



资源基础理论视角下的协同创新网络 演化机制与模型研究

吴钊阳*, 邵云飞, 冯路

(电子科技大学经济与管理学院 成都 611731)

【摘要】协同创新网络的演化依赖于创新主体之间的相互关系, 每一个微小的变化都会影响网络拓扑结构, 从而导致不同的演化结果。网络演化与创新行为之间存在着逻辑关系, 准确理解网络结构的特征有助于创新主体采取适当的创新行为。该文主要基于资源基础理论和复杂网络理论, 通过两个典型案例的探索性研究, 对协同创新网络主体的行为规则进行设定, 确立了基于资源优先的连接机制, 充分结合协同创新的阶段式合作特性, 建立网络演化模型。通过仿真, 对网络特性和演化规律进行了模拟实验。结果表明资源优先连接机制符合现实情境, 有利于保持持续的创新网络活力, 对企业和政府的行为决策具有一定的管理实践意义。

关键词 协同创新; 演化模型; 创新网络; 资源优先

中图分类号 TP391; N94

文献标志码 A

doi:10.12178/1001-0548.2019057

Research on the Evolution Mechanism and Model of Collaborative Innovation Network from the Perspective of Resource-Based Theory

WU Zhao-yang*, SHAO Yun-fei, and FENG Lu

(School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 611731)

Abstract The evolution of a collaborative innovation network depends on the interrelationships among the innovation subjects. Every single small change affects the network topology, which leads to different evolution results. A logical relationship exists between network evolution and innovative behaviors. An accurate understanding of the characteristics of the network structure can help the innovative subjects to adopt appropriate innovative behaviors. Based on the resource-based theory, complex network theory and exploratory analysis of two typical cases, this paper analyzes the behavior rules of collaborative innovation network, and establishes the connection rule based on resource priority. Fully combining the stage-cooperation characteristic of collaborative innovation, this paper builds a network evolution model. Simulation experiments are carried out on network characteristics and evolution rules. The results show that resource priority connection conforms to the real situation, and is conducive to maintaining the continuous innovation network vitality, and thus has certain management practical significance for behavioral decisions of enterprise, government and so on.

Key words collaborative innovation; evolution model; innovation network; resource priority

在当今活跃的经济时代, 知识形态和技术创新方式发生了巨大变化, 企业的创新能力日益受到挑战, 高效的创新无法再单纯依赖于企业自身的资源。在这种持续竞争压力下, 企业与其他创新主体通过不断加强彼此联系, 以实现创新活动的利益共享、风险共担, 从而逐渐形成了协同创新网络。企业通过充分利用网络环境中的外部知识, 增强研发过程的可控度、实现资源优势互补, 进一步提高创新效率, 产生单独要素所无法实现的整体协同效

应^[1]。随着网络成员日趋多样化, 网络结构日渐复杂化, 协同创新网络的“点”不断产生和消亡、“边”不断连接和移去, 最终导致网络随之演化。这不仅取决于网络内企业的性质、位置、角色, 更取决于创新主体之间的关系, 企业的每一个细微行为都会影响网络的拓扑结构, 使得协同创新网络演化具有明显的复杂性、动态性、系统性和开放性^[2]。因此, 充分认识协同创新网络的演化规律和传播机制, 理清创新网络结构与网络主体创新行为

收稿日期: 2019-03-21; 修回日期: 2019-12-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71572028); 国家社会科学基金重大项目(17ZDA051)

