等众创空间的倒闭更是引起业界哗然。

面对生存挑战与发展瓶颈, 众创空间管理者逐渐意识到建设创业“生态圈”以推动其转型升级的必要性和紧迫性^[2]。在新时代的中国情境下, 众创空间普遍难以突破发展困境, 究其根源在于未能从“生态环境”层面部署和优化众创空间, 导致其发展失去生态闭环构筑的引擎功能。众创空间的本质是实现众多创业要素集聚及要素间能量、物质和信息交互的新型创业生态系统^[3]。一方面, 相关学者在众创空间的发展背景、建设路径及生态系统的共生演化方面进行了广泛讨论, 但对于众创空间生态系统内部主体间的共生演化过程和最终形成的共生演化模式等问题较少涉及; 另一方面, 政策文本分析反映近年来国家双创政策的内容更为强调“多主体”协同参

[收稿日期] 2021-01-12

[基金项目] 浙江省科技厅软科学重点项目“浙江省‘众创空间’创新创业生态系统的运行机制与激励政策研究”(2019C25003)

[作者简介] 段文奇(1976—), 男, 湖南邵阳人, 台州学院商学院、浙江师范大学经济与管理学院教授, 博士生导师, 从事复杂网络、多边平台理论研究, E-mail: wenqiduan@vip.126.com; 李辰(1995—), 女, 山东淄博人, 上海财经大学商学院博士研究生, 从事多边平台、风险投资理论研究; 惠淑敏(1976—), 女, 内蒙古丰镇人, 浙江师范大学知识产权服务中心馆员, 从事学科服务、知识管理理论研究。

与^[4],而相较于欧美国家较为成熟的众创空间生态模式,我国众创空间生态系统建设在经营主体和成长模式等方面还存在较大差距。为此,本文拟对众创空间生态系统的共生模式进行建模仿真和理论分析。众创空间“生态圈”的打造需要协同哪些要素主体,要素主体间应形成怎样的互动模式,这是研究众创空间建设和发展的首要问题,也是从生态系统层面研究众创空间及其内部组织的关键,因而具有一定的研究价值和现实意义。上述问题的解答有助于解剖众创空间自身演化的“黑箱”,为改善我国众创空间经营现状和政策干预提供理论支撑。

二、文献综述

众创空间雏形源自国外传统孵化器的建立及欧美 DIY 文化基因孕育下“创客”概念及“创客运动”的诞生,后创客运动随着美国麻省理工学院 Fab Lab(微观装配实验室)的建立逐渐形成创客空间^[5],创客空间的运行机制和治理模式为颠覆性创新创业提供了新的路径和研究视角,并伴随互联网时代的演进和国家双创发展战略的推动共同促成了中国特色新观念下的众创空间研究。就众创空间的内涵而言,已有研究对众创空间的概念界定和类别划分进行了较为详尽的解析,在概念界定上,尽管具体定义有细微差别,但对众创空间所具备的主要特征学者们达成了较为一致的共识,如跨界开放性、交流社区化、创新专业化和投资市场化等。在类别划分上,相关研究根据众创空间的参与主体、功能特性及运作方式等进行分类,其中以投中研究院提出的活动聚合型等七类众创空间组织的划分方式最具影响力^[6]。

随着研究的不断发展与深入,众创空间本质上所具有的典型且鲜明的生态系统属性得以挖掘,已有研究基于创业生态系统、创新生态系统和生态系统等多重视角提出了相应理论观点。陈凤等^[7]将众创空间看作一个创业生态系统,以众创精神、创客及资源生态圈、基础平台与创业政策四个维度将其进行了结构化,认为众创精神是内在动力,创客生态圈是主体与活力源泉,资源生态圈是资源基础,众创空间系统的成长与演化建立在基础平台与政策体系之上。张玉利和白峰^[8]认为众创空间这类复杂适应系统的演进过程是结构与功能不断复杂化的自组织过程,运用耗散理论动态演进分析众创空间创业生态系统的形成和演进路径,为众创空间成长成为自组织自增益的生态系统奠定了良好的理论基础;戴亦舒等^[9]以开放式创新为理论基础,研究腾讯众创空间生态系统的价值共创机制。

众创空间生态系统的内核属性激发了学者们对其构成要件和内在运行机制的探索兴趣。李燕萍和李洋^[1]基于动态能力理论,提出了在价值共创情境下众创空间多主体动态能力结构。裴蕾,王金杰^[10]在研究中构建了涵盖创新主体与环境的众创空间多层次创新生态系统生态概念模型,并认为在该系统中存在自组织演化、开放式协同和跨层级交互三种机制。刘芹良,解学芳^[11]认为众创空间的核心层创客、中间层创新创业资源及外围层创业环境纵横嵌套与动态发展,赋予了众创空间组织结构鲜明的创新微生态系统特征。陈凤等^[7]提出众创空间创业生态系统涵盖生态系统代谢、多层次创业网络嵌套、异构创业资源整合、创业能力动态提升及用户价值创造五大核心运行机制,认为透视其运行规律能够更好地识别组织成长基因进而有助于系统运营绩效的提升。王节祥等^[12]指出众创空间不是成员的简单集聚和服务交易,而是实现多主体价值共创的双边创新型平台,其发展涵盖三个关键阶段和五大关键行动。汪群^[13]指出众创空间创业生态系统通过资源获取机制、优胜劣汰机制和价值交换机制实现自组织的自我管理和优化过程。向永胜和古家军^[14]选取典型众创空间案例分析,提出“产业+服务”双生态圈的新型众创空间生态系统构筑方式。Guerrero 等^[15]深入探讨了螺旋动因对创新创业生态系统产生的经济溢出和创新绩效。黄钟仪等^[16]揭示了众创空间中双创企业双重网络嵌入成长的双路径影响机制。

随着产业实践的不断深入,相关研究逐渐认识到,对于作为生态系统的众创空间而言,尽管系统中的初创企业和中小企业具有较强的创新活力和高涨的创新激情,但在实践过程中往往受到资源匮乏的束缚,持续创新创业动力不足,因而迫切需要其他主体(譬如成熟大企业)的帮助和支持^[17]。成熟大企业在为初创企业提供资源协助的同时,凭借其自身优势占据众创空间生态系统重要地位^[18],参与价值创造和价值获取过程,并与系统中的投资机构、科研机构和其他相关服务机构等主体一同服务于核心初创企业和中小企业,在为初创企业提供肥沃发展土壤的同时,也能够实现其自身发展目标^[9]。

