

创业生态系统的共生演化模型及仿真研究

——基于中关村历史数据的分析

□ 陈海涛 宋姗姗 单标安^①

摘要：本文探讨创业生态系统主体的共生演化过程，基于创业企业与其他各类主体的共生关系，构建了创业生态系统共生演化模型，分析了创业生态系统主体间演化的均衡点和稳定条件以及均衡点和共生模式之间的关系，并用仿真实验分别呈现出不同共生模式、初始种群规模、最大规模、自然增长率下的创业生态系统的共生演化路径。最后基于中关村的历史数据，验证了本文模型的实践可行性。研究发现：①创业生态系统的共生演化路径受到多类主体间的共生模式的影响。②创业生态系统的共生演化路径的稳定状态规模与其共生系数和最大规模有关，与初始种群规模和自然增长率无关。③创业生态系统的共生演化速度与主体的自然增长率和初始种群规模有关。④提升创业生态系统的互惠共生模式下的主体间的依赖程度更有利于创业生态系统的规模壮大。

关键词：创业生态系统；共生演化；共生模式；仿真；Logistic

一、引言

创业创新是推动我国发展的重要动力。近年来，北京的中关村、上海的张江、深圳的深圳湾等创业生态系统极其重视创业创新活动，致力于提高创业创新水平。创业生态系统的高速发展，也加速了学者们对创业生态系统的研究。

^① 陈海涛、宋姗姗（E-mail: 395994965@qq.com）、单标安，吉林大学管理学院。本文受国家自然科学基金重点国际（地区）合作研究项目“基于机会视角的创业生态系统形成机理研究”（71620107001）、吉林大学基本科研业务费项目“新创企业决策的动态演化机制研究”（2015XXJD01）资助。笔者感谢主编李海洋教授、领域编辑以及匿名评审专家对本文提出的宝贵意见。

创业生态系统存在和发展的根本动因是主体间的共生。创业生态系统的共生是主体间基于共同价值创造的愿景形成的相互作用、彼此依赖、共同发展的关系，是一个动态且复杂的过程，并不是简单的竞合关系就可以描述的，静态的横截面研究也不能够深入探索其动态演化过程。目前，国内外学者将多主体互动、共生关系与创业生态系统融合在一起的动态研究仍然不多，专门针对创业生态系统的共生演化研究也很少见，多以逻辑模型构建的定性研究为主。以往研究主要从知识转移、演化阶段的界定、系统层级的分析等方面研究了创业生态系统的共生演化过程，尚未有研究能够清晰呈现其共生演化路径。

在我国，北京的中关村是极其典型的创业生态系统，主体规模量大，主体间共生关系复杂，直接通过获取全部的主体层面的共生关系数据来衡量中关村多类参与主体的发展趋势和共生现状是不切实际的，因此，从宏观上掌握中关村的发展现状和未来发展趋势存在着亟待解决的难题。

共生演化过程能够很好地描述创业生态系统的发展现状和未来趋势。创业生态系统的主体间的共生关系复杂多变，那么不同共生关系下的创业生态系统呈现怎样的共生演化路径呢？

面对创业生态系统主体规模量大、主体间关系复杂、实证数据难以获取的困难，计算机仿真方法展现了其特有的优势，是一种能够科学、严谨地解决该方法的方法。所以，本文构建了创业生态系统的共生演化模型，通过计算机仿真来分析创业生态系统共生演化路径。然后通过中关村的实证数据验证本文模型在实践

中的可行性。本文研究的理论意义在于探究了创业生态系统的共生演化过程，丰富了创业生态系统共生演化的理论研究，也为后续深入的创业生态系统仿真研究提供了基础的理论模型。实践意义在于可以从宏观上认知创业生态系统共生关系的发展现状和主体规模的未来趋势，从而提高新创企业规模和存活率，提升创业生态系统的活力和水平。

二、创业生态系统的文献回顾

（一）创业生态系统的概念内涵

创业生态系统是近年来新兴的概念，具有多样性的研究对象、不同的规模以及不同的研究设计和数据，所以目前仍没有一个广泛通用的概念（Stam, 2015）。20世纪90年代，Moore（1993）提出了商业生态系统的概念，并认为商业生态系统是一种基于组织互动的经济联合体。自此，生态系统进入了社会科学领域，也成为了创业生态系统最通用和宽泛的概念。随后，Spilling在1996年首次提出创业生态系统的概念。随着Isenberg在2011年提出了创业生态系统的六个“黄金要素”，创业生态系统的研究开始兴起。而在之前，学者更多的是对产业集群、创业企业联盟、产学研联盟、战略联盟、商业生态系统、创新生态系统进行研究。本文梳理了创业生态系统的概念内涵，如表1所示。

从表1对创业生态系统的概念梳理来看，目前创业生态系统在区域划分、系统组成、交互主体上尚未得到统一，但是几乎都承认创业生态系统是一个相互作用、共同发展，从而实现共同价值创造的生态系统。

表 1 创业生态系统的概念内涵梳理

作者	对创业生态系统的定义
Spilling (1996)	创业生态系统包含复杂和多样的组成元素，它们之间的相互作用决定了区域或本地的创业生态系统绩效。创业生态系统以及元素间的关系会随着时间改变
Cohen (2006)	创业生态系统是本地社区内的所有相互联系的参与者通过支持和帮助新创企业来致力于自身的可持续发展
Isenberg (2011)	自我维持的创业生态系统具有六个需要：市场、政策、资金、人才、文化以及专业支持的需要，它们之间进行复杂的交互，并且永久存在
林嵩 (2011)	创业生态系统由新创企业及其所处的创业生态环境构成，新创企业与创业环境彼此依赖、互相作用、共同发展，构成了动态平衡的生态系统
Vogel (2013)	创业生态系统由一定区域内的多样性的参与主体和环境要素构成，主体间相互作用、共同演化，从而促进新创企业的建立
Stam (2015)	创业生态系统是社区中一系列相互依赖的参与者和因素之间的协作。网络、领导力、资金、人才、知识和支持服务是创业生态系统的核心要素
蔡莉等 (2016)	创业生态系统由多种创业参与主体（包括创业企业及相关企业和机构）及其所处的创业环境构成。彼此间进行着复杂的交互作用，致力于提高创业活动水平
项国鹏等 (2016)	创业生态系统是围绕创业企业，其他创业相关组织机构与创业企业协同作用，在交互作用下形成共生演化，从而提高区域创业质量
Spigel (2017)	创业生态系统是本地文化、社交网络、投资机构、大学和活跃的经济政策的联合体，创造了创新创业的环境

本文认为创业生态系统是创业企业的栖息地，是在一定区域内由创业企业及相关组织机构及其所处的创业环境构成的有机整体，各类主体相互依赖、相互影响、共同发展，致力于实现共同价值创造，从而提升创业生态系统的创业活动水平，其最典型的代表是硅谷、中关村。

(二) 创业生态系统的参与主体、特征

创业生态系统提高了对创业企业的重视，并将创业企业外的其他主体也作为重要的参与者 (Stam, 2015)。在对创业生态系统参与主体的界定中，Cohen (2006) 认为，创业生态系统的参与主体包含创业企业、大企业、政府、科技园、大学、社会网络、投资机构、支持服务机构。Mason 和 Brown (2014) 认为，创业生态系统的参与主体是一系列相互联系的潜在创业者、在位企业、投资组织（资本投资、天使投

资、银行）、机构（大学、公共区域代理、金融体）。蔡莉等 (2016) 认为，创业生态系统的参与主体包括直接参与创业的主体（新创企业和内创业的大企业）和间接参与创业的主体（大企业、投资机构、大学及科研院所、中介机构）。Theodoraki 和 Messeghem (2017) 认为，创业生态系统的参与主体包括纵向网络（顾客和供应商）、横向网络（竞争者和互补者）、组织支持、个体和公共的资金代理、在位者、顾问、研究机构以及商业联盟。本文在上述文献的基础上将创业生态系统的参与主体界定为创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所五类主体。

蔡莉等 (2016) 很好地梳理和归纳了以往文献中创业生态系统的多样性、共生性、区域性、网络性、自维持性和竞争性六大特征。而共生性作为创业生态系统的根本性特征，也显示了其在

创业生态系统研究领域中的重要性 (Avram & Avasilcai, 2014; Batten, 2009; Chertow & Ehrenfeld, 2012)。