作者简介: 吴钊阳(1986-), 男, 博士生, 主要从事技术创新管理方面的研究. E-mail: wuzy@uestc.edu.cn

之间的关系,对企业、政府等创新主体的管理决策具有十分重要的现实意义。

1 探索性案例研究

协同创新是复杂的创新组织方式,其关键是形成以企业、大学、研究机构为核心要素,以政府、金融机构、中介组织、创新平台、非营利性组织等为辅助要素的多元主体协同互动的网络创新模式。协同创新网络内的企业可以根据自身所处的网络位置和特征,加强信息互动,提高创新网络的连接范围和连接密度,从而实现知识创造主体和技术创新主体间的深入合作和资源整合,产生系统叠加的非线性效用^[3]。现有文献对协同创新网络的研究主要集中于演化经济学、制度经济学、区域经济学与经济地理学等视角,其中演化的思想对于本地集体学习和企业的空间分布变化具有较强的解释作用。创新网络具有动态性,决定了其网络结构具有演化性,为了提高网络的创新能力,就需要不断完善创新网络结构。文献[4]通过连续十六年的行业数据研究得出技术推动行业和技术稳定行业形成的不同网络结构特征。现有文献研究了企业的组织规模、组织结构、内部创新氛围、供应商参与等内外部因素对企业创新成功的作用机制,表明创新过程中所需要的资源量越来越大,在有限理性约束下,单个主体的资源占有和开展创新活动的资源需求之间的差距不断增大。外部技术资源的获取与产品创新竞争优势之间存在着正相关性。企业网络观和资源基础观认为,在通过企业网络伙伴为企业提供创新所

需的信息和知识等资源的同时,也能缓解企业自身资源约束问题,利用资源整合可获取企业经营过程中所需的良性资源,减少参与创新企业识别获取信息等资源过程的风险,对加速企业实现创新具有推动作用。事实上,企业所处网络中蕴含的关键性资源,也是其汲取资源的有效渠道。网络间共同的语言或价值体系有利于企业提高对所需信息、知识等创新资源进行交换、整合和获取的能力^[5]。文献[6-7]从资源和结构的视角研究创新网络。从本质上讲,创新网络的演化是网络资源在网络主体之间的配置关系的动态变化,即资源结构的演化。网络演化的过程是追随资源的变化过程,资源的状态影响网络演化的过程。

为了更好地从现实情境揭示创新网络演化的规律,本文选取了京东方科技集团股份有限公司和东方汽轮机有限公司两家企业作为典型案例进行探索性研究。探索性案例研究是一种对新生事物或现象的挖掘,从而提出假设和理论升华的科学实证方法。本文研究所选案例企业是国内相应行业领域的创新型企业,在成长过程中,通过与外部组织建立各种网络互动关系从而推动创新活动的开展,具有一定代表性;其次,这两个案例所涉及研发产品分属于不同领域,其在资源禀赋、创新网络、知识共享等方面呈现出差异性,体现了较好的多重检验效果。根据对案例的深入研究,将企业成长分为萌芽期和成熟期两个阶段,并从阶段特征、合作对象、协同内容、网络特点等方面对两家企业进行了详细对比分析,如表1所示。

表1 探索性案例对比分析表

阶段	比较项目	案例企业	
		东方汽轮机有限公司	京东方科技集团股份有限公司
萌芽期	阶段特征	产品附加值低;人才、资金缺乏;创新能力不足	缺少资金、市场、产品;主要优势集中于生产制造
	合作对象	哈尔滨汽轮机厂等	东方冠捷电子股份有限公司、韩国现代公司等
	协同内容	引进主导技术并对图纸资料进行仿造和技术模仿	从国外引进先进技术,改进技术管理体系,建立承接技术转移的平台
成熟期	网络特点	主体少且连接单一	主体少且网络边界不固定
	阶段特征	技术引进和自主创新并进	进行政产学研合作,坚持自主研发
	合作对象	日本日立公司、法国阿尔斯通公司、德国西门子股份公司等;清华大学、电子科技大学、中科院等	北京、合肥、成都等市政府;南京大学、北京大学、电子科技大学等
	协同内容	引进国外先进大型风电设备技术,在新能源、新材料、智能控制、电动汽车等领域开展合作	搭建政企和校企合作平台
	网络特点	形成多样化的网络结构,企业和高校科研院所的网络节点数量激增,协同创新能力稳步提高	形成多样化的网络结构,政府和高校科研院所的网络节点数量激增,协同创新能力稳步提高

