

# 集群知识网络的内生演化研究

## —基于多主体的仿真分析\*

陈金丹<sup>1,2</sup> 胡汉辉<sup>2</sup> 吉敏<sup>3</sup>

- (1. 南京邮电大学经济管理学院 南京 210046;  
2. 东南大学集团经济与产业组织研究中心 南京 210096;  
3. 中国制造业发展研究院 南京 210044)

**摘要** 理解集群知识网络的内生演化机理与过程对于提升集群竞争力有着重要的现实意义。从集群知识网络中网络关系出发,按照从微观到宏观的思维逻辑,剖析了集群知识网络在网络关系和整体网络两个层面上的内生演化机理。将多主体仿真分析与实证研究相结合,模拟了集群知识网络的内生演化过程,并分析其演化结果。研究表明,网络节点基于自身需求对网络关系的选择行为遗传或变异着网络结构,导致了集群知识网络的涌现;经过一段时间的演化后,集群知识网络规模趋于稳定,具有较为明显的小世界网络特征和倾斜的度分布曲线。

**关键词** 集群知识网络 网络结构 内生演化 多主体仿真

中图分类号 F270

文献标识码 A

文章编号 1002-1965(2012)07-0128-06

## Research on Endogenous Evolution of Industrial Cluster Knowledge Network; Based on Multi-Agent Simulation

CHEN Jindan<sup>1,2</sup> HU Hanhui<sup>2</sup> JI Min<sup>3</sup>

- (1. College of Economics and Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046;  
2. Centre of Group Economy and Industrial Organization Research, Southeast University, Nanjing 210096;  
3. China Institute of Manufacturing Development, Nanjing 210044)

**Abstract** Analyzing the endogenous evolution mechanisms and process of industrial cluster knowledge network has a realistic significance in upgrading the competition advantage of industrial clusters. Beginning with the analysis on links, this paper studies the evolution mechanisms of industrial cluster knowledge network on both micro-level and macro-level. The model of endogenous evolution is proposed and simulation of the evolving process of industrial cluster knowledge network is conducted by applying the multi-agent-based simulation and empirical study. It shows that the nodes selection action inherits or deviates the former structure of the knowledge network, which results in the emergence of the network. Meanwhile, the network becomes stable after a period of evolution and the network has two key characters of SW network and an oblique curve of degree distribution

**Key words** industrial cluster knowledge network network structure endogenous evolution multi-agent simulation

## 0 引言

集群企业和其他机构在日常的互动过程中产生了知识关联,形成了集群知识网络。集群知识网络的存在为集群内部的知识共享提供了渠道,成倍地增加了组织的知识存量,为创新提供了知识的基础,同时也打

破了集群中的思维锁定,激发创新的产生。目前,对集群知识网络的研究重点正在从对属性、治理、前因、结果等静态问题的分析转变为对成长、演化等动态问题的研究<sup>[1-2]</sup>。集群知识网络是如何生成的,又是如何演化的,这些问题的解答对于深入研究集群创新、集群升级等热点问题都有重要的理论和现实意义。

收稿日期:2012-04-28

修回日期:2012-06-07

基金项目:国家自然科学基金项目“产业集群的国际间转移与中国企业对外直接投资中的产业集群链式效应研究”(编号:70873019);国家自然科学基金青年项目“战略性新兴产业集群供应链知识共享与创新研究”(编号:71103093)。

作者简介:陈金丹(1983-),女,博士研究生,研究方向:产业组织、知识管理;胡汉辉(1956-),男,教授,博士生导师,研究方向:产业组织、知识管理;吉敏(1981-),女,讲师,研究方向:企业、集团与集群的组织与战略。