(三) 创业生态系统的共生及共生演化

创业生态系统的共生来源于生态学, 是不同种群之间的协作, 进行着物质循环、能量流动和信息传递。从资源依赖理论来说, 创业生态系统的各类主体需要不断地获取外部资源, 在资源的专门性及互补性基础上 (Thomas & Autio, 2014), 各类主体相互依赖, 彼此促进, 共同演化, 本文所要研究的创业生态系统的共生是种间的共生, 而不是种内的共生。

共生是维护和促进创业生态系统健康发展的一个重要特征, 生态系统内的主体基于共同价值创造的愿景形成共生关系 (Nambisan & Baron, 2013), 基于各自的技术和知识进行合作以构建利益共同体实现资源互补和知识共享 (Nikolaou et al., 2016; Battistella et al., 2013)。对共生的需要导致系统中主体的多种互动, 如认知互动、信息交换、知识流动、资源互补等 (Aner & Kapoor, 2010; Li & Garnsey, 2014), 主体间互相联系、互相影响、互相依赖 (Peltoniemi, 2006), 共同开发新产品、新服务或开拓新市场 (Zahra & Nambisan, 2011), 促进主体与系统的共同发展。

根据企业生命周期理论, 一个相对稳定、良性循环的创业生态系统的形成需要经历一个简单线性结构向复杂网络的转变过程 (Adizes, 1979), 而这个过程就是创业生态系统的共生演化过程。以往研究主要从知识转移、演化阶段的界定、系统层次的分析等方面探究创业生态系统的共生演化过程。Avram 和 Avasilcai

(2014) 从学习、知识转移的视角提出创业生态系统的共生过程框架。Chertow 等 (2012) 提出产业共生演化过程中的萌芽阶段、揭示阶段和嵌入与制度化阶段下的系统状态及共生情况。宋晓洪等 (2017) 构建了共生关系识别、共生关系形成和共生关系发展三个阶段的创业生态系统共生关系模型。项国鹏等 (2016) 提出了创业生态系统的多层级的动态模型, 阐述了核心层、要素层、连接层和汇聚层的作用机理。因为创业生态系统具有复杂、大量的共生关系, 其演化过程的数据获取具有很大的难度, 所以以往研究多以逻辑模型构建为主。而计算机仿真是一种适用于动态、复杂的问题研究的科学的、直观的方法, 能够帮助打开创业生态系统共生演化过程的黑箱, 直观地呈现出创业生态系统共生演化的路径。

所以, 很多学者基于 Logistic 生长函数, 运用计算机仿真方法研究了产业或者创新生态系统的共生演化模型。产业的共生演化研究中, Dong 和 Ma (2017) 分析了农业设备制造产业价值网络的共生演化过程, 但是缺乏模型的验证。还有一些学者研究不同产业间的共生关系 (刘明广, 2012; 于斌斌等, 2014; 庞博慧, 2012), 但是局限于两类主体之间的共生关系研究, 不适用于系统层面的共生演化研究。还有一些学者对创新生态系统共生演化的路径、稳定均衡点、影响因素进行分析, 但是以上模型并不适用于创业生态系统的共生演化, 且模型缺乏实践可行性的验证。叶斌等 (2015) 的区域创新网络的竞争和合作共生演化研究的主体界限模糊。欧忠辉等 (2017) 以大企业为核心构建了创新生态系统的共生演化模型, 大企业

与除大企业外的其他主体作为两类主体的共生演化忽略了多类主体间的共生关系，不能充分打开共生演化过程。胡浩等（2011）试图打开区域创新系统多类主体间的共生演化过程，但是并没有对多类主体的演化过程进行仿真模拟，而且面临模型数据规模和数据全面性的重大挑战。

以上关于产业或者创新生态系统共生演化的计算机仿真文献与创业生态系统的主体类别、主体的地位、主体间的共生关系并不一致。首先，以往文献中的两个产业或者创新生态系统中的两类主体并不能呈现创业生态系统主体的多样性特征，与创业生态系统的多样性主体类别不一致。其次，创业生态系统以创业企业为核心，以创业活动的提升为目标，以创业企业作为系统输出，而创新生态系统以创新水平的提升为目标，大企业占据核心地位。所以宽泛的主体设定和以大企业为核心的共生演化均与创业生态系统的主体地位不一致。最后，产业集群是基于产业间供应链上下游之间的关系，创新生态系统是以大企业为核心辐射出的共生关系，与创业生态系统基于创业企业的主体间复杂的共生关系并不一致。所以，上述研究不能揭示创业生态系统的共生演化过程，而且对共生演化模型的验证缺乏仿真验证与实证数据验证的统一性，接下来的研究中，我们更希望通过计算机仿真和实证数据从理论分析与实践检验两方面共同研究共生演化模型。

三、模型

创业生态系统的共生演化伴随着主体的规

模、主体间共生关系的演化，所以本文通过不同共生关系下的主体规模的演化来探索创业生态系统的共生演化路径。本文的共生演化模型包括模型构成、运行规则、前提条件等。

（一）模型构成

本文创业生态系统的共生演化模型的构成包括参与共生演化的主体及主体间关系。创业生态系统由多类主体构成（Graham, 2014），集聚了众多的创业企业，形成了以创业企业为核心，大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所共同参与的创业生态系统（Cohen, 2006; Isenberg, 2011）。主体间彼此依赖，不可或缺，各类主体发挥不同作用，占据不同的市场空间和位置（Zahra & Nambisan, 2011），通过主体间合作以及资源、能力的互补驱动创业生态系统的发展（Thomas & Autio, 2014; 林嵩, 2011）。

本文从创业企业的视角来分析创业生态系统的共生演化，有以下原因：首先，创业生态系统主要关注创业活动，新企业创建的数量规模和创业企业存活率被视为创业生态系统的创业水平的评价指标（Mason & Brown, 2014）。其次，创业企业是创业生态系统中规模数量最为庞大的一类主体（Sheriff & Muffatto, 2015），创业企业是系统创造和保证系统健康的核心参与者（Stam, 2015）。

从创业企业的视角出发，可以发现，大企业为创业企业提供技术、人才等支撑（Mason & Brown, 2014），为新企业的创建和发展提供机会（Isenberg, 2014），同时，新企业的建立与成长也为大企业提供新视野、新机会，提供大企业需要的新产品、新服务；大学和科研院所为创业活动提供必要的知识和人才，显著地促

进新企业的创建 (Cohen, 2006)。同时, 大学及科研院所能够通过与企业的共生合作, 获得更多的科研成果转化机会, 接触到其他组织的高水平技术以及获取更多的科研经费 (周正等, 2013); 投资机构有助于创业企业获得资金, 降低创业壁垒 (Arruda et al., 2015), 同时, 创业企业能回馈给投资机构高收益的回报, 风险投资机构获取创业企业的股权, 在直接承受风险的同时, 分享创业企业的高收益; 中介服务机构 (会计师事务所、律师事务所、专利机构、

政府等) 了解创业企业的专业性的需求, 能帮助企业专注于自己的核心业务 (Suresh & Ramraj, 2012), 它们为创业企业服务的同时, 获取资金收益, 或者在新企业没有资金的情况下, 获取公司股份作为酬金等, 而政府的配套政策影响创业企业的创业行为 (Bruton et al., 2014), 有利于创业企业识别机会和利用资源, 促进创业企业的创建和发展 (Sheriff & Muffatto, 2015)。创业企业视角下的创业生态系统共生关系如图 1 所示。