通过案例分析发现两家企业在成长过程中都积极构建适应的协同创新模式,以弥补创新能力的不足。尽管成长路径有所差异,但在与协同创新网络

主体的协作方面本质上是一致的,即两家企业的成长都与外部创新主体间的合作有关,借助协同创新网络获取外部资源,并与自身资源形成优势互补,

通过资源的优化配置,有效降低交易成本,提高创新网络整体创新能力。根据复杂网络理论,企业的网络位置与网络之间的关系都是不断变化的,因此网络结构也会随之变化。对于企业来说,在不同的成长时期,针对市场需求变化采取一系列制度、文化建设、组织协调和技术安排,搭建应对日益激烈的竞争需求的创新要素集成平台也很重要。这些都是结合企业的发展阶段,结合企业所需资源的实际情况变化而变化的。

具体来说,由于资源本身的稀缺性,以及企业所拥有资源的有限性,决定了企业必须同外部资源控制者互动而获取所需资源。在萌芽期,两家企业的创新网络基本都未形成,为了提升创新能力,不断与其他创新主体建立联系,从而获取优势资源。随着协同创新能力的增强,创新网络捕获的节点越来越多,节点间的互动也愈加频繁,创新资源流动性和互惠性也越来越强。但随着企业的成长,资源禀赋不断提高,初期的协同创新伙伴可能不再成为资源追逐的对象,从而逐渐退出创新网络,同时伴随着新的创新主体进入网络。在创新网络的演化过程中,网络的关系和结构都在不断发展变化。案例研究表明,企业的资源、能力、知识与资本都会通过不同的路径影响企业从事创新的意愿与能力,企业的战略选择取决于自身所拥有的特殊的和异质性的资源。因此,网络参与者并不是完全随机对所有可能的参与者进行试探,而是有很强的倾向性,这种倾向性表现在参与者对资源的追逐,是一种择优连接机制,其作用相当于成员伙伴选择机制,网络成员的伙伴选择标准是那些具有高强度创新能力的企业,同时充分发挥政府、高校、科研院所和中介服务机构的功能。网络演化的过程是在追随资源的变化过程,资源的状态影响网络演化的过程。资源的状态也随着网络的演化而改变,不同的网络结构有不同的资源转移方式和效率,对资源状态的改变也不同。

2 模型构建

现有基于创新主体行为选择的社会经济复杂网络模型主要以 Watts & Strogatz 的 WS 模型和 Barabási & Albert 的 BA 模型为主^[8-9]。Barabási & Albert 研究发现,WWW 并非随机网络,而是由少数高连接性的页面串联起来的,他们认为现实复杂系统经过自组织最终生成无标度网络,并提出了经典的 BA 无标度网络模型。学者们进一步研究发现,

Internet、科学合作网、食物网和蛋白质网络等都不同程度地具有相同的特性,即大部分节点只有少数几个连接,而另一小部分节点却拥有大量连接,即典型的“富者更富”现象或“马太效应”^[10]。择优连接理论认为,每个网络都是从一个微小的内核开始增长,新加入这个网络的节点则会优先选择连接多的节点进行连接,因此,中心节点获得了更多的连接。BA 模型最重要的贡献是为研究网络的演化模型提出了两个至关重要的演化机理,即网络具有明显的增长性和择优连接性,其连接度分布服从幂律分布。但 BA 模型同时也存在一定的局限性,它不能很好地解释网络增长规则与个体行为选择间的对应关系,实际网络中还有一些局部行为,如节点或者连接的添加、消亡、移去和限制等^[11-12]。随后,学者们在此基础上陆续提出了一些其他网络模型来描述真实的网络系统,如 Albert & Barabási 在网络中引入了边的移去机制,更加真实地描述实际网络度分布的细微特性^[13]。此外,还有适应度模型 (fitness model)、局域世界演化网络模型等 (local-world evolving network model)^[14-15]。文献 [16] 借用 Barabasi & Albert 的“优先连接”观点来观察创新合作网络的发展。文献 [17] 对加拿大滑铁卢地区的 ICT 产业发展进行了网络动力的研究,认为跨地域的合作不但是网络发展的动力,而且是推动当地经济发展的动力。文献 [18] 也认为企业节点进入和退出的频率将导致网络发生变化,网络构建的时间边界和空间边界因而会发生变化。总的来说,现有研究的演化模型择优连接机制基本聚焦在目标的节点度上,是一种“度优先”的演化方式。而创新网络的复杂性在于,不同的网络具有不同的特性,“度优先”的连接主要建立在网络主体之间的关系永远或者长期存在,这对于协同创新网络特性来讲,并不完全适用。协同创新网络主体之间的连接并非长期存在,它们是在某一个时间段,为了某些共同的利益,对相互资源的获取,而建立的一种短期的协同合作形式。合作完成后,即断开连接;或者选择在下一适当的时候再次开展合作,是一种明显的阶段式合作。