基于 Brass 等人提出的“网络是节点的集合以及反映出节点间是否存在关系的边的集合”<sup>[3]</sup>, 集群知识网络是由集群内部组织及其之间知识关系的集合。其网络关系有多种具体的表现形式, 包括知识联盟、基于正式互动的技术转让、基于非正式互动的经验交流等。纵观国内外对集群知识网络演化问题的研究, 众多学者应用了案例分析方法和高度形式化的抽象分析方法。例如, 文献[4]从知识同构视角把集群网络演化分为形成、收敛和重新定位三个阶段; 文献[5]从知识的视角出发研究集群网络, 认为在集群萌芽期、成长期和成熟期, 集群网络依次表现为社会网络、经济网络和知识网络。实际上, 这些文献都是基于对集群知识网络动态发展过程中多个阶段的静态分析, 探讨其演化的相关问题。然而, 这类对动态研究问题的静态分析往往是难以奏效的, 网络动力学建模和仿真技术才是解决此类问题的有效方法<sup>[2]</sup>。

多主体仿真方法 (Multi-Agent Simulation Method) 是目前在金融、生物、经济、社会等领域应用广泛的仿真技术, 它可以将复杂系统的微观行为和宏观“涌现”现象有机地结合到一起<sup>[6]</sup>。文献[7]指出, 网络关系是网络演化的基因。因此, 本文将以网络关系为出发点, 从网络关系和整体网络两个层面分析集群知识网络的内生演化机理。而这种从“微观”到“宏观”的研究思路与多主体仿真方法中自下而上的建模方式相吻合。因此, 本文接下来应用了多主体仿真方法, 建立集群知识网络内生演化的仿真模型, 并通过江苏启东天汾电动工具产业集群的实例对其进行验证。当然, 集群知识网络演化不仅仅包括内生演化过程, 也包括外生演化过程。例如, 网络演化过程会受到国家政策、产业政策、市场环境等外部因素的影响<sup>[8]</sup>。但究其根本, 这些影响还是通过内生演化过程产生作用的, 因此对集群知识网络内生演化过程的分析才是关键所在。

## 1 集群知识网络的内生演化机理

**1.1 网络关系层面的“需求”与“选择”** 集群知识网络中的网络关系都起源于网络节点对网络关系的“需求”。在具有此类需求后, 网络节点搜寻可能的关联对象并通过选择过程决定是否“形成”网络关系; 一旦网络关系形成, 在下一时刻的选择过程中网络节点将进一步选择是“保持”还是“断开”网络关系。实际上, “形成”、“保持”、“断开”都是网络节点基于需求对于网络关系的选择结果。

**1.1.1 “谁要连接”:** 对知识资源的需求。资源基础观 (Resource Based View) 认为, 企业的绩效差异与其资源差异有关。为了获取竞争优势, 企业必须拥

有可以为客户创造珍贵价值的资源。在知识时代, 知识是企业最重要的资源。知识基础观 (Knowledge Based View) 强调知识是企业的内核性资源, 认为企业是知识的集合体, 企业的知识存量与知识结构决定了企业未来创新活动的的能力, 并最终体现为企业竞争力。如果一个企业拥有稀缺的、能够创造价值的知识, 并且这些知识既不能够被其竞争对手所模仿, 也不能被其他资源所替代, 那么该企业在知识方面就处于“垄断”的地位, 使得该企业能够拥有持久竞争优势。但在经济全球化进程不断加快的今天, 市场越来越复杂, 产品的复杂性程度也越来越高, 单凭企业一己之力很难获取所需的全部知识。此时, 知识网络就为企业提供了有效获取知识的良好渠道。

**1.1.2 “与谁连接”:** 标准理性的选择过程。集群知识网络中的网络关系能满足网络节点对知识的需求, 但它在为网络节点带来收益的同时也需要成本投入。网络关系的收益和成本包括资金、人力、时间等多方面内容。理性的网络节点总是希望可以准确地测度网络关系的收益与成本, 并以此理性地进行选择。当需求能够被满足且收益大于成本时, 网络关系形成, “保持”是持续的“形成”; 反之, 网络关系断开。