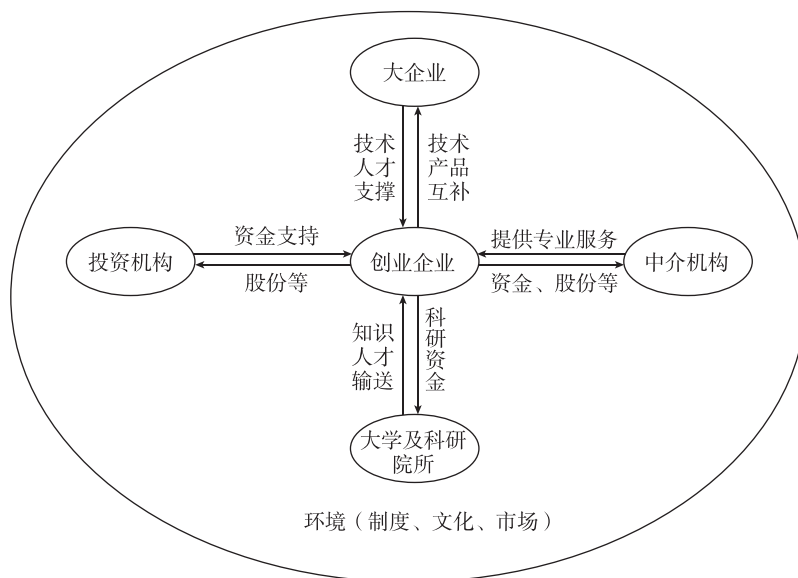


图 1 创业生态系统共生关系

创业生态系统的共生关系建立在创业企业与其他各类主体的共生关系基础之上, 通过探究各类主体之间的共生模式、演化路径、稳定状态能够从整体上衡量创业生态系统的共生演化, 从而掌握创业生态系统的共生发展现状和主体规模的未来发展趋势。

(二) 运行规则

创业生态系统主体间的共生演化是基于不

同共生关系的演化过程。主体间不同的共生关系代表不同的共生模式。共生模式是指两个共生单元相互作用的方式, 可分为寄生、偏利共生、非对称性互惠共生和对称性互惠共生 (吴勇民等, 2014)。

不同的共生模式具有不同的利益分配方式。本文的创业生态系统共生演化模型中具有四种共生模式: ①寄生模式下, 一种主体利益的增

加，是建立在另一种主体利益受损的基础上；②偏利共生模式下，一种主体利益增加，而另一种主体的利益并未增加或受损；③非对称性互惠共生模式下，两种主体的利益均增加，而且一方主体增加的利益大于另一方主体；④对称性互惠共生模式下，两种主体的利益同时增加，而且两方主体增加的利益相同，对称性互惠共生是最佳激励兼容状态或最佳资源配置状态（叶斌，2015）。显然，对称性互惠共生是维持生态系统健康发展最长远的共生模式。

创业生态系统的共生演化要经历初始期、成长期、成熟期和衰退期。在共生演化的过程中，主体间的共生关系并不是一成不变的，而是随着外部环境发生变化的。本文构建的创业生态系统的共生演化模型的演化阶段包括初始期、成长期、成熟期，在成熟期后进入动态的稳定均衡期。

（三）前提条件

计算机仿真模拟能够为创业生态系统的研究打开一个新的研究视角。创业生态系统的仿真过程中，动态的演化过程一定涉及主体的规模生长过程。以往的仿真研究中，主体的规模增长采用线性的、指数增长的或者随机产生的形式增长，与现实情境并不符合。从生态学来说，Logistic 生长函数适用于具有共生关系的种群研究。所以本文基于 Logistic 生长函数模型构建创业生态系统的共生演化模型。

Logistic 生长函数模型能够很好地描述生态系统中生态种群的成长过程，种群的规模增长受制于资源、技术、政策和制度等外在环境因素，种群的增长速度会随着种群密度的增加而逐渐放缓，最后趋于平稳（García - Algarra

et al. , 2014)。创业生态系统中，资源是有限的，创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所的成长都会受到资源的约束，随着主体的种群密度的增加，主体的增长都会变缓，主体的成长过程符合生态种群的演化过程。本文的创业生态系统的共生演化模型具有如下前提条件：

（1）创业生态系统的参与主体包括创业企业、大企业、投资机构、中介机构和大学及科研院所。除创业企业外的任意一类主体均为相关主体。创业生态系统的共生演化建立在多类主体间的共生演化基础之上。

（2）创业企业和相关主体的规模变化表示主体的成长过程。随着创业生态系统的演化，各类主体的规模代表其成长过程。主体的规模越大，在创业生态系统中掌握的资源数量和种类越多，成长得越好；反之，主体的规模越小，在创业生态系统中掌握的资源数量和种类越少，成长得越差。

（3）创业企业和相关主体之间的规模变化相互影响，其成长过程均服从 Logistic 成长规律。由于资源数量有限，主体的成长受到资源的约束，所以在本文的模型中，一类主体的增长会受到另一类主体的密度的影响。另一类主体密度的增加，会带来该类主体增长率的下降。

（4）当参与主体的边际收益等于边际成本时，主体规模停止增长，进入稳定状态。

（四）独立生长的两类主体的生长模型

创业企业和相关主体在独立生长情况下的生长演化过程可用 Logistic 生长函数表示，如式（1）所示。

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = r_1 \left[1 - \frac{y_1(t)}{N_1} \right] y_1(t), y_1(0) = y_{10} \\ \frac{dy_2}{dt} = r_2 \left[1 - \frac{y_2(t)}{N_2} \right] y_2(t), y_2(0) = y_{20} \end{cases} \quad (1)$$

在式 (1) 中, y_1 、 y_2 分别代表创业企业和相关主体的规模。 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 分别代表创业企业和相关主体随着时间变化的规模函数。 $\frac{dy_1}{dt}$ 、

$\frac{dy_2}{dt}$ 分别代表创业企业和相关主体规模的增长率。

r_1 、 r_2 分别代表创业企业和相关主体随着时间变化的自然增长率。 N_1 、 N_2 分别代表创业企业和相关主体的最大规模。 y_{10} 和 y_{20} 分别代表创业企业和相关主体的初始种群规模。因为创业生态系统内的主体的生长受到资源有限性的约束, 所以主体的增长具有阻滞系数, $1 - \frac{y_1(t)}{N_1}$ 为创业企业生长

的阻滞系数, $1 - \frac{y_2(t)}{N_2}$ 为相关主体生长的阻滞系数。在阻滞系数的影响下, 随着时间的演化, 主体规模逐渐增大, 阻滞系数逐渐变小, 主体的规模增长速度也逐渐变缓, 最后趋于稳定。

(五) 共生的两类主体的生长模型

在生态系统中, 当两个种群相互作用、相互影响时, 种群的增长率会受到两个因素, 即自身种群数量和另一个种群数量的影响。所以在独立生长的两类主体的生长演化模型基础上, 加入共生系数来代表其他类别主体数量带来的影响。

改进的 Logistic 函数如式 (2) 所示。

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = r_1 \left[1 - \frac{y_1(t)}{N_1} - \alpha \frac{y_2(t)}{N_2} \right] y_1(t), y_1(0) = y_{10} \\ \frac{dy_2}{dt} = r_2 \left[1 - \frac{y_2(t)}{N_2} - \beta \frac{y_1(t)}{N_1} \right] y_2(t), y_2(0) = y_{20} \end{cases} \quad (2)$$

在式 (2) 中, α 和 β 代表共生系数。 α 代表相关主体对创业企业的共生系数, β 代表创业企业对相关主体的共生系数。观察式 (2) 可以得出 α 和 β 的不同取值, 代表创业生态系统的创业企业和相关主体之间的不同共生演化模式, 如表 2 所示。

表 2 创业生态系统的创业企业和相关主体的共生演化模式

取值组合	共生演化模式
$\alpha\beta < 0$	创业企业和相关主体为寄生关系
$\alpha < 0, \beta = 0$ 或 $\alpha = 0, \beta < 0$	创业企业和相关主体为偏利共生关系
$\alpha < 0, \beta < 0$ 且 $\alpha \neq \beta$	创业企业和相关主体为非对称性互惠共生关系
$\alpha < 0, \beta < 0$ 且 $\alpha = \beta$	创业企业和相关主体为对称性互惠共生关系

创业生态系统能够自组织和自维持 (Isenberg, 2016)。在自维持作用下, 创业生态系统处于动态平衡状态, 能够维持创业生态系统整体的稳定发展。而演化均衡点就是系统达到动态平衡状态的时候。不同的共生模式下, 创业生态系统的演化均衡点和稳定状态也不同。均衡点意味着创业企业和相关主体的规模不再扩大, 保持稳定状态, 规模达到最大容量。为了求得创业

企业和相关主体共生演化的平衡点, 令 $\frac{dy_1}{dt} = 0$,

$\frac{dy_2}{dt} = 0$, 通过求解, 得出创业企业和相关主体的

四个均衡点, 分别为 $E_1(0, 0)$, $E_2(N_1, 0)$, $E_3(0, N_2)$, $E_4\left(\frac{N_1(1-\alpha)}{1-\alpha\beta}, \frac{N_2(1-\beta)}{1-\alpha\beta}\right)$ 。通过