在此基础上,结合探索性案例分析,本文将协同合作关系网络演化描述为创新行为主体之间的关系变动,尝试以资源获取为合作动力,提出了协同创新网络的演化机制,主要遵循以下 3 个规则构建演化模型。

1) 自我成长规则

自我成长规则是指在初始协同创新网络中,企

业通过建立合作, 不断获取资源并转化吸收, 使自我资源不断增长的过程。本文主要考虑网络演化的过程, 创新主体吸收能力的差异化对演化本质不产生影响, 因此归一化企业的吸收能力为:

$$Nb_i = \frac{b_i}{\max\{b_1, b_2, \dots, b_{N_i}\}} \quad (1)$$

假设企业*i*和企业*j*正在合作, 则企业*i*合作期间可以吸收到企业*j*的第*k*种资源的量为:

$$q_{ijk} = q_{jk}^0 \cdot Nb_i \cdot r_c \quad (2)$$

式中, q_{jk}^0 为企业*j*与企业*i*合作初期第*k*种资源的拥有量; $r_c = 0.8/y_{ij}$ 为转化率。

若企业*i*的某项资源*k'*并未从任何合作企业的资源中吸获得, 则该项资源会通过自我学习而增长, 增长结果为:

$$\hat{q}_{ik}^t : \hat{q}_{ik}^t = q_{ik}^t (1 + \omega_s) \quad (3)$$

式中, q_{ik}^t 为企业*i*在*t*时期的第*k*种资源的拥有量; ω_s 为资源学习效率。

2) 资源优先连接规则

根据理论回顾分析, 协同创新网络中网络主体的资源种类和资源拥有量各不相同, 后发企业在选择建立合作时, 将其作为重要参考指标, 从现有网络中进行具有某种偏好的选择。因此, 协同创新网络演化的一种重要特征就是择优偏好连接。这里的“优”主要是基于协同创新主体的资源。通常情况下, 网络节点在寻求协同创新对象时, 在充分考虑资源同质化和互补性的前提下, 会优先选择那些资源较多(包括拥有量和拥有种类)的节点进行合作, 从而弥补自己创新所需的资源。节点的竞争能力有差异, 表现为各节点的资源有差异。对于市场中第*i*个企业($i = 1, 2, \dots, N_t$, N_t 为*t*时期市场上拥有的总企业数), 与其他企业*j*的合作动力为:

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^{k_t} NR_{jk}^i + \sum_{k=1}^{k_t} \hat{NR}_{jk}^i / z \quad (4)$$

式中, NR_{jk}^i 为*i*企业没有, 但*j*企业有的第*k*种资源的资源量; \hat{NR}_{jk}^i 为*i*企业有, *j*企业也有的第*k*种资源的资源量; 由于这两者资源量对于企业的吸引程度不同, 显然第二种资源的吸引程度较低, 即 $z > 1$ 。

根据合作动力 m_{ij} , 企业*i*在市场中选出前*c*个最愿意合作的企业, 即 j_1, j_2, \dots, j_c , 愿意跟其中第*l*个企业*j_l*合作的的概率 $P_{j_l}^i$ 定义为:

$$P_{j_l}^i = (1/c)(c-l) \quad (5)$$

在这*c*个企业之外的其他企业, *i*企业愿意和其合作的概率为0。

同理, 对于*j_l*企业, 同样有*c*个最愿意合作的企业, 设*i*企业在其中的排序为*m*, 则*j_l*企业愿意和*i*企业合作的概率 $P_{j_l}^i$ 定义为:

$$P_{j_l}^i = (1/c)(c-m) \quad (6)$$

若*i*企业不在*j_l*企业最愿意合作的*c*个企业中, 则 $P_{j_l}^i = 0$ 。

3) 退出规则

创新网络由于网络内部激烈竞争, 一方面, 网络内竞争能力较弱的成员面临巨大的生存压力和挑战, 遭遇失败后如果无法有效根据内外部动态环境调整自身行为, 会选择或者被迫退出。另一方面, 与之合作的其他网络成员会在优先附着规则下谨慎考虑甚至解除彼此间的合作关系, 以降低自身的经营风险, 网络内节点连接出现断裂情况(移去)。与一般创新网络退出机制不同的是, 协同创新网络“边”的移去更为频繁, 它们通常在建立合作关系时就会约定一个解除关系的期限(合约), 从而导致其退出规则更为复杂。

3 仿真假设

基于本文提出的网络演化模型, 采用 python 软件对演化过程进行仿真, 进一步研究协同创新网络的演化特性和规律。现实世界中, 合作双方的合作关系是双向的, 因此网络连接是无向的, 为便于仿真参数的设置, 本文研究未区分网络联系的强度, 即将单位长度和强度均设置为1, 这对演化趋势和规律并不产生影响。具体步骤如下:

1) 假设最初市场为空, 设定参数如下: 资源种类(包括人力资源、信息、知识、技术等一系列创新资源)即创新网络初始资源种类总数 $k_0 = 20$; 网络初始企业数 $n_0 = 30$; 仿真周期 $T = 100$; 由于创新资源不会一成不变, 随着科技发展, 资源种类会逐渐增加, 假设每个时期资源增加一种的概率为 r_s 。

由于协同创新网络更注重政府和制度环境在协同中的作用, 在仿真实验中要充分考虑政府行为的作用。随着创新网络发展的日趋成熟, 创新主体逐渐结合市场的供求来选择自己的市场方向, 政府这一关键“推动力”的作用逐渐弱化, 政府的扶持力度在成熟期相较于萌芽期逐渐减弱, 假设政府萌芽期扶持力度为 s_1 , 政府成熟期扶持力度为 s_2 , 则有

$s_1 > s_2$ 。

2) 对于某时期 $t(t=0,1,\dots,T)$, 判断: 若 $t=0$, 则预期进入市场的企业数 (n_t) 为 n_0 , 创新网络的演化表现为技术创新扩散S曲线, 即创新网络演化初期, 网络规模增长速度相对较慢; 成熟期后, 网络优势开始吸引更多的创新主体主动融入其中, 网络规模增长速度加快, 假设萌芽期所占比例 r , 则 $1 \leq t < T \cdot r$ (萌芽期)时, 进入市场的企业数 $(n_t) > (n_{t'})$, $(n_{t'})$ 为 $T \cdot r \leq t' \leq T$ (成熟期)时进入市场的企业数。

3) 后发企业能与在位企业建立联系, 必然具备一定地竞争性, 即后发企业拥有在位企业拥有的资源, 否则很难和在位企业产生合作。对于 n_t 个进入市场的企业, 每种资源的初始拥有量服从均值为 $\mu_0(1+\omega)t$, 方差为 σ^2 的正态分布; 每个资源最初拥有量的均值和方差 $\mu_0 = 1, \sigma^2 = 0.2$; 初始资源均值随时间增长幅度 $\omega = 0.2$; 新进入的企业吸收能力 b_i 与初始拥有的总资源量成正比。

4) 建立合作: 按照资源优先连接的规则, 由于后发企业会有倾向性地选择网络主体进行连接, 后发企业选择建立联系的对象, 一般都是资源量较丰富的在位企业, 但是这些企业却不一定愿意跟后发企业合作。在企业看来, 合作的动机有两种: 一种是目标方某种资源比自己多; 一种是目标方有自己没有的资源。

企业 i 和 j_i 企业建立合作关系的概率 P_{i-j_i} 定义为: $P_{i-j_i} = P_{j_i-i} = (P_i^{j_i} + P_{j_i}^i + s)/2$, 其中, s 为政府扶持力度, 若 $1 \leq t < T \cdot r$ 时(萌芽期), $s = s_1$; 若 $T \cdot r \leq t \leq T$ 时(成熟期), $s = s_2$; 若 $P_{i-j_i} > 1$ 则令 $P_{i-j_i} = 1$ 。