Oliver 阐述了企业在资源选择过程中的两种理性, 即经济理性 (Economic Rational) 和标准理性 (Normative Rational): 经济理性是指受经济目标引导的、基于系统的、深思熟虑的理性; 标准理性是指嵌入在习惯和传统中的、基于习惯的、草率的理性<sup>[9]</sup>。二者的主要区别在于, 经济理性忽视了企业所嵌入的组织和社会中的制度环境, 标准理性则从嵌入性的视角出发讨论企业对资源的理性选择过程。这里的制度环境不仅包括组织内部的文化、制度、规范等, 还包括来自社会 and 行业内组织相互关系等多方面内容。集群知识网络中的网络关系是起源于网络节点的知识需求, 网络节点对其选择的过程是基于理性思考的过程。但在现实情况中, 这一理性选择的过程往往是标准理性的, 它不仅受到信息不确定性、认知偏差等因素的影响使得选择结果偏离经济理性的最优, 还会受到集群环境中文化传统、道德规范、信任、价值观等非正式制度的影响, 表现为标准理性的选择过程。

**1.2 整体网络层面的“遗传”和“变异”** 网络关系是网络演化的基因。如图1所示, 在  $t+1$  时刻, 新的网络关系可能会遗传  $t$  时刻的网络结构特征; 也可能变异  $t$  时刻的网络结构特征, 并通过后续演化过程中的持续遗传彻底改变网络的演化方向。实际上, 集群知识网络的内生演化过程可以看作是新网络关系遗传或变异已有网络结构特征的持续性的组合过程, 是网络节点基于自身需求选择网络关系这一微观行为的

宏观“涌现”。

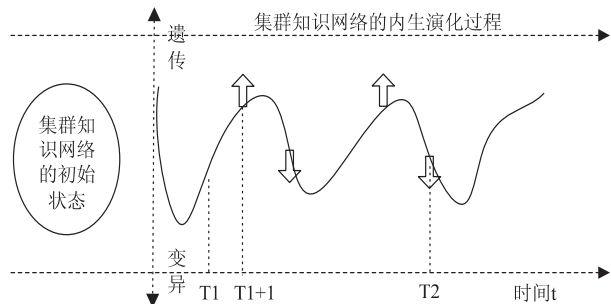


图1 集群知识网络的内生演化过程

以具有“中心—外围”结构特征的集群知识网络  $G$  为例(见图2)。节点  $C$  有建立知识关系的需求,此时它有两种选择:一是选择  $G$  中的中心节点  $A$ ,这一选择遵循的是“优先连接”原则,它是众多网络演化过程中节点选择网络关系的重要原则<sup>[10]</sup>,即节点倾向于与拥有更多网络关系的节点之间构建网络关系。经过一段时间的演化,大部分节点所拥有的网络关系数量十分有限,而大量的网络关系掌握在中心节点手中,“中心—外围”的结构特征得以遗传和加强。二是选择外围节点  $B$ 。根据优先连接原则,在后续的演化过程中节点  $B$  被更多节点选择的可能性加大,而“中心—外围”结构特征可能会被变异和打破。

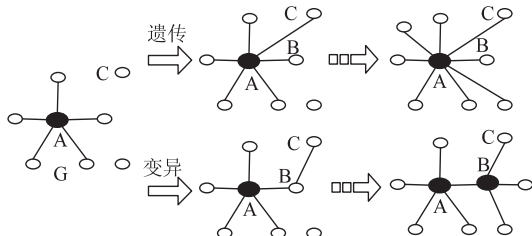


图2 集群知识网络内生演化过程中的遗传和变异:  
以“中心—外围”网络为例

## 2 集群知识网络的内生演化模型

**2.1 基本模型假设** 首先,集群知识网络  $g$ , 网络节点集  $V = \{1, 2, \dots, n\}$  固定。虽然集群内部组织也处于不断变化的过程中,但相对于组织间的知识关系而言,组织的变化则需要一个相对漫长的过程。以集群企业为例,基于对固定资产等沉没成本的考虑,企业往往不会轻易迁入或迁出集群,而企业间的知识关系则相对而言变化较快。例如,一项合作研发项目的完结可能就意味着相应知识关系的断开。