式 (3) 的雅可比矩阵求解创业生态系统共生演化模型的均衡点。

$$J = \begin{bmatrix} r_1(1-2y_1/N_1 - \alpha y_2/N_2) & -r_1\alpha y_1/N_2 \\ -r_2\beta y_2/N_1 & r_2(1-2y_2/N_2 - \beta y_1/N_1) \end{bmatrix} \quad (3)$$

获取雅可比矩阵的行列式 $\text{Det}(J)$ 和迹 $\text{Tr}(J)$ ，当 $\text{Det}(J) > 0$ 且 $\text{Tr}(J) < 0$ 时，局部均衡

点为稳定的状态，否则不是稳定的均衡点。表 3 列出了雅可比矩阵的行列式和迹的讨论，从而获取创业生态系统共生演化模型的稳定均衡点和稳定性条件。在表 3 中，本文假设 $r_1 > 0$ ， $r_2 > 0$ ，所以仅通过确定 α 和 β 取值即可确定行列式 $\text{Det}(J)$ 和迹 $\text{Tr}(J)$ 的值，得出局部均衡点为稳定均衡点的条件。

表 3 创业生态系统共生演化的均衡点及稳定条件

均衡点	Det(J)	Tr(J)	稳定性条件
$E_1(0, 0)$	$r_1 r_2$	$r_1 + r_2$	不稳定
$E_2(N_1, 0)$	$-r_1 r_2(1-\beta)$	$-r_1 + r_2(1-\beta)$	$\beta > 1$
$E_3(0, N_2)$	$-r_1 r_2(1-\alpha)$	$-r_1 + r_2(1-\alpha)$	$\alpha > 1$
$E_4\left(\frac{N_1(1-\alpha)}{1-\alpha\beta}, \frac{N_2(1-\beta)}{1-\alpha\beta}\right)$	$\frac{r_1 r_2(\alpha-1)(\beta-1)}{1-\alpha\beta}$	$\frac{r_1(\alpha-1) + r_2(\beta-1)}{1-\alpha\beta}$	$\alpha < 1$ 且 $\beta < 1$

通过表 2 和表 3 进一步总结不同的 α 和 β 取值下的共生演化模式和稳定均衡点之间的关系，如表 4 所示。观察表 4 可以得出，互利共生、非对称性互惠共生和对称性互惠共生的均衡点均为 $E_4\left(\frac{N_1(1-\alpha)}{1-\alpha\beta}, \frac{N_2(1-\beta)}{1-\alpha\beta}\right)$ ，寄生的均

衡点可能为 E_2 、 E_3 、 E_4 ，要根据具体的 α 和 β 值具体分析。所以，创业生态系统的共生演化均衡点与共生模式相关。

表 4 创业生态系统共生演化模式及均衡点

取值组合	共生演化模式	均衡点
$\alpha\beta < 0$	创业企业及相关主体为寄生关系	E_2 、 E_3 、 E_4
$\alpha < 0, \beta = 0$ 或 $\alpha = 0, \beta < 0$	创业企业及相关主体为互利共生关系	E_4
$\alpha < 0, \beta < 0$ 且 $\alpha \neq \beta$	创业企业及相关主体为非对称性互惠共生关系	E_4
$\alpha < 0, \beta < 0$ 且 $\alpha = \beta$	创业企业及相关主体为对称性互惠共生关系	E_4

(六) 创业生态系统共生演化模型

本文以创业企业为研究视角，基于图 1 中创业企业和各类相关主体之间的共生关系，在

共生的两类主体的生长模型基础上，构建基于多类主体的创业生态系统的共生演化模型，如式 (4) 所示。

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = r_1 \left[1 - \frac{y_1(t)}{N_1} - \alpha_{1i} \frac{y_i(t)}{N_i} \right] y_1(t), y_1(0) = y_{10} \\ \frac{dy_i}{dt} = r_i \left[1 - \frac{y_i(t)}{N_i} - \alpha_{ii} \frac{y_i(t)}{N_i} \right] y_i(t), y_i(0) = y_{i0} \end{cases}$$

$i=2, 3, 4, 5$ (4)

在式 (4) 中, i 类主体分别代表大企业 ($i=2$)、投资机构 ($i=3$)、中介机构 ($i=4$)、大学及科研院所 ($i=5$)。 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 y_5 分别代表创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所的规模。 α_{ii} 代表 i 类主体对创业企业的共生系数, α_{i1} 代表创业企业对 i 类主体的共生系数。 $\frac{dy_1}{dt}$ 、 $\frac{dy_2}{dt}$ 、 $\frac{dy_3}{dt}$ 、 $\frac{dy_4}{dt}$ 、 $\frac{dy_5}{dt}$ 分别代表创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所规模的增长率。 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 分别代表创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所随着时间变化的自然增长率。 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 、 N_5 分别代表创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所的最大规模。 y_{10} 、 y_{20} 、 y_{30} 、 y_{40} 、 y_{50} 分别代表创业企业、大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所的初始种群规模。

在两类主体共生演化的理论分析基础上, 通过式 (4) 可以分别探知创业企业与大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所之间的共生模式、共生演化路径以及稳定状态, 然后形成对创业生态系统共生演化的整体认知。

(七) 数值仿真分析

通过 MATLAB 软件 2016 版, 同样参数下, 设定相关主体分别为投资机构、大企业、中介机构、大学及科研院所时发现, 创业企业与投资机构、创业企业与大企业、创业企业与中介

机构、创业企业与大学和科研院所的共生演化过程一致, 由于篇幅原因, 本文以创业企业和投资机构的共生演化路径为例, 模拟创业生态系统主体的共生演化路径。相关主体在下文的仿真结果中代表投资机构。

首先, 探究不同共生模式下, 创业企业及相关主体之间的共生演化。我们假设不同共生系数情况下的主体的自然增长率、最大规模、初始规模不变, 创业企业及相关主体的自然增长率分别为 0.1 和 0.05, 即 $r_1 = 0.1$, $r_2 = 0.05$ (欧忠辉等, 2017; 叶斌等, 2015)。创业企业及相关主体之间在特定资源约束下的最大规模均为 1000, 即 $N_1 = 1000$, $N_2 = 1000$ 。两类主体的初始规模均为 100, 即 $y_{10} = 100$, $y_{20} = 100$ 。演化周期为 800 个仿真时间 (欧忠辉等, 2017)。通过探究表 2 中不同的 α 和 β 之间的关系, 获取创业生态系统的演化过程及路径。

(1) 寄生。分别取 $\alpha = -0.15$, $\beta = 0.15$, 得到创业企业及相关主体之间的寄生演化结果如图 2 所示。由图 2 可以看出, α 取负值, 创业企业在寄生关系中属于利益增加的一方, 相关企业对创业企业规模的生长起到了正向推动作用, 稳定状态值超过了其独立生长最大容量。 β 取正值, 相关主体在寄生关系中属于利益受损的一方, 创业企业对相关主体规模的生长起到了负向减弱作用, 稳定状态值小于其独立生长的最大容量。

(2) 偏利共生。分别取 $\alpha = -0.15$, $\beta = 0$, 得到创业企业及相关主体之间的偏利共生演化结果如图 3 所示。由图 3 可以看出, α 取负值, 创业企业在偏利共生关系中属于利益增加的一方, 相关企业对创业企业规模的生长起到了正

向推动作用，稳定状态值超过了其独立生长最大容量。 β 取 0，相关主体在互利共生中属于利益没受到影响一方，创业企业对相关主体规模的生长没有影响，稳定状态值等于其独立生长最大容量。