5) 其他说明: 重复执行步骤2)~5), 每循环一次 $t = t + 1$, 直到 $t = T$ 为止。

4 仿真实验及结果分析

创新主体的协同创新行为推动了网络的动态演化, 随着时间的推移, 网络的拓扑结构特征也相应随之变化, 本文主要从网络规模、节点平均度、历史平均度、企业年龄和网络演化轨迹等方面对结构特征进行表述, 进而分析仿真实验结果。

1) 网络规模

网络规模是指网络内企业的数量, 其数值反映了网络内创新主体数量越大, 主体间异质性越大, 表明网络内资源量更加丰富。仿真结果如图1所示, 表明: 萌芽期和成熟期的企业数量分别保持比较稳定的状态, 说明随着企业的不断进入和退出,

网络规模基本保持不变, 但网络中的企业不断更新, 充分利用政策制度和网络创新资源阶段性地开展协同合作, 形成较好的创新氛围, 这样的环境对于需要保持市场活力的技术推动(technological dynamism)行业更有利, 也体现了协同创新网络的阶段性合作特性。

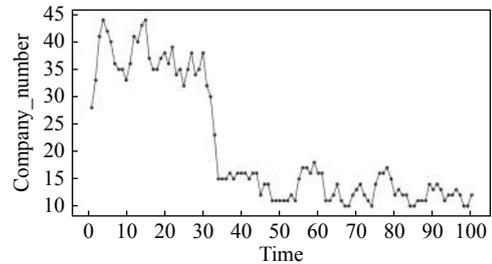


图1 协同创新网络企业网络规模变化图

2) 网络节点平均度

网络中节点的邻边数称为该节点的度。所有节点的度的平均值, 称为网络的平均度, 其数值大小可以整体反映网络连接数量的变化。仿真结果如图2所示, 表明: 网络平均度一直呈现波动震荡状态, 说明合作网络中不断有新企业进入, 它们刚刚进入网络时会“拖网络平均度的后腿”, 但协同创新网络会帮助这些企业成长, 从而与更多的创新主体建立联系, 使得网络平均度上升, 然后又会有新的企业进入, 如此反复循环, 这样的创新环境非常有利于资源稀缺行业的进步和新兴企业的发展。

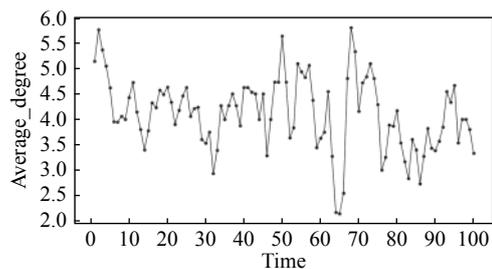


图2 协同创新网络平均度变换图

3) 网络历史平均度

网络历史平均度反映了网络内连接数量的持续变化趋势。仿真结果如图3所示, 表明: 历史平均度增长速度较快, 特别是在成熟期后, 当政府的扶持力度降低后, 反而有较大的历史平均度增长, 这说明建立在资源优先的连接方式, 使得协同创新网络能够持续并逐步增加网络内的连接数, 网络创新活力可以继续保持, 创新网络逐渐成熟, 能够吸引更多的创新主体加入, 网络主体间仍然有较大的合

作密度。

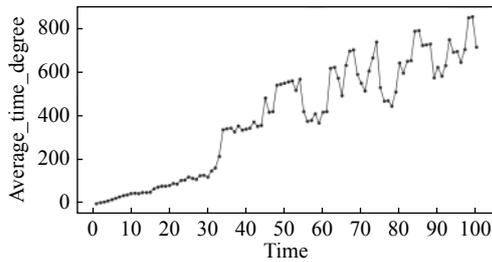


图3 协同创新网络历史平均度变换图

4) 企业平均年龄

企业平均年龄是指企业在创新网络中存活的时间。仿真结果如图4所示,表明:企业在网络中的平均年龄较低,这也说明了协同创新网络的阶段式合作特性,同时也避免出现长期“霸占”网络核心位置的企业,网络内企业更新变换速度较快,网络主体频繁加入和退出,不断地开展协同合作,信任成本逐渐降低,形成良性循环。