其次,集群知识网络是一类具有地理空间限制的网络,为了简化仿真模型,本文假设所有的网络节点处于一个环形空间上,相邻网络节点之间的距离相等。 $l(i, j)$  是节点  $i$  与节点  $j$  之间的最短空间距离,如公式(1)所示。不失一般性,本文假设环形空间上距离最远的一对网络节点之间的空间距离为1,节点  $i$  与节点  $j$  之间的最短空间距离则改写为  $s(i, j)$ , 如公式(2)所

示。

$$l(i, j) = \min\{|i - j|; n - |i - j|\} \quad (1)$$

$$s(i, j) = \frac{l(i, j)}{\lceil \frac{n}{2} \rceil} \quad (2)$$

**2.2 网络节点 Agent 属性** 如上所述,网络节点不可能只依靠自身知识积累获取其所需的所有知识,对知识的需求是网络节点建立或保持知识关系的核心动机。假设网络节点的生存与发展需要同时具备两类互补性知识,即知识  $A$  与知识  $B$ 。节点  $i$  的知识禀赋是外生给定的,记为  $\omega_i = \{\omega_{iA}, \omega_{iB}\}$ , 不随时间变化。在  $[t, t + 1]$  时间段内,节点  $i$  所能利用的知识既包括自身的知识积累,也包括通过直接或间接网络关系从其他节点处获取的知识,记为  $\omega_i^t = \{m_{iA}(g_t), m_{iB}(g_t)\}$ , 如公式(3)和(4)所示。

$$m_{iA}(g_t) = \omega_{iA} + \sum_{j \in V_i} \delta^{d(i, j)} \max\{0, \omega_{jA} - \omega_{iA}\} \quad (3)$$

$$m_{iB}(g_t) = \omega_{iB} + \sum_{j \in V_i} \delta^{d(i, j)} \max\{0, \omega_{jB} - \omega_{iB}\} \quad (4)$$

其中,  $d(i, j)$  是节点  $i$  与节点  $j$  之间的网络距离;  $\delta$  是知识的网络距离衰减系数,它反映了节点获取知识的效率,与网络距离有关。网络距离越长,节点获取知识的效率越低。这是因为,在网络节点获取知识资源的过程中,知识可能会由于中间节点的理解错误出现误差或丢失。

网络节点  $i$  的知识收益函数为  $\pi_i(g_t)$ , 如公式(5)所示。

$$\pi_i(g_t) = \sqrt{m_{iA}(g_t) m_{iB}(g_t)} - \sum_{j \in N_i(g_t)} cs(i, j) \quad (5)$$

其中,  $N_i(g_t)$  为  $t$  时刻节点  $i$  在  $g$  中所有关联节点的集合。公式(5)右边的第一部分是节点  $i$  因知识而获得的收益,知识及收益之间的关系符合科布—道格拉斯生产函数,即两类知识的贡献相等;公式(5)右边第二部分是节点  $i$  拥有这些网络关系所需的成本投入,与空间距离成正比,其中,  $c$  是单位空间距离成本。

**2.3 仿真流程设计** 如上所述,网络节点对知识关系的选择过程是基于成本和收益的理性选择过程。网络节点 Agent 如何选择网络关系的策略及仿真流程如下所示:

第一步,在  $t$  时刻选取一对网络节点  $i$  与  $j$ 。若  $ij \in g_t$ , 则它被选择的概率为公式(6)所示,即存在直接网络关系的节点对是被等概率选择的。