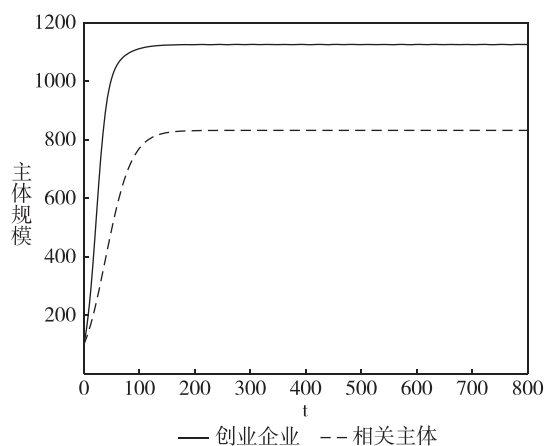


图 2 寄生模式下创业企业和相关主体的共生演化结果

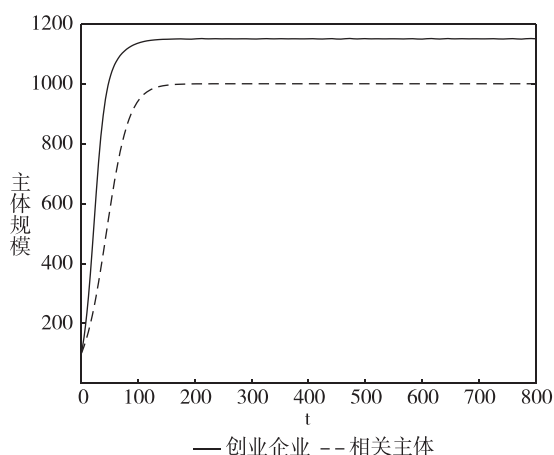


图 3 互利共生模式下创业企业和相关主体的共生演化结果

(3) 非对称性互惠共生。分别取 $\alpha = -0.35$, $\beta = -0.15$, 得到创业企业和相关主体之间的非对称性互惠共生演化结果如图 4 所示。由图 4 可以看出, α 和 β 均取负值, 创业企业和相关主体的规模生长均受益于另外一方主体,

创业企业和相关主体的规模生长均受到对方的正向推动作用, 两类主体的稳定状态值均超过了各自独立生长的最大容量。但是 $|\alpha| > |\beta|$, 代表相关主体对创业企业的影响更大, 所以创业企业的稳定状态规模大于相关主体的稳定状态规模。

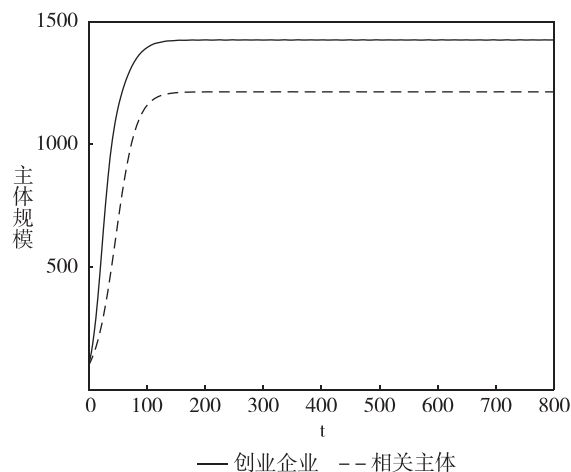


图 4 非对称性互惠共生模式下创业企业和相关主体的共生演化结果

(4) 对称性互惠共生。分别取 $\alpha = -0.35$, $\beta = -0.35$, 得到创业企业和相关主体之间的对称性互惠共生演化结果如图 5 所示。由图 5 可以看出, α 和 β 均取负值, 且 $|\alpha| = |\beta|$, 创业企业和相关主体的规模生长均受益于另外一方主体且受到的影响程度相同。创业企业的稳定状态规模等于相关主体的稳定状态规模, 且都大于各自独立生长的最大规模。

通过以上仿真结果可以发现, 不同的 α 和 β 取值, 代表了不同的共生模式, 不同的共生模式影响了创业生态系统共生演化的稳定均衡点, 最终导致主体的演化路径不同。而创业生态系统的共生演化是多类主体间的共生演化共同作用决定的, 由此可以得出命题 1。

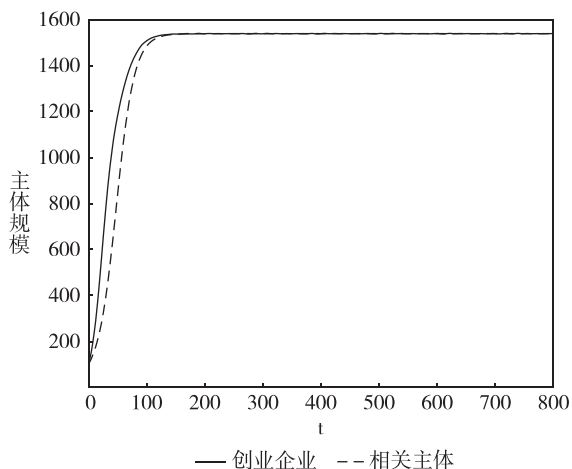


图5 对称性互惠共生模式下创业企业和相关主体的共生演化结果

命题1：创业生态系统的共生演化路径受到多类主体间的共生模式的影响。

观察图2~图5发现，不同的共生系数代表不同的共生模式，不同的共生模式下，主体的演化均衡点不同，主体的最终的稳定规模不同，由此可以得出命题2。

命题2：创业生态系统的共生演化均衡点与共生系数有关。

同时发现互惠共生最有利于双方主体的成长。主体在初期建立共生关系时，可能很难直接建立互惠共生模式，主体之间的共生模式也是随着时间演化的，不同共生模式下的主体，可以逐步将寄生、偏利共生模式转变为互惠共生模式。

(5) 为进一步探究互惠共生模式下，共生系数绝对值的大小对创业生态系统共生演化的影响，构建了三种不同的互惠共生模式下的共生系数的组合，结果如图6所示。在图6中，可以发现， $\alpha = -0.15$ ， $\beta = -0.15$ 情况下的创业企业和相关主体的共生演化稳定状态规模最小，

$\alpha = -0.15$ ， $\beta = -0.35$ 情况下，创业企业对相关主体的共生系数的绝对值的增大，带来了二者稳定状态规模的增大，而 $\alpha = -0.35$ ， $\beta = -0.35$ 情况下的创业企业和相关主体的共生演化的稳定状态规模最大。由此可以看出，互惠共生模式下，共生系数的绝对值的增大带来两类主体的稳定状态值增大，得出命题3。

命题3：互惠共生模式下的共生系数的绝对值越大，主体的稳定状态值越大。

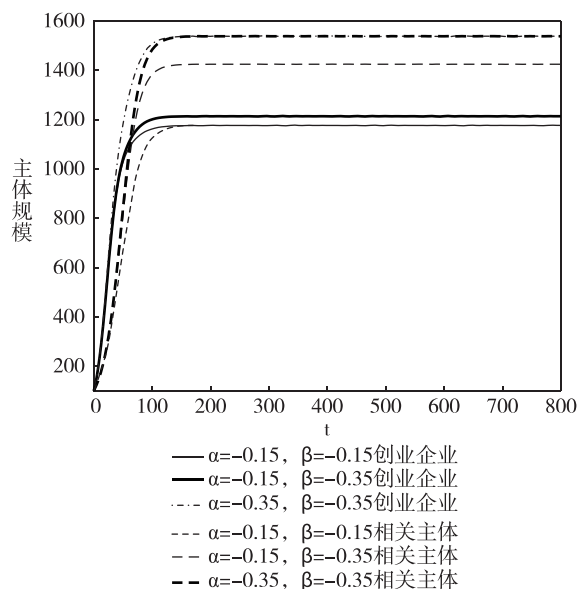


图6 互惠共生关系下不同共生系数情况下的创业企业和相关主体的共生演化结果

进一步探究同种共生模式下，共生系数不变的情况下，初始种群规模、种群自然增长率以及最大规模对创业生态系统共生演化的影响。

(6) 初始种群规模不同。假设 $\alpha = -0.35$ ， $\beta = -0.35$ ， $r_1 = 0.1$ ， $r_2 = 0.05$ ， $N_1 = 1000$ ， $N_2 = 1000$ 。图7为不同初始种群规模的情况下，创业企业和相关主体的共生演化。由图7可以看出， $y_{10} = 100$ 且 $y_{20} = 100$ 、 $y_{10} = 300$ 且 $y_{20} = 300$ 、

$y_{10} = 500$ 且 $y_{20} = 500$ 三种情况下的创业企业和相关主体的共生演化的稳定状态值不变，没有受到初始种群规模的影响。但是初始种群规模越大，主体的增长速度越快。由此得出命题 4 和命题 5。