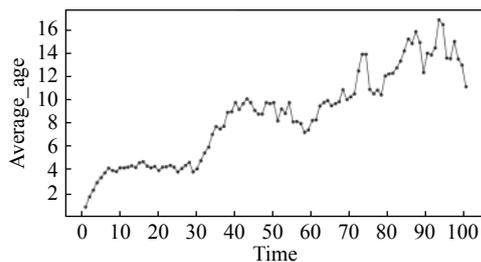


图4 协同创新网络平均年龄变换图

5) 网络演化轨迹

图5为协同创新网络演化轨迹,图中所示为随时间变化每10个时期创新网络主体内连接变化情况。结果表明:网络内各主体间连接较为均匀,网络内长期保持一定比例的合作关系,没有出现网络消亡或者“寡头”企业(即绝大多数企业只与其中某个企业连接),这有利于网络内主体协同创新,保持网络创新活力。随着企业的不断进入和退出,网络内的创新活力不断保持。随着企业对网络内外资源的不断吸收,从而实现了协同创新的目标。

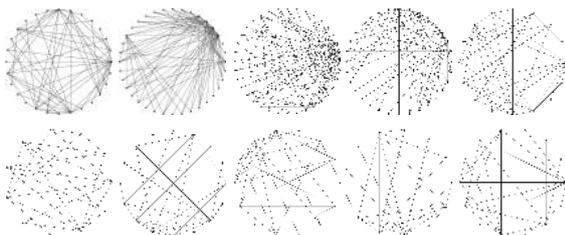


图5 协同创新网络演化过程图

5 结束语

在网络演化的过程中,高校与政府、企业与高校、企业与政府、企业与外部龙头企业相互融合,同时,后发企业逐渐进入,形成协同创新网络。本文基于资源基础理论和复杂网络理论,在分析演化动力的基础上,通过两个探索性案例研究,建立了资源优先的网络演化模型。该模型以资源获取作为网络演化的动力,符合现实环境,在创新资源、管理咨询、政策偏好等方面具有优势。因此,大量吸引新的企业加入网络,与现有企业建立密切的合作关系,形成持续创新产出。具体结论如下:

1) 企业的资源、能力与资本都会通过不同的路径影响企业从事创新的意愿与能力,企业的创新行为选择取决于自身所拥有的资源状态。因此,本文认为在协同创新网络演化过程中,企业的择优连接机制是基于创新资源而建立的,从而区别于BA无标度网络演化模型的“度优先”连接。协同创新网络的阶段性合作也区别于一般的创新网络。本文根据现实网络环境,分析了企业创新行为准则,提出了协同创新网络演化模型的3条规则。在此基础上,对网络演化进行了仿真实验,其结果符合协同创新网络的现实规律。

2) 从仿真结果来看,基于创新资源的优先连接机制对协同创新网络具有较大的现实意义。虽然网络规模不会大幅增加,但网络基本维持在一定程度,同时网络历史平均度却增长很快,表明网络中的企业不断更新,合作的频度较高,网络创新活力一直保持在一个较为活跃的状态,这样的环境对于一些需要保持持续创新的行业更为有利,最终使协同创新网络集知识网络、技术网络、资源网络和服务网络为一体,网络主体成员逐渐更替、主体间关系变化、网络位置发生改变,使网络生态不断自我完善、实现网络构建,从而使网络创新能力达到最大化。

3) 对于企业来说,要注意从原来的管辖模式向网络治理模式转变,要充分考虑网络的特点和主体的需求,准确分析创新网络的特征和资源,选择合适的企业进行协同创新,实现自我成长。就协同创新网络而言,它意味着要建立一个合理的协同创新机制,不仅要考虑企业产生创新行为的内部条件,还要结合创新活动的外部条件。企业需要通过优化知识结构,提高知识获取水平,增强创新意识,加强与其他企业的正式和非正式沟通,从而使企业吸