通过对众创空间现有研究进行梳理与总结发现,一方面已有文献为本文奠定了较为丰富的理论基础,但另一方面以往研究仍存在着不足,有待进一步扩展与探索。第一,较少研究关注众创空间参与主体的多样性及其互动关系;第二,从生态系统视角来看,众创空间的多主体及其交互关系是如何影响该生态系统演化的,演化结

果又对产业实践如何反映,此外,在研究方法上,众创空间生态系统演化的相关时间序列数据难以获取,从而为演化机制的实证研究造成了困难,如何有效克服,这些都值得研究。综上,本文首先构建众创空间生态系统两主体 Lotka-Volterra 演化动力模型,通过数值仿真揭示当前国内众创空间生态系统内部主体间的主流共生模式并构筑基准理论和模型,其次为打破主流两主体共生模式的局限,拓展该基准模型至引入成熟企业的三主体共生演化模型,讨论成熟企业的入驻对众创空间共生主体、主体关系和演化模式的影响。

三、众创空间生态系统两主体演化模式

本节首先构建众创空间生态系统两主体演化基础模型,并通过数值仿真深化理论分析,其目的在于:一是揭示当前国内众创空间生态系统内部主体间的主流共生模式;二是为后文三主体演化模式分析构筑基准理论和模型。

(一)共生视角下众创空间生态系统两主体演化概念模型

生态系统的概念最初源自于生态学,是生态学科领域研究的最高层次,之后学者 Moore^[19]将该概念扩展至商业领域,提出商业生态系统的概念,并指出商业生态系统是以个体相互作用为基础形成的经济联合体,强调系统成员在合作竞争创新之上的共生演化。生态学研究领域中的共生理论为生态系统的持久生存、发展与繁荣提供了立足点,指出的物种间协同演进的关系为人们认识与把握生态系统进化的实质奠定了坚实的理论基础。共生这一概念最早在 1879 年由生物学家提出,是指不同种属的生物互相依赖彼此特性,在相互影响中共同生存、协同进化的现象。中国学者袁纯清^[20]将自然生态系统中的共生现象及相关理论推广至经济管理领域,认为共生反映了系统成员之间的相互依存关系,伴随着这种关系的产生和发展,整个组织系统朝着更有生命力的方向演化。组织生态系统中主体的共生关系反映了系统主体之间物质、信息和能量的关系,可以从共生单元、共生界面和共生模式三个维度进行分析,另外,主体间共生作用的数字化概念——共生作用系数,以该系数的大小和正负作为衡量系统主体间存在的种种共存共生关系的标准。

众创空间生态系统内部要素主体在其生态学隐喻的系统架构基础之上不断发展,渐渐显现出“共生”特征^[21]。整个众创空间生态系统中分布着众多共生单元,这些共生单元在其生存的共生环境中又形成不同的共生模式^[22]。具体而言,首先,共生单元是系统内部物质生产和能量交换的基本单位,共生单元的存在与代谢是众创空间系统形成的基础。就众创空间系统而言,一般由初创企业共生单元和提供相应资源的配套资源组织共生单元构成,配套类服务机构和投资机构等。其次,共生环境为共生单元的生存发展提供外部条件,主要包括政策环境、科技环境、经济环境和社会文化环境等。最后,共生单元在共生环境中通过相互作用形成不同的共生模式(如图 1 所示)。

(二) Lotka-Volterra 模型

Lotka-Volterra 模型最初在 20 世纪 40 年代被人提出,为生物学领域种群间的竞合动态关系模拟研究奠定了理论基础,并对现代生态学理论的发展产生重大影响,之后广泛被应用于产业组织、股东关系及期货指数竞争等多个领域的研究。如 Chen 和 Xie^[23]利用这一模型分析了我国光伏产业创新生态系统的竞争和重组机制。叶春华等^[24]基于 Lotka-Volterra 模型构建了产业系统耦合模型,并基于此讨论竞合模式下系统均衡条件与稳定解。吴洁等^[25]以新能源汽车产业实践为例,基于 Lotka-Volterra 模型探讨了专利创新生态系统的三主体共生关系问题。

(三)基于 Lotka-Volterra 模型的众创空间生态系统两主体演化模型构建

研究众创空间生态系统内部组织个体数量、结构及整体演化规律,需要借助于生态学演化方法,即从长期来看,随着时间推移种群规模的增长受其密度制约,最终逐渐平衡于某一数值,呈现 Logistic 增长规律。因此,在上述概念模型的基础上,本文借助生态学 Lotka-Volterra 模型研究众创空间生态系统中两主体子系统的共生关系及其动态演化过程。以众创空间生态系统中初创企业和配套资源组织的规模变化表示其成长演化过程,规模正向增长即表示组织成长状况良好,获取和创造的价值大;反之,规模负向增长表示组织成长状况消极,获取和创造的价值小。建模前本文做出下面一些假设。

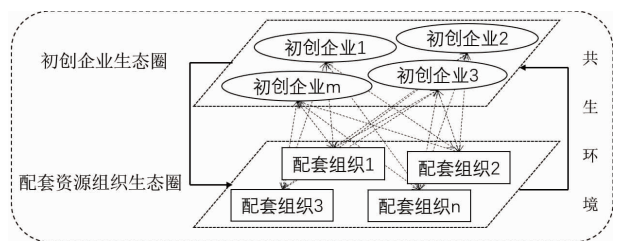


图 1 共生视角下众创空间生态系统演化概念模型

假设 1:众创空间生态系统由初创企业子系统 A_i 和配套资源组织子系统 B_j 构成,其中初创企业子系统 A_i 包含 i 个初创企业个体 ($i=1,2,\dots,m$),配套资源组织子系统 B_j 包含 j 个资源组织个体 ($j=1,2,\dots,n$),两子系统相互独立并互相依存。两类主体受到自身技术、资金、成本及系统资源总量等客观条件的限制,各主体成长过程均服从 Logistic 成长规律,组织规模不会无限制成长。

假设 2:众创空间生态系统中各主体之间存在交互作用,主体与主体之间相互影响,不存在两主体独立共存的情况。此外,相互作用存在方向性,共生系数反映主体间的不同共生关系,系数大于 0 表示作用者对被作用者的成长有积极作用,反之,系数小于 0 表示作用者对被作用者的成长有消极作用。