命题 4：创业生态系统的共生演化的稳定状态规模与初始种群规模无关。

命题 5：创业生态系统的初始种群规模越大，其共生演化的速度越快。

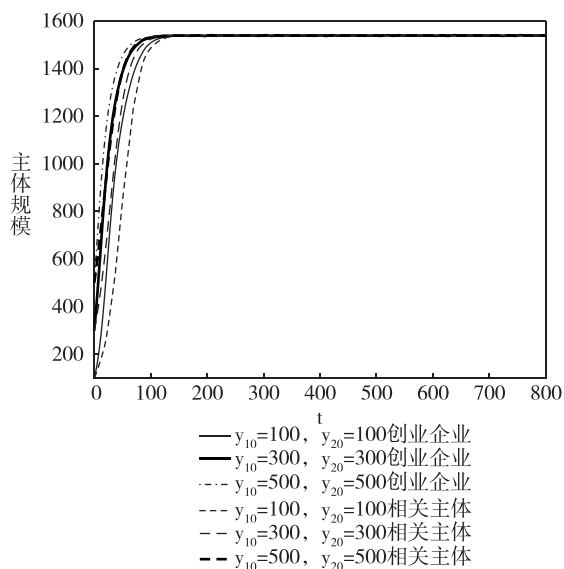


图 7 不同初始种群规模情况下的创业企业和相关主体的共生演化结果

(7) 最大规模不同。假设 $\alpha = -0.35$, $\beta = -0.35$, $r_1 = 0.1$, $r_2 = 0.05$, $y_{10} = 100$, $y_{20} = 100$ 。图 8 为不同最大规模的情况下，创业企业和相关主体的共生演化。由图 8 可以看出， $N_1 = 1000$ 且 $N_2 = 1000$ 、 $N_1 = 1500$ 且 $N_2 = 1500$ 、 $N_1 = 2000$ 且 $N_2 = 2000$ 三种情况下的创业企业和相关主体的共生演化的稳定状态值是随着最大规模的增加而增大的，由此得出命题 6。

命题 6：创业生态系统的各类主体的最大规模越大，其达到稳定状态的规模越大。

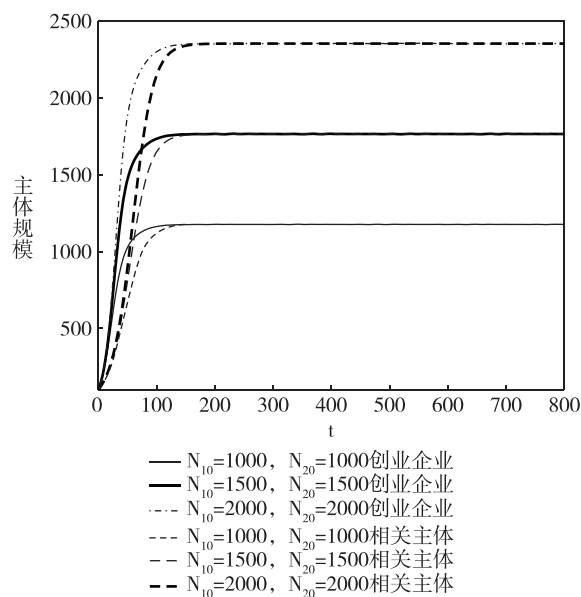


图 8 不同最大规模情况下的创业企业和相关主体的共生演化结果

(8) 自然增长率不同。假设 $\alpha = -0.35$, $\beta = -0.35$, $y_{10} = 100$, $y_{20} = 100$, $N_1 = 1000$, $N_2 = 1000$ 。图 9 为不同自然增长率的情况下，创业企业和相关主体的共生演化。由图 9 可以看出 $r_1 = 0.1$ 且 $r_2 = 0.05$ 、 $r_1 = 0.2$ 且 $r_2 = 0.10$ 、 $r_1 = 0.3$ 且 $r_2 = 0.25$ 三种情况下的创业企业和相关主体的共生演化的稳定状态值是不变的，而创业企业和相关主体达到稳定状态的速度随着自然增长率的增加而增快，由此得出命题 7 和命题 8。

命题 7：创业生态系统的共生演化的稳定状态规模与主体的自然增长率无关。

命题 8：创业生态系统的各类主体的自然增长率越大，其达到稳定状态的速度越快。

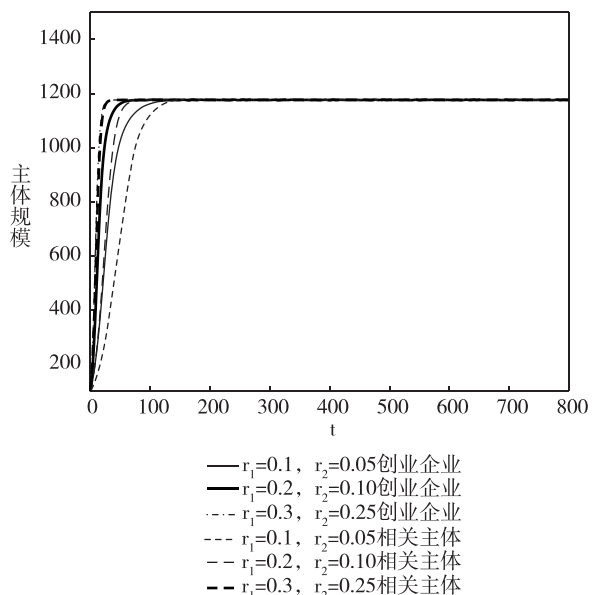


图9 不同自然增长率情况下的创业企业和相关主体的共生演化结果

四、实证数据验证

（一）数据选取

在对创业生态系统的共生演化模型进行仿真分析后，本文试图通过真实的创业生态系统的主体规模的数据来验证本文模型在实践中的有效性。而中关村作为全球领先的创业生态系统，其30年的演化过程也能够验证创业生态系统的共生演化过程。30年来，中关村发生了深刻的变化，成为我国创业生态系统的龙头和典范。中关村坚持“以企业为主体、市场为导向、产学研相结合、政府构建和优化发展环境”的原则，推动创业生态系统多主体共生关系的建立，为创业企业提供良好的生态环境。

本文通过2006~2015年的《中关村统计年鉴》，选取中关村2006~2015年的新创企业、大企业和投资机构的数量来验证本文提出的创业生态系统共生演化模型在实践中的适用性。

中关村的新创企业作为模型中的核心主体，大企业（百亿元以上企业）和投资机构分别作为上文模型中的相关主体。对共生演化模型的验证中，对于衡量主体生长规模参数的选取，有学者采用了产业产值作为主体演化规模参数（刘明广，2012；于斌斌等，2014；庞博慧，2012），也有学者采用了数量作为仿真实验中主体规模参数（叶斌，2015）。本研究选择主体的数量作为主体生长规模的衡量指标。因为新创企业数量是衡量创业生态系统活力和水平的重要指标，所以新创企业的数量是我们应该重点关注的。同时Logistic生长函数的定义中，种群的增长会受到资源的约束，而各类主体数量的变化能够一定程度上代表主体掌握资源的变化。当然，在未来研究中，还可以进一步通过主体的利润产值等作为衡量主体生长的指标，从而对模型进行多重验证。

（二）验证过程

通过本文模型，探究中关村的新创企业、大企业、投资机构三类主体规模的演化过程，并与真实的中关村数据进行对比，从而验证本文创业生态系统共生演化模型的有效性。同时，探究新创企业和大企业、新创企业和投资机构的共生演化模式，并解释其所处的共生模式的合理性。验证过程如下：

（1）将中关村2006~2015年的新创企业和大企业的历年数量作为数据组一的数据，新创企业和投资机构的历年数量作为数据组二的数据。

（2）对数据组一的数据进行验证。通过已知数据：新创企业主体数量 $y_1(t)$ ，大企业数量 $y_2(t)$ ，其中 $t = i - 2006$ ， $i = 2006, 2007, \dots$ ，

2015, 计算新创企业数量增长率 $\frac{dy_1(t)}{dt} = y_1(t) - y_1(t-1)$, 大企业数量增长率 $\frac{dy_2(t)}{dt} = y_2(t) - y_2(t-1)$, 其中 $t=i-2006, i=2007, \dots, 2015$ 。将数据代入创业生态系统共生演化模型中, 用 MATLAB 软件求解本文模型中新创企业、大企业的规模演化, 以及新创企业与大企业间的共生系数, 从而模拟主体的共生演化路径。

(3) 对数据组二的数据重复过程 (2)。

(三) 验证结果及分析

1. 新创企业和大企业的共生演化

由数据组一得到中关村的新创企业和大企业两类主体的共生演化路径如图 10 和图 11 所示, 在图 10 和图 11 中, 曲线代表主体规模生长的拟合曲线, 空心点代表中关村主体规模发展的实际数据。从图 10 和图 11 可以看出, 拟合的曲线能够代表真实数据的走势。