收更多的溢出知识,提高知识资源的收益。

4) 由于政府、高校在创新资源、制度环境等方面具有优势,能吸引众多的新创企业选择加入网络,并与在位企业建立紧密的合作关系,因此政府和高校应当尽可能发挥桥梁纽带作用,充分掌握企业的资源拥有情况,并主动发挥管理咨询等作用,使我国能够真正通过创新创业政策实现“新常态”下的经济转型。

最后,本文存在以下局限:协同创新网络类型较多,对案例行业的选择具有局限性,模型的假设与现实情境仍然存在一定的差距。因此,要进一步增强模型的一般性和普适性,根据现实客观规律,不断完善网络演化规则设定。

参 考 文 献

- [1] 盖文启,王缉慈.论区域创新网络对我国高新技术中小企业发展的作用[J].中国软科学,1999(9):102-106.
GAI Wen-qi, WANG Ji-ci. On the role of regional innovation network in the development of high-tech SMES in China[J]. China Soft Science, 1999(9): 102-106.
- [2] CANTNER U, GRAF H. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis[J]. *Res Policy*, 2006, 35: 463-480.
- [3] 刘丹,闫长乐.协同创新网络结构与机理研究[J].管理世界,2013(12):1-4.
LIU Dan, YAN Chang-le. Research on the structure and mechanism of collaborative innovation network[J]. Management World, 2013(12): 1-4.
- [4] TATARYNOWIC Z, ADAM S, MAXIM G, et al. Environmental demands and the emergence of social structure: Technological dynamism and interorganizational network forms[J]. Sage Publication Inc, 2016, 61(1): 52-86.
- [5] DYER J H, NOBEOKA K. Creating and managing a high - performance knowledge - sharing network: The Toyota case[J]. *Strategic Management Journal*, 2000, 21(3): 345-367.
- [6] ZOBEL, ANN-KRISTIN. Benefiting from open innovation: A multidimensional model of absorptive capacity[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2017, 34(3): 269-288.
- [7] RIJNSOEVER F J V, BERG J V D, KOCH J, et al. Smart innovation policy: How network position and project composition affect the diversity of an emerging technology[J]. *Research Policy*, 2015, 44(5): 1094-1107.
- [8] WATTS D J, STROGATZ S H. Collective dynamics of “small-world” networks[J]. *Nature*, 1998, 393(6684): 440-442.
- [9] BARABASI A L, ALBERT R, JEONG H. Mean-field theory for scale-free random networks[J]. *Physica A*, 2000, 272(1-2): 173-187.
- [10] BOSCHMA R A, LAMBOOY J G. Evolutionary economics and economic geography[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1999, 9(4): 411-429.
- [11] CHEN Q, SHI D. The modeling of scale-free networks[J]. *Physica A*, 2004, 335(1-2): 240-248.
- [12] DOROGOVTSEV S N, MENDES J F F, SAMUKHIN A N. Structure of growing networks with preferential linking[J]. *Physical Review Letters*, 2000, 85(21): 4633-4636.
- [13] ALBERT R, BARABASI A L. Topology of evolving networks: Local events and universality[J]. *Physical Review Letters*, 2000, 85(24): 5234.
- [14] ALBERT R, BARABASI A L. Statistical mechanics of complex networks[J]. *Review of Modern Physics*, 2001, 74(1): 47-97.
- [15] LI X, CHEN G. A local-world evolving network model[J]. *Physica A*, 2003, 328(1-2): 274-286.
- [16] BOSCHMA R A, FRENKEN K. Why is economic geography not an evolutionary science? Towards an evolutionary economic geography[J]. *Papers in Evolutionary Economic Geography*, 2006, 6(3): 273-302.
- [17] BRAMWELL A. University: The key to the competitiveness of the ICT cluster in Waterloo, Canada[J]. *Le Journal de L'école de Paris du Management*, 2008(2): 31-36.
- [18] GAY B, DOUSSET B. Innovation and network structural dynamics: Study of the alliance network of a major sector of the biotechnology industry[J]. *Research Policy*, 2005, 34(10): 1457-1475.

编辑 蒋晓