假设 3:当众创空间生态系统中某一主体(初创企业或配套资源组织)的边际产出等于边际投入时,该主体停止增长,达到最大规模。

基于上述假设,本文构建众创空间生态系统两主体共生演化 Lotka-Volterra 动力模型如下:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = r_1 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{N_1} + \alpha_{12} \frac{x_2}{N_2} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} = r_2 x_2 \left(1 - \frac{x_2}{N_2} + \alpha_{21} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{cases} \quad (1)$$

其中, x_1, x_2 分别代表众创空间生态系统中的初创企业和配套资源组织两类创新主体的规模; $r_i > 0 (i=1,2)$ 表示两共生子系统规模的自然增长率; $N_i (i=1,2)$ 代表在系统密度制约下主体 x_i 规模的最大值, $1 - x_i/N_i (i=1,2)$ 是 Logistic 系数,分别表示由于两主体对系统内有限资源的消耗而对各主体本身规模增大的阻滞作用; $\alpha_{ij} (i \neq j, i=1,2, j=1,2)$ 为主体 j 对主体 i 的共生作用系数。

伴随着 $\alpha_{ij} (i \neq j, i=1,2, j=1,2)$ 取值组合的变化,即随着众创空间生态系统中初创企业和配套资源组织两类创新主体相互作用方向和强度的变化,众创空间系统的演化涌现出不同的共生模式: $\alpha_{12} = \alpha_{21} = 0$ 时,两共生主体的发展相互独立,即初创企业和配套资源组织任一方的规模变化不会对另一方规模变化产生影响; $\alpha_{12} > 0, \alpha_{21} = 0$ 或 $\alpha_{12} = 0, \alpha_{21} > 0$ 时,两共生主体为互利共生模式,共生系数为正的主体受益,共生系数为 0 的主体不受另一主体影响; $\alpha_{12}\alpha_{21} < 0$ 时,两共生主体为寄生共生模式,共生系数为负的一方利益受损,共生系数为正的一方受益; $\alpha_{12} > 0, \alpha_{21} > 0$ 时,两共生主体达成互惠共生模式。

为探讨众创空间生态系统中初创企业和配套资源组织间资源集聚与流动的动态演化,本文对方程组(1)的平衡点进行稳定性分析。令 $\frac{dx_1}{dt} = \frac{dx_2}{dt} = 0$, 得到初创企业和配套资源组织共生演化的四个平衡点: $E_1(0,0), E_2(0, N_2), E_3(N_1, 0), E_4\left(\frac{(1+\alpha_{12})N_1}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}, \frac{(1+\alpha_{12})N_1}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}\right)$, 该动态演化系统的雅克比矩阵是:

$$J = \begin{bmatrix} r_1 \left(1 - \frac{2x_1}{N_1} + \alpha_{12} \frac{x_2}{N_2} \right) & r_1 x_1 \alpha_{12} / N_2 \\ r_2 x_2 \alpha_{21} / N_1 & r_2 \left(1 - \frac{2x_2}{N_2} + \alpha_{21} \frac{x_1}{N_1} \right) \end{bmatrix}$$

当系统均衡点使得雅可比矩阵 J 的行列式 $Det(J) > 0$ 且迹 $Tr(J) < 0$ 时,该均衡点为稳定均衡点。该生态系统动态演化的均衡点及其稳定性分析如表 1 所示。

表 1 初创企业与配套资源组织共生演化均衡点及稳定性分析

均衡点	$Det(J)$	$Tr(J)$	稳定条件
$E_1(0,0)$	$r_1 r_2$	$r_1 + r_2$	不稳定
$E_2(0, N_2)$	$-r_1 r_2 (1 + \alpha_{12})$	$-r_2 + r_1 (1 + \alpha_{12})$	$\alpha_{12} < -1$
$E_3(N_1, 0)$	$-r_1 r_2 (1 + \alpha_{21})$	$-r_1 + r_2 (1 + \alpha_{21})$	$\alpha_{21} < -1$
$E_4\left(\frac{(1+\alpha_{12})N_1}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}, \frac{(1+\alpha_{12})N_1}{1-\alpha_{12}\alpha_{21}}\right)$	$\frac{r_1 r_2 (1 + \alpha_{12}) (1 + \alpha_{21})}{1 - \alpha_{12} \alpha_{21}}$	$\frac{r_1 (-1 - \alpha_{12}) + r_2 (-1 - \alpha_{21})}{1 - \alpha_{12} \alpha_{21}}$	$\alpha_{12} > -1, \alpha_{21} > -1$

(四) 众创空间生态系统两主体演化现状仿真分析

数值仿真在实证数据十分有限时成为相对而言更为有效的研究方法。商业生态系统演化动力模型需要通

过多次迭代以揭示其宏观表征规律,因此对于以演化时间为统计单位的研究对象,数值仿真模拟成为最适合的方法^[26]。下面利用 Matlab2018 对方程组(1)进行数值模拟仿真,参照主流文献研究设计^[22,26,27],预先假设初创企业和配套资源组织两类创新主体规模的自然增长率分别为 0.1,0.05,即 $r_1 = 0.1, r_2 = 0.05$,种群密度制约下两主体独立发展的规模最大值均为 1000,即 $N_1 = N_2 = 1000$,演化周期 $t = 800$ 。下面结合产业实践经验对不同参数组合作用影响下的众创空间生态系统演化结果进行分析。

1. 众创空间生态系统两主体寄生共生模式

如图 2 所示,当配套资源组织对初创企业的共生系数大于零(0.25),而初创企业对配套资源组织的共生系数小于零(-0.35),即 $\alpha_{21} > 0, \alpha_{12} < 0$ 时,两主体呈寄生共生模式。在该种情况下,初创企业凭借配套资源组织的创业资源供给,自身发展得到外部资源助力,最终演化规模超过其独立发展时的最大规模;而配套资源组织由于初创企业对其内部资源的消耗,最终演化规模低于其独立发展时能够达到的最大规模。

寄生共生模式的仿真结果揭示了国内众创空间发展现实中存在的一类典型问题:生态系统中部分初创企业过度依赖企业外部资源与补贴,但自身造血能力不足,造成资源浪费。分析原因可能包含以下几点:一是国内初创企业由于运作时间较短,运营成本较高,在依赖外部资金、资源填补的同时却无法实现自身盈利;二是缺乏高质量的创客团队,创客人群创新创业能力不足、技术匮乏、经验不足导致项目孵化成功率低,尽管配套资源组织能够提供一定程度的支持和帮助,但无法带给初创企业创业项目质的提升;三是初创企业在创新创业发展过程中资源配置不合理,仅依附配套资源组织提供的有限支持填补众创空间发展需求,只能是杯水车薪,因此造血功能较弱;四是小部分创客及初创企业的投机心理,加之众创空间监管不力,导致创客主体冲劲不足,单方面稀释资源造成原本就稀缺的创业资源的浪费。