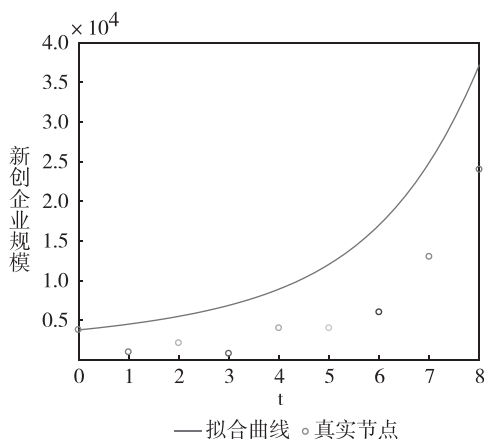


图 10 数据组一的新创企业共生演化路径

模式。大企业对新创企业的影响是正向的, 而新创企业对企业的影响是负向的。从图 10 和图 11 也可以看出, 在新创企业的规模高速增长的同时大企业的规模增长速度减缓。对比图 2 可以发现, 同为寄生模式下的图 10、图 11 与图 2 中的共生演化路径形状不同, 是因为图 2 中的横轴代表的演化周期是 800, 是长期的演化过程, 而图 10、图 11 中的横轴代表的演化周期是 8, 是为了更加细致地描绘中关村的真实数据与本文模型预测的数据的拟合性, 其长期的形状走势仍与图 2 中的演化路径形状一致。造成中关村新创企业和大企业处于寄生模式的原因可能是新创企业单方面受益于大企业的人才、技术和信息, 而大企业因为人才、技术、信息的流失, 利益受到损失, 短期内并未通过新创企业发现新的机会, 开发新的产品和服务。大企业不断兼并、收购有价值的新创企业, 改变了彼此间的共生关系。所以新创企业和大企业之间处于寄生模式是符合现实情境的。

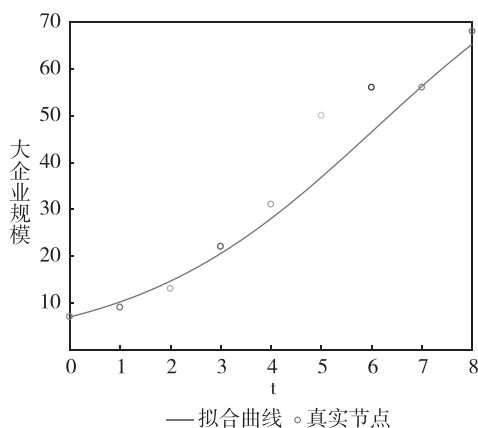


图 11 数据组一的大企业共生演化路径

同时求得中关村的新创企业和大企业的共生系数 $\alpha_{12} = -4.27, \alpha_{21} = 0.01$ 。根据表 2 可知, $\alpha\beta < 0$ 时, 中关村的新创企业和大企业处于寄生

2. 新创企业和投资机构的共生演化

由数据组二得到中关村的新创企业和投资

机构两类主体的共生演化路径如图 12 和图 13 所示。在图 12 和图 13 中，曲线代表主体规模生长的拟合曲线，空心点代表中关村主体规模发展的实际数据。从图 12 和图 13 可以看出，拟合的曲线能够代表真实数据的走势。

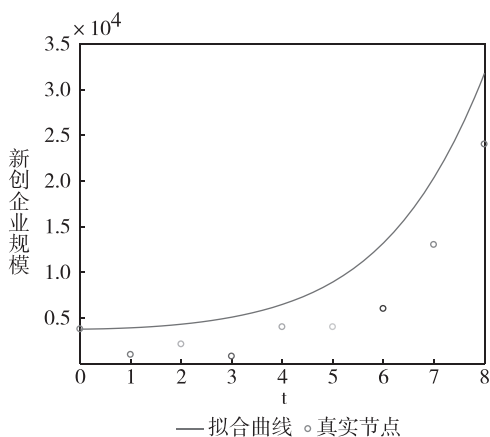


图 12 数据组二的新创企业共生演化路径

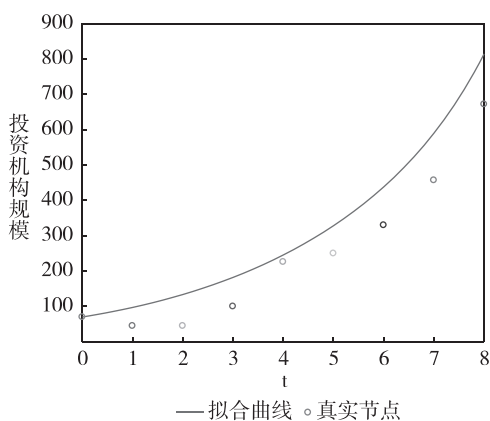


图 13 数据组二的投资机构共生演化路径

同时求得中关村的新创企业和投资机构的共生系数 $\alpha_{13} = -93$, $\alpha_{31} = -0.02$ 。根据表 2 可知, $\alpha < 0$, $\beta < 0$, 且 $\alpha \neq \beta$ 时, 共生单元处于非对称性互惠共生模式。由此可知, 中关村的新创企业和投资机构处于非对称性互惠共生模式。新创企业和投资机构彼此互利共生, 实现双赢, 互相促进

对方的演化, 由图 12 和图 13 也可以看出, 新创企业规模高速增长的同时投资机构的规模也高速增长。中关村正在从初创期, 经历快速增长阶段。新创企业从投资机构获取利益的同时, 并未能对称性地回馈给投资机构利益, 造成这种表面上的非对称性互惠共生模式的原因可能是投资机构盲目投资新创企业的同时带来投资泡沫, 未能利用大数据、优化投资算法等手段逐步提高自身投资策略的准确性和投资回报率, 增进彼此间的依赖。所以新创企业和投资机构之间处于非对称互惠共生模式是符合现实情境的。

根据以上两组数据的验证结果, 发现中关村的新创企业、大企业和投资机构的主体规模的演化与本文模型模拟出的演化路径趋势一致, 且模型所得出的主体间的共生模式符合现实情境, 从而验证了本文创业生态系统共生演化模型在实践应用中的可行性。

五、总结和展望

对以上命题进行总结和讨论, 得出本文创业生态系统共生演化路径的相关结论如下:

在创业生态系统中: ①由命题 1 可知, 创业生态系统的共生演化路径受到多类主体间的共生模式的影响。②由命题 2、命题 4、命题 6、命题 7 可以得出, 创业生态系统的共生演化稳定状态规模与其共生系数和最大规模有关, 与初始种群规模和自然增长率无关。③由命题 5 和命题 8 可以得出, 创业生态系统的共生演化速度与主体的自然增长率和初始种群规模有关。④由命题 3 可以得出, 提升创业生态系统的互惠共生模式下的主体间的依赖程度更有利于创

业生态系统的规模壮大。互惠共生模式下的主体间的依赖程度的提升能够增加共生系数的绝对值，从而增大主体的稳定状态规模。创业生态系统的多类主体在演化过程中，不会保持一致的共生模式，会呈现出不同的共生演化路径。虽然最终的理想模式是各主体间保持互惠共生模式，但是这需要经历一定的时间演化来实现，需要多种主体的共同努力，达成创业生态系统多主体共同价值创造的愿景。在实践中，我们更应该掌握创业生态系统共生演化路径，从而促进创业生态系统的健康稳定发展。

本文在以上结论的基础上，从政府和主体两个方面对创业生态系统的建设和发展提出建议和对策：

政府方面：①积极引进更多的主体，从而加大各类主体的初始规模，促进主体的共生演化速度。②鼓励主体构建互惠共生关系，平衡各类主体在共生关系中的地位。③正确拿捏配套政策对创业生态系统的影响，帮助创业生态系统累积更多的资源，开放创业生态系统的边界，从而扩大创业生态系统的最大规模，提升创业生态系统的稳定状态的规模。④积极构建鼓励创新创业的文化氛围，鼓励创新创业，提升主体的专门性和互补性，从而在主体共生关系构建初期形成互惠共生模式，随着共生关系的演化，主体逐步提升自身技术的创新水平与创新能力，不断增加彼此依赖的程度，从而增大主体间共生关系的共生系数绝对值，促进创业生态系统的共生演化向着更大规模的方向发展。