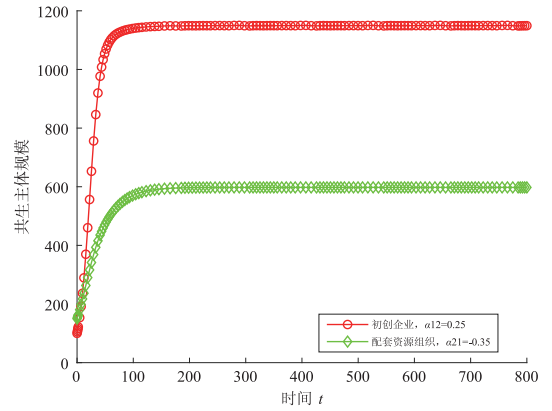


图 2 众创空间两主体寄生共生模式

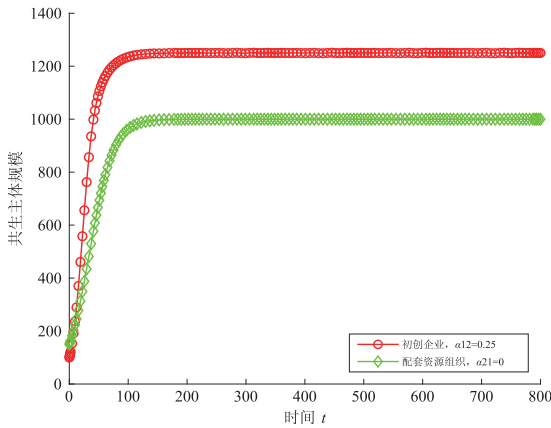


图3a 初创企业受益

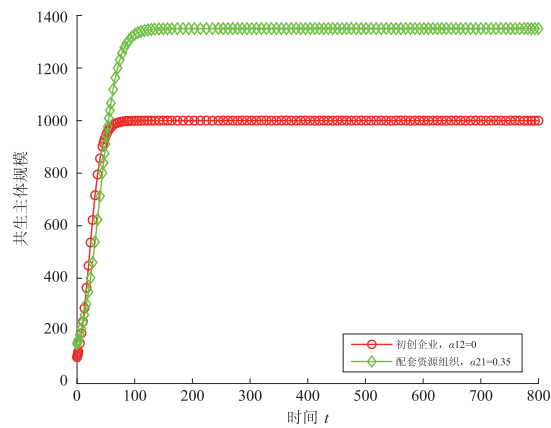


图3b 配套资源组织受益

图 3 众创空间两主体寄生共生模式

2. 众创空间生态系统两主体偏利共生模式

图 3 刻画了众创空间初创企业和配套资源组织的偏利共生模式。图 3a 中配套资源组织对初创企业的共生系数大于零(0.25),而初创企业对配套资源组织的共生系数等于零即 $\alpha_{12} > 0, \alpha_{21} = 0$ 。共生系数大于零的初创企业规模受益于配套资源组织主体最终演化规模超过其独立发展时的最大规模,而共生系数等于零的配套资源组织规模不受初创企业的影响;图 3b 则相反,即 $\alpha_{12} = 0, \alpha_{21} > 0$,共生系数等于零的初创企业独立成长,不受资源组织影响,而共生系数大于零的配套资源组织规模受益于初创企业的发展。

众创空间作为一类新型创新创业服务的综合系统,其重要功能之一就是应当促进创新创业资源集聚并实现资源供给与需求的匹配,在对资源跨界整合与互补的基础上实现更广泛层面的协同创新。然而,针对图 3 所映

射出的主体偏利共生模式,尽管系统中一方主体规模演化独立发展不受另一方影响,但长远来看都会对众创空间生态系统的发展造成不利影响。究其原因认为有以下三点:一是众创空间系统未能充分发挥其资源配置功能,与初创企业方或资源提供方对接不力,导致系统核心运作机制无法有效运行;二是针对初创企业独立发展的情形,如若众创空间系统本身不存在对接不力的问题,则可能是因为系统内资源供方部分资源不足,加之初创企业数量日益增多加剧了众创空间系统内部竞争,导致部分企业不能借力配套资源,独立承担企业运营负担而与此同时也能够为系统贡献自身价值,因此配套资源组织能够获利;三是对于配套资源组织独立演化的情况,一方面系统内资源组织通过众创空间平台的整合将有限的资源合理配置到系统内部初创企业中,另一方面或由于初创企业发展初期未能创造价值并向对应组织传递,或由于平台协同服务不到位导致两主体双方未能实现真正意义上的互惠共生。

3. 众创空间生态系统两主体互惠共生模式

图 4 刻画众创空间初创企业和配套资源组织两共生主体最理想的共生模式——互惠共生模式,此时共生系数均大于零,即 $\alpha_{21} > 0, \alpha_{12} > 0$ 。各共生主体规模演化增幅与共生系数有关,两主体的演化规模最终远大于其各自独立发展时能达到的最大规模,也大于前述两主体寄生共生和偏利共生模式下的主体规模。国内众创空间发展时间较短,能够达到这种理想共生模式的系统鲜少。

由上可知,国内主流众创空间生态系统由初创企业和配套资源组织共生演化而成,其共生演化到达均衡状态时会形成不同模式,对应于不同的众创空间发展现实状态。众创空间生态系统两主体的演化结果取决于初创企业和配套资源组织两主体之间的共生关系。其中寄生共生模式反映了初创企业对外部资源与补贴的过度依赖问题,偏利共生模式反映了初创企业和配套资源组织间的协同不力问题,互惠共生是众创空间生态系统两主体发展演化的最佳方向。因此,众创空间运营管理者应尽可能规避寄生共生和偏利共生模式,致力于互惠共生型众创空间的打造。

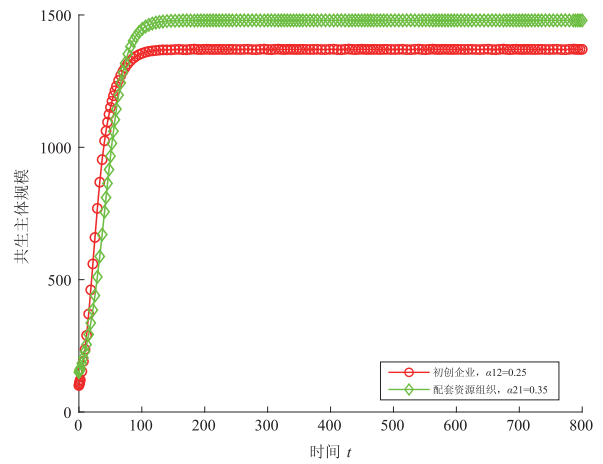


图 4 众创空间两主体互惠共生模式

四、众创空间生态系统三主体共生演化模型描述与构建

众创空间生态系统内初创企业与配套资源组织形成的共生关系实质是众创空间平台不断开拓网络中的结构洞以促进创客与资源的供需匹配^[2]。以提升初创企业创新能力带动整个系统实现创新创业目标是众创空间构筑的初衷和核心价值,而资源丰富性是提升初创企业创新能力的重要赋能,仅由初创企业和配套资源组织构筑的众创空间生态系统往往受限于主体多样性和资源可得性而缺乏活力,发展动力不足。海尔、腾讯等由产业龙头企业引领打造的众创空间所展现出的蓬勃朝气和强劲发展动力启发我们对生态系统主体多样性和互动方式的思考。鉴于众创空间的生态系统属性及主体 Logistic 增长规律,且生态系统内部多主体间相互作用其本质仍然是两两主体间的互惠共生问题,因此 Lotka-Volterra 方程最为适用。本节扩展上文众创空间生态系统两主体演化模型,在基础模型之上引入具有一定资源优势的成熟企业,讨论成熟企业的入驻对众创空间共生主体、主体关系和演化模式的影响。根据权宏顺^[28]对三维 Lotka-Volterra 合作系统的研究,本文将模型进行整理,如式(2):

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = r_1 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{N_1} + \alpha_{12} \frac{x_2}{N_2} + \alpha_{13} \frac{x_3}{N_3} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} = r_2 x_2 \left(1 - \frac{x_2}{N_2} + \alpha_{21} \frac{x_1}{N_1} + \alpha_{23} \frac{x_3}{N_3} \right) \\ \frac{dx_3}{dt} = r_3 x_3 \left(1 - \frac{x_3}{N_3} + \alpha_{31} \frac{x_1}{N_1} + \alpha_{32} \frac{x_2}{N_2} \right) \end{cases} \quad (2)$$

其中, $r_3 > 0$ 表示入驻成熟企业主体规模的自然增长率; N_3 代表主体 x_3 规模的最大值, $1 - x_3/N_3$ 是 Logistic 系数,表示企业主体对系统内有限资源的消耗而对各主体本身规模增大的阻滞作用; $\alpha_{ij} (i \neq j; i = 1, 2, 3; j = 1, 2,$

3) 为主体 j 对主体 i 的共生作用系数。进一步地, 众创空间生态系统的相互作用矩阵如式(3)所示:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-r_1}{N_1} & \frac{r_1\alpha_{12}}{N_2} & \frac{r_1\alpha_{13}}{N_3} \\ \frac{r_2\alpha_{21}}{N_1} & \frac{-r_2}{N_2} & \frac{r_2\alpha_{23}}{N_3} \\ \frac{r_3\alpha_{31}}{N_1} & \frac{r_3\alpha_{32}}{N_2} & \frac{-r_3}{N_3} \end{bmatrix} \quad (3)$$

令 $\frac{dx_1}{dt} = \frac{dx_2}{dt} = \frac{dx_3}{dt} = 0$, 求解方程组即得到该众创空间生态系统的 8 个局部均衡点(如表 2 所示)。矩阵 A 为众创空间生态系统的相互作用矩阵, 矩阵 A 的行列式 $|A| = \frac{r_1 r_2 r_3 (-1 + \alpha_{13} \alpha_{21} \alpha_{32} + \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{31} + \alpha_{13} \alpha_{31} + \alpha_{23} \alpha_{32} + \alpha_{12} \alpha_{21})}{N_1 N_2 N_3}$,

若 $|A| < 0$ 且 $x_1^* > 0, x_2^* > 0, x_3^* > 0$, 则系统存在唯一全局稳定性平衡点 $E(x_1^*, x_2^*, x_3^*)$ 。入驻企业加入后该众创空间生态系统三主体动态演化的均衡点及其稳定性分析如表 2 所示。

$$\begin{cases} \frac{N_1(-1 + \alpha_{23}\alpha_{32} - \alpha_{12} - \alpha_{13}\alpha_{32} - \alpha_{13} - \alpha_{12}\alpha_{23})}{-1 + \alpha_{13}\alpha_{21}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{23}\alpha_{31} + \alpha_{13}\alpha_{31} + \alpha_{23}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{21}} > 0 \\ \frac{N_2(-1 + \alpha_{13}\alpha_{31} - \alpha_{21} - \alpha_{21}\alpha_{13} - \alpha_{23} - \alpha_{23}\alpha_{31})}{-1 + \alpha_{13}\alpha_{21}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{23}\alpha_{31} + \alpha_{13}\alpha_{31} + \alpha_{23}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{21}} > 0 \\ \frac{N_3(-1 + \alpha_{12}\alpha_{21} - \alpha_{31} - \alpha_{31}\alpha_{12} - \alpha_{32} - \alpha_{32}\alpha_{21})}{-1 + \alpha_{13}\alpha_{21}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{23}\alpha_{31} + \alpha_{13}\alpha_{31} + \alpha_{23}\alpha_{32} + \alpha_{12}\alpha_{21}} > 0 \end{cases} \quad (4)$$

表 2 众创空间三主体子系统共生演化均衡点

点	x_1	x_2	x_3
M_1	0	0	0
M_2	0	0	N_3
M_3	0	N_2	0
M_4	N_1	0	0
M_5	0	$\frac{(1 + \alpha_{23})N_2}{1 - \alpha_{23}\alpha_{32}}$	$\frac{1 + \alpha_{23}}{1 - \alpha_{23}\alpha_{32}}N_3$
M_6	$\frac{(1 + \alpha_{13})N_1}{1 - \alpha_{13}\alpha_{31}}$	0	$\frac{(1 + \alpha_{31})N_3}{1 - \alpha_{13}\alpha_{31}}$
M_7	$\frac{(1 + \alpha_{12})N_1}{1 - \alpha_{12}\alpha_{21}}$	$\frac{(1 + \alpha_{21})N_2}{1 - \alpha_{12}\alpha_{21}}$	0
M_8	$\frac{I_1}{ A } > 0$	$\frac{I_2}{ A } > 0$	$\frac{I_3}{ A } > 0$