主体方面：创业生态系统的各类主体可以从初期合作就积极构建互惠共生关系，或者随着主体自身能力的增强、技术专门性的提升、

市场占有率的扩大、创业资源的积累，逐步将寄生、偏利共生关系转变为互惠共生关系，并且提升与共生伙伴之间的依赖程度。

本文的研究仍然存在很多不足。本文构建的创业生态系统的演化模型是基于创业企业与大企业、投资机构、中介机构、大学及科研院所之间的共生关系来探究创业生态系统的共生演化过程，而在实证数据验证的过程中也发现，真实的主体规模与本文模型预测的规模具有一定程度的可接受的偏差，在未来研究中，可以进一步构建基于各类主体间的共生关系的创业生态系统共生演化模型，从而提升模型预测的准确度。同时，也可以深入打开共生系数的影响因素，进一步寻找影响创业生态系统共生演化的因素。在模型的实证数据验证部分，本文仅选取了中关村部分类别的主体数量作为实证数据，是具有局限性的。未来的研究中，还可以通过中关村多种主体的利润产值等数据来进一步验证本文模型的有效性。

（接受编辑：路江涌

收稿日期：2018年6月22日

接受日期：2018年9月4日）

参考文献

[1] 蔡莉、彭秀青、Satish Nambisan、王玲：《创业生态系统研究回顾与展望》，《吉林大学社会科学学报》，2016年第1期。

[2] 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》，《管理科学学报》，2011年第10期。

[3] 刘明广：《区域产业集群的共生演化模型及实

证研究》，《科技管理研究》，2012年第22期。

[4] 林嵩：《创业生态系统：概念发展与运行机制》，《中央财经大学学报》，2011年第4期。

[5] 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》，《科研管理》，2017年第12期。

[6] 庞博慧：《中国生产服务业与制造业共生演化模型实证研究》，《中国管理科学》，2012年第2期。

[7] 宋晓洪、丁莹莹、焦晋鹏：《创业生态系统共生关系研究》，《技术经济与管理研究》，2017年第1期。

[8] 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》，《经济学家》，2014年第7期。

[9] 项国鹏、宁鹏、罗兴武：《创业生态系统研究述评及动态模型构建》，《科学学与科学技术管理》，2016年第2期。

[10] 于斌斌、胡汉辉：《产业集群与城市化共生演化的机制与路径——基于制造业与服务业互动关系的视角》，《科学学与科学技术管理》，2014年第3期。

[11] 叶斌、陈丽玉：《区域创新网络的共生演化仿真研究》，《中国软科学》，2015年第4期。

[12] 周正、尹玲娜、蔡兵：《我国产学研协同创新动力机制研究》，《软科学》，2013年第7期。

[13] Adizes, I. 1979. Organizational passages—Diagnosing and treating lifecycle problems of organizations. *Organizational Dynamics*, 8 (1), 3-25.

[14] Adner, R. 2006. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84 (4), 98-107.

[15] Adner, R., & Kapoor, R. 2010. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31 (3), 306-333.

[16] Arruda, C., Nogueira, V. S., Cozzi, A., &

Costa, V. 2015. *The Brazilian Entrepreneurial Ecosystem of Startups: An Analysis of Entrepreneurship Determinants in Brazil and the Perceptions around the Brazilian Regulatory Framework*. Entrepreneurship in BRICS, Springer International Publishing.

[17] Galateanu, A. E., & Avasilcai, S. 2014. Symbiosis process in business ecosystem. *Advanced Materials Research*, 1036, 1066-1071.

[18] Batten, D. F. 2009. Fostering industrial symbiosis with agent-based simulation and participatory modeling. *Journal of Industrial Ecology*, 13 (2), 197-213.

[19] Battistella, C., Colucci, K., De Toni, A. F., & Nonino, F. 2013. Methodology of business ecosystems network analysis: A case study in Telecom Italia Future Centre. *Technological Forecasting and Social Change*, 80 (6), 1194-1210.

[20] Bruton, G. D., Lau, C. M., & Obloj, K. 2014. Institutions, resources and firm strategies: A comparative analysis of entrepreneurial firms in three transitional economies. *European Journal of International Management*, 8 (6), 697-720.

[21] Chertow, M., & Ehrenfeld, J. 2012. Organizing self-organizing systems. *Journal of Industrial Ecology*, 16 (1), 13-27.

[22] Cohen, B. 2006. Sustainable valley entrepreneurial ecosystems. *Business Strategy and the Environment*, 15 (1), 1-14.

[23] Graham, R. 2014. *Creating University-based Entrepreneurial Ecosystems: Evidence from Emerging World Leaders*. MIT Skoltech Initiative, Cambridge, MA; Massachusetts Institute of Technology.

[24] Isenberg, D. J. 2011. The entrepreneurship ecosystem strategy as a new paradigm for economic policy: Principles for cultivating entrepreneurship. *Institute of Inter-*

national and European Affairs, 1–13.

[25] Isenberg, D. J. 2014. What an entrepreneurship ecosystem actually is. *Harvard Business Review*, 93 (5), 1–3.

[26] Isenberg, D. J. 2016. Applying the Ecosystem Metaphor to Entrepreneurship: Uses and Abuses. *The Antitrust Bulletin*, 61 (4), 564–573.

[27] García-Algarra, J. , Galeano, J. , Pastor, J. M. , Iriondo, J. M. , & Ramasco, J. J. 2014. Rethinking the logistic approach for population dynamics of mutualistic interactions. *Journal of Theoretical Biology*, 363, 332–343.

[28] Li, J. F. , & Garnsey, E. 2014. Policy-driven ecosystems for new vaccine development. *Technovation*, 34 (12), 762–772.

[29] Mason, C. , & Brown, R. 2014. Entrepreneurial ecosystems and growth oriented entrepreneurship. *Final Report to OECD*, Paris, 1, 1–38.

[30] Moore, J. F. 1993. Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71 (3), 75–86.

[31] Nambisan, S. , & Baron, R. A. 2013. Entrepreneurship in innovation ecosystems: Entrepreneurs' self-regulatory processes and their implications for new venture success. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37 (5), 1071–1097.

[32] Nikolaou, I. E. , Nikolaidou, M. K. , & Tsagarakis, K. P. 2016. The response of small and medium-sized enterprises to potential water risks: An eco-cluster approach. *Journal of Cleaner Production*, 112 (5), 4550–4557.

[33] Peltoniemi, M. 2006. Preliminary theoretical framework for the study of business ecosystems. *Emergence: Complexity & Organization*, 8 (1), 10–19.

[34] Sheriff, M. , & Muffatto, M. 2015. The present state of entrepreneurship ecosystems in selected countries in Africa. *African Journal of Economic and Management Studies*, — 86 —

6 (1), 17–54.

[35] Stam, E. 2015. Entrepreneurial ecosystems and regional policy: A sympathetic critique. *European Planning Studies*, 23, 1759–1769.

[36] Spigel, B. 2017. The relational organization of entrepreneurial ecosystems. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41 (1), 49–72.

[37] Spilling, O. R. 1996. The entrepreneurial system: On entrepreneurship in the context of a megaevent. *Journal of Business Research*, 36 (1), 91–103.

[38] Suresh, J. , & Ramraj, R. 2012. Entrepreneurial ecosystem: Case study on the influence of environmental factors on entrepreneurial success. *European Journal of Business and Management*, 4 (16), 95–101.

[39] Theodoraki, C. , & Messeghem, K. 2017. Exploring the entrepreneurial ecosystem in the field of entrepreneurial support: A multi-level approach. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 31 (1), 47–66.

[40] Thomas, L. D. W. , & Autio, E. 2014. The fifth facet: The ecosystem as organizational field. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 1–34.

[41] Vogel, P. 2013. *The Employment Outlook for Youth: Building Entrepreneurship Ecosystems as a Way Forward*. Conference Proceedings of the G20 Youth Forum, Social Science Electronic Publishing.

[42] Dong, X. , & Ma, R. 2017. Analysis on the symbiosis stability of agricultural equipment manufacturing value network based on Lotka-Volterra. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8 (S1), 499–504.

[43] Zahra, S. A. , & Nambisan, S. 2011. Entrepreneurship in global innovation ecosystems. *AMS Review*, 1 (1), 4–17.