五、众创空间生态系统三主体共生演化仿真分析

基于上文对众创空间生态系统主流演化模式及三主体共生演化模型的稳定性分析, 为探究成熟企业的加入对众创空间主体及其互动演化的影响, 下文通过数值分析, 进一步揭示众创空间生态系统三主体演化模式, 保持基础模型参数设置不变, 增加成熟企业创新主体规模的自然增长率为 0.05, 在种群密度制约下成熟企业独立发展的规模最大值 N_3 为 1000, 演化周期 $t = 800$ 。

(一) 成熟企业与两主体寄生共生模式下三主体共生演化仿真

本文考虑当成熟企业与初创企业和配套资源组织寄生共生时加入前述不同两主体共生演化系统对原众创空间生态系统规模演化产生的影响。这一情境下, 初创企业和配套资源组织对成熟企业的共生系数均小于零, 即 $\alpha_{31} < 0, \alpha_{32} < 0$ (分别为 -0.25, -0.15), 而成熟企业对这两主体的共生系数均大于零(分别为 0.35, 0.25)。通过表 3 对各主体规模均衡值改进比例的统计分析发现, 无论哪一种两主体共生模式, 成熟企业的加入均在一定程度上提升了初创企业和配套资源组织的规模。也就是说, 成熟企业的加入在为该生态系统的发展注入新的动力的同时, 能够缓解两主体寄生共生和偏利共生模式对于彼此过度的资源依赖。然而, 这种共生模式也存在一定的弊端, 即成熟企业本身由于初创企业和配套资源组织对其资源的消耗导致演化规模小于其独立发展时能达到的规模上限, 因此可能存在不可持续发展的隐患, 即成熟企业在发现无利可图之后可能会减少资源支持甚至退出系统发展。

表 3 成熟企业与两主体寄生共生前提下的三主体共生模式

初创企业与资源组织关系	共生系数取值						主体规模均衡值			改进比例	
	α_{12}	α_{13}	α_{21}	α_{23}	α_{31}	α_{32}	初创企业	资源组织	成熟企业	资源组织	初创企业
寄生共生	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25	0.15	1362	663	560	10.87%	18.54%
偏利共生(初创企业受益)	0.25	0.35	0.00	0.25	0.25	0.15	1444	1118	471	11.80%	15.52%
偏利共生(资源组织受益)	0.00	0.35	0.35	0.25	0.25	0.15	1168	1528	479	13.19%	16.80%
互惠共生	0.25	0.35	0.35	0.25	0.25	0.15	1538	1631	371	10.28%	12.26%

(二)成熟企业与两主体偏利共生模式下三主体共生演化仿真

接下来考虑当成熟企业与初创企业和配套资源组织偏利共生时加入前述不同两主体共生演化系统对原众创空间生态系统规模演化产生的影响。具体共生系数情况为:初创企业和配套资源组织对成熟企业的共生系数均等于零,即 $\alpha_{31} = 0, \alpha_{32} = 0$, 而成熟企业对这两主体的共生系数均大于零(分别为 0.35, 0.25)。在这一情境下,初创企业和配套资源组织能够借助众创空间这一平台,吸收整合组织内外部互补性资产,实现自身创新创业能力提升和快速发展,即在原两主体共生演化模式的基础上,新入驻的成熟企业对众创空间生态系统共生主体的发展起到了助推作用,为原本资源有限的初创企业和配套资源组织提供了数量更多、质量更高的创新创业资源,从而使得两主体演化规模均大于对应的原共生演化规模上限;而对于成熟企业而言,在偏利共生模式下难以在众创空间生态系统中通过投资、外部学习和建立合作等方式捕获新技术与知识资源,战略布局难以得到扩展和延伸,在参与系统价值创造的同时难以获取价值,此时的众创空间生态系统的资源集聚优势和成本转移效应尚未得到充分发挥,系统主体供需结构优化升级受限,导致演化结果呈现为如图 5 所示的结果,初创企业和配套资源组织并未对成熟企业发展产生任何影响,成熟企业独立发展至规模上限。

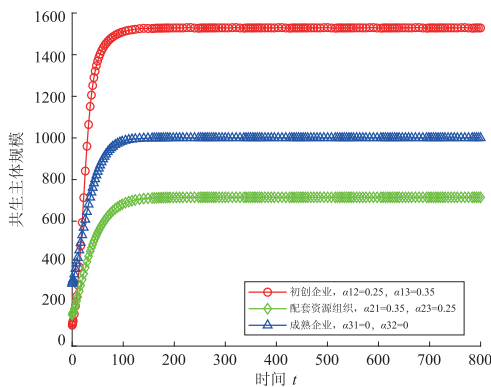


图5a 初创企业与资源组织寄生共生

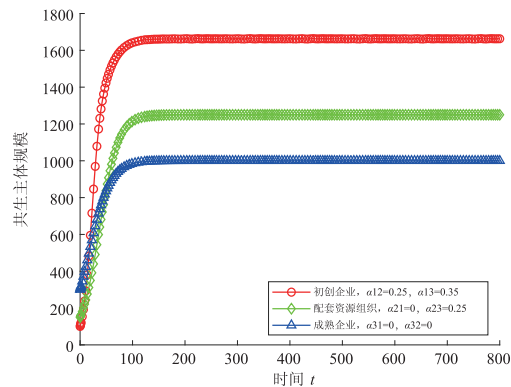


图5b 初创企业与资源组织偏利共生(前者受益)

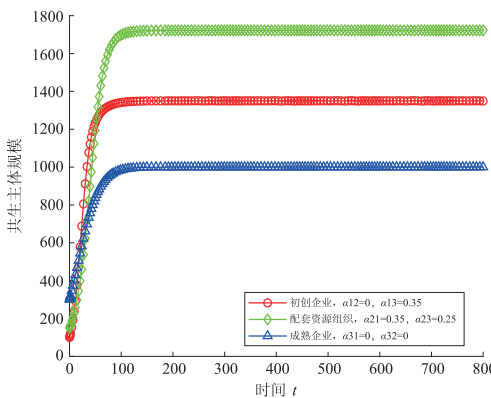


图5c 初创企业与资源组织偏利共生(后者受益)

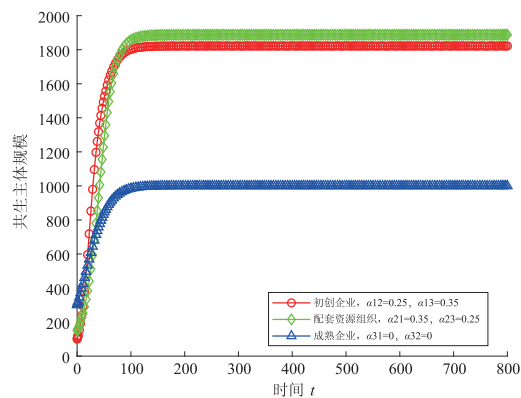


图5d 初创企业与配套资源组织互惠共生

图 5 成熟企业与两主体偏利共生前提下的三主体共生模式

(三)成熟企业与两主体互惠共生模式下三主体共生演化仿真

下面考虑当成熟企业与初创企业和配套资源组织互惠共生时加入前述不同两主体共生演化系统对原众创空间生态系统规模演化产生的影响。当成熟企业通过调动自身拥有资源帮扶初创企业和配套资源组织主体成长,且资源和信息的双向流动使得成熟企业同时获益于初创企业和配套资源组织时,入驻的成熟企业与众创空间生态系统中原有两主体达成互惠共生模式,此时众创空间系统共生主体单元的演化规模无论原两主体的共生模式是寄生、偏利还是互惠共生模式,系统共生主体规模的演化上限都因为有成熟企业的支持而相对原两主体的演化上限有较程度的提高,新入驻的成熟企业自身规模也因为其他主体规模的增加而增加。众创空间生态系统三主体共生模式在初创企业和配套资源组织互惠共生的情境下达到最理想的互惠共生状态,三主体的演化规模上限达到最大(表 4)。这进一步表明了成熟企业在众创空间生态系统中扮演着资源保障和发展引擎的角

色,成熟企业已然具备的品牌优势、市场优势等竞争优势为系统及各主体输送了强大的创新创业能力和可持续发展动力。此外,三主体互惠共生模式是整个系统演化最佳状态,此时众创空间作为各主体进行开放式创新活动的载体,其资源分享和平台集聚的优势得到充分发挥,从而有效带动创新主体间互利互惠和网络嵌入的逐步深化,进而实现系统可持续成长。

表4 成熟企业与两主体互惠共生前提下的三主体共生模式

初创企业与配套资源组织关系	共生系数取值						共生主体规模均衡值改进比例		
	α_{12}	α_{13}	α_{21}	α_{23}	α_{31}	α_{32}	资源组织	初创企业	成熟企业
寄生共生	0.25	0.35	-0.35	0.25	0.15	0.15	26.76%	45.08%	36.40%
偏利共生(初创企业受益)	0.25	0.35	0.00	0.25	0.15	0.15	37.10%	49.04%	48.50%
偏利共生(资源组织受益)	0.00	0.35	0.35	0.25	0.15	0.15	41.85%	53.10%	53.10%
互惠共生	0.25	0.35	0.35	0.25	0.15	0.15	45.23%	54.09%	63.90%

六、结论与启示

基于共生视角以及融合生态学及管理学相关理论,本文构建众创空间生态系统初创企业和配套资源组织两主体共生演化基准模型,揭示了国内众创空间现存共生模式及发展问题;然后将两主体模型扩展至有成熟企业入驻的众创空间生态系统三主体共生演化模型,数值模拟系统中三主体相互作用的共生模式,刻画了成熟企业的加入对众创空间发展演化的影响机理及整个系统三主体的演化路径。研究表明:(1)初创企业、配套资源组织及成熟企业等共生单元在众创空间生态系统内外部共生环境中通过达成不同共生模式以推动整个系统实现演化发展,演化的均衡结果由初创企业、配套资源组织及成熟企业之间的共生系数取值决定;(2)两主体寄生共生和偏利共生分别反映出国内众创空间初创企业和配套资源组织资源过度依赖和资源协同不够的问题,由于资源和规模受限,导致众创空间内部主体难以实现真正意义上的互惠共生;(3)成熟企业在众创空间生态系统中扮演着资源保障和发展引擎的角色,三主体互惠共生是系统演化的最佳目标导向。

目前我国众创空间生态系统仍处于发展初期阶段,演化过程中难免存在初创企业自身造血能力不足、配套资源规模有限、服务匮乏等问题,距离实现“全要素”的生态目标还有很大的进步空间。本文的研究结果从以下三方面给予众创空间的构筑和系统升级启示:其一,一个完整的众创空间生态系统是一个创新创业发展的综合体,应当培育系统的多样性。创新2.0时代的众创空间不仅是集聚创客和初创企业的场所,还应当开放吸引大型成熟企业入驻,只有在保证系统资源、功能多样丰富的基础上,才能更好地对接匹配生态系统中各共生主体和创业活动的需求,在打造“共生共荣”生态场景的发展道路上持续前进。其二,众创空间作为新型创新创业服务综合平台,建立互惠互利、协同共进的共生模式与发展环境是众创空间长期高效发展的机制保障和目标,而目前快速发展的背后如何更好地实现多主体信息交流、创新创业资源聚集与高效配置是亟待解决的问题,只有当所有共生单元协同发展时,众创空间生态系统才能在各方利益最大化的基础上长久稳定发展。因此,众创空间生态系统应当加强主体单元的信息交流与能量交换,必要时改善空间系统功能结构以实现功能重组,进而突破一定时期内系统的发展瓶颈。其三,应当根据行业特点和自身发展状况清楚衡量当前系统经营所处模式,从而能够进一步明确发展策略关键点,基于策略重点有的放矢地管理系统内部各主体及其共生演化模式。

本文的研究仍存在不足之处。由于主体包含成熟企业的众创空间生态系统样本数量十分有限,因此难以对仿真结果进行实证分析,在未来的研究中,随着样本数据的不断丰富,我们将会进一步对本文的研究结果进行相应的扩展和实证分析,从而深化对众创空间主体交互及演化的认识。

参考文献:

- [1] 李燕萍,李洋. 价值共创情境下的众创空间动态能力——结构探索与量表开发[J]. 经济管理,2020(8):68-84.
- [2] 李燕萍,陈武,陈建安. 创客导向型平台组织的生态网络要素及能力生成研究[J]. 经济管理,2017(6):101-115.
- [3] 贾天明,雷良海. 众创空间的内涵、类型及盈利模式研究[J]. 当代经济管理,2017(6):13-18.
- [4] 杜宝贵,王欣. 科技企业孵化器政策变迁研究——基于政策文本的量化分析[J]. 中国科技论坛,2019(2):11-21.
- [5] 李燕萍,陈武. 中国众创空间研究现状与展望[J]. 中国科技论坛,2017(5):12-18+56.
- [6] 投中研究院. 众创空间在中国:模式与案例[J]. 国际融资,2015(6):47-51.
- [7] 陈凤,项丽瑶,俞荣建. 众创空间创业生态系统:特征、结构、机制与策略——以杭州梦想小镇为例[J]. 商业经济与管理,2015(11):35-43.

- [8] 张玉利,白峰. 基于耗散理论的众创空间演进与优化研究[J]. 科学学与科学技术管理,2017(1):22-29.
- [9] 戴亦舒,叶丽莎,董小英. 创新生态系统的价值共创机制——基于腾讯众创空间的案例研究[J]. 研究与发展管理,2018(4):24-36.
- [10] 裴蕾,王金杰. 众创空间嵌入的多层次创新生态系统:概念模型与创新机制[J]. 科技进步与对策,2018(6):1-6.
- [11] 刘芹良,解学芳. 创新生态系统理论下众创空间生成机理研究[J]. 科技管理研究,2018(12):240-247.
- [12] 王节祥,田丰,盛亚. 众创空间平台定位及其发展策略演进逻辑研究——以阿里百川为例[J]. 科技进步与对策,2016(11):1-6.
- [13] 汪群. 众创空间创业生态系统的构建[J]. 企业经济,2016(10):5-9.
- [14] 向永胜,古家军. 基于创业生态系统的新型众创空间构筑研究[J]. 科技进步与对策,2017(22):20-24.
- [15] Guerrero M, Urbano D. The impact of triple helix agents on entrepreneurial innovations' performance: An inside look at enterprises located in an emerging economy[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017, 119(3):294-309.
- [16] 黄钟仪,向玥颖,熊艾伦,苏伟琳. 双重网络、二元拼凑与受孵新创企业成长:基于众创空间入驻企业样本的实证研究[J]. 管理评论,2020(5):125-137.
- [17] Zahra S, Nambisan S. Entrepreneurship and strategic thinking in business ecosystems[J]. Business Horizons, 2012, 55(3):219-229.
- [18] Tilson D, Lyytinen K, Srensen C. Digital infrastructures: The missing IS research agenda[J]. Information Systems Research, 2010, 21(4):748-759.
- [19] Moore J F. Predators and prey: A new ecology of competition[J]. Harvard Business Review, 1993, 71(3):75.
- [20] 袁纯清. 共生理论及其对小型经济的应用研究(上)[J]. 改革, 1998(2):100-104.
- [21] 梅亮,陈劲,刘洋. 创新生态系统:源起、知识演进和理论框架[J]. 科学学研究,2014(12):1771-1780.
- [22] 欧忠辉,朱祖平,夏敏,陈衍泰. 创新生态系统共生演化模型及仿真研究[J]. 科研管理,2017(12):49-57.
- [23] Chen Y, Xie F J. The bionics research of evolutionary path of photovoltaic industry's innovation ecosystem based on Lotka-Volterra model[J]. R&D Management, 2012, 24(1):74-84.
- [24] 叶春华,许露,何建敏,田德红. IET的生产者服务业与先进制造业耦合机理[J]. 北京理工大学学报:社会科学版,2012(4):52-57.
- [25] 吴洁,彭晓芳,盛永祥,刘鹏,施琴芬. 专利创新生态系统中三主体共生关系的建模与实证分析[J]. 软科学,2019(7):27-33.
- [26] 胡浩,李子彪,胡宝民. 区域创新系统多创新极共生演化动力模型[J]. 管理科学学报,2011(10):85-94.
- [27] 李洪波,史欢. 基于扩展 Logistic 模型的创业生态系统共生演化研究[J]. 统计与决策,2019(21):40-45.
- [28] 权宏顺. 3 维 Lotka-Volterra 合作系统的全局稳定性[J]. 应用数学,1991(1):53-57.

[责任编辑:杨志辉]

Lotka-Volterra Model Based Maker Space Ecosystem Symbiotic Mode

DUAN Wenqi^{1,3a}, LI Chen², HUI Shumin^{3b}

(1. School of Business, Taizhou University, Taizhou 318000, China;

2. School of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China;

3a. School of Economics and Management, 3b. Center for Intellectual Property Rights, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: The maker space has increasingly become an important carrier to promote the business startups and innovation strategy and an organic component to promote the national innovation. It is of rich theoretical significance to explore the evolution model of its internal corpus from the perspective of entrepreneurial ecological symbiosis. Based on the ecology and management theory, this paper first builds the Lotka-Volterra evolutionary dynamic model of the two main bodies, and reveals the current mainstream symbiosis model through numerical simulation, and builds the benchmark theory and model. Then expands the basic model to introduce the three-subject symbiotic evolution model of mature enterprises to break the limitation of the mainstream two-subject symbiotic model, and discusses the impact of the presence of mature enterprises on the symbiotic subjects, subject relationships, and evolution models of the mass creation space. The research results show that, firstly, synergistic units such as start-up enterprises, supporting resource organizations and mature enterprises participate in the evolution of the whole system by reaching different symbiotic modes in the internal and external symbiotic environment of the collective creation of spatial ecosystems, and the evolution equilibrium of maker space ecosystem is influenced by the values of symbiosis coefficient between those three parts. Secondly, at present, the two-subject symbiosis model under the symbiotic environment of the maker space ecosystem has difficulty in realizing the mutual reciprocal symbiosis due to the limitation of resources and scale. The entry of mature enterprises plays the role of resource guarantee and development engine inside the system. Thirdly, the three-subject reciprocal symbiosis is the best evolution direction of it. Finally, based on the simulation results, strategic suggestions for the construction and system upgrade of domestic creative space are proposed.

Key Words: mass maker space ecosystem; three-subjects; symbiotic evolution; Lotka-Volterra model; national double-innovation strategy