$$p_{ij}^t = \frac{2}{n(n-1)} \quad (6)$$

若  $ij \notin g_t$ , 则它被选择的概率为公式(7)所示,即不存在直接网络关系的节点对被选择的概率与其网络距离及空间距离有关。

$$p_{ij}^t = \frac{1}{d_i(i, j)} + \frac{1}{s_i(i, j)} \quad (7)$$



第二步,当网络关系  $ij$  被选择后,网络节点决定是否形成或断开它的过程如下:当  $\begin{cases} \pi_i(g_i^f + ij) \geq \pi_i(g_i^f) \\ \pi_j(g_j^f + ij) \geq \pi_j(g_j^f) \end{cases}$  时,网络关系  $ij$  形成,  $ij \in g_i$ ; 当  $\begin{cases} \pi_i(g_i^f - ij) \leq \pi_i(g_i^f) \\ \pi_j(g_j^f - ij) \leq \pi_j(g_j^f) \end{cases}$  时,网络关系  $ij$  保持,  $ij \in g_i$ ; 当  $\begin{cases} \pi_i(g_i^f - ij) \geq \pi_i(g_i^f) \\ \pi_j(g_j^f - ij) \geq \pi_j(g_j^f) \end{cases}$  时,网络关系  $ij$  断开,  $ij \notin g_i$ 。

第三步,网络节点对网络关系的选择过程难免会受信息不完全、认知偏差及非正式制度因素等多方面的干扰,因而引入决策误差因子  $\zeta(0 < \zeta \leq a)$ ,  $a$  为一较小的正数。在节点  $i$  与  $j$  做出选择后,以概率  $\zeta$  转变该选择。当  $\zeta \rightarrow 0$ ,网络演化的随机过程收敛于唯一的极限稳定状态,且该过程是各态遍历的 (Jackson & Watts,2002)<sup>[4]</sup>。因此,可以基于这一状态收敛性质利用仿真方法来研究集群知识网络的长期稳定状态。

2.4 模型初始参数设定 本文的仿真计算是通过 Netlogo4.0.4 软件编程实现的。模型假设集群有 20 个网络节点,网络节点的知识禀赋在  $[0,1]$  区间上均匀分布,即  $\omega_{ia} \sim U[0,1]$ ,  $\omega_{ib} \sim U[0,1]$ ,知识的网络距离衰减系数  $\delta \in [0,1]$ 。为了研究主要参数的变化规律,本文简化了网络节点的收益函数,设  $c = 1$ 。另外,设  $\zeta$  满足  $\zeta' = \frac{1}{(t+1)} + \bar{\zeta}$ ,  $\bar{\zeta} = 0.0001$ 。此时,决策

误差因子随着时间单调递减且收敛,即  $\lim_{t \rightarrow \infty} \zeta' = \bar{\zeta}$ 。这种随时间而变的误差函数能真实反映出网络节点犯错概率随经验增加而减小但却不可能完全不犯错的现实,进而增加仿真过程的可信度。

3 集群知识网络演化的仿真计算与结果分析

3.1 网络结构的测度指标

3.1.1 度与度分布。 $\eta_i(g)$  是网络节点  $i$  所拥有的网络关系数量,即节点  $i$  的度。度分布函数  $p(\eta)$  描述的是网络关系在网络节点间的分布情况,如公式(8)所示。

$$p(\eta) = \frac{1}{n} \sum_i I\{\eta_i(g) = \eta\} \tag{8}$$

3.1.2 网络规模。网络规模由网络节点及网络关系数量共同决定。本文假设网络节点集合不变,则网络规模可以用  $\eta(g)$  来测度,如公式(9)所示。

$$\eta(g) = \sum_i \eta_i(g) \tag{9}$$

3.1.3 平均集聚系数。平均集聚系数衡量的是网络关系的密集程度。假设节点  $i$  的所有关联对象中

有  $E_i$  对节点是直接相连的,则节点  $i$  的集聚系数为  $c_i$ ,如公式(10)所示。

$$c_i = \frac{2E_i}{\eta_i(g)(\eta_i(g) - 1)} \tag{10}$$

网络的平均集聚系数则为  $c(g^f)$ ,如公式(11)所示。

$$c(g) = \frac{1}{\eta(g)} \sum_i c_i \tag{11}$$

3.1.4 平均路径长度。平均路径长度  $d(g)$  定义为任意一对网络节点之间距离的平均值,如公式(12)所示,网络的平均路径长度描述的是网络可达性。

$$d(g) = \frac{1}{\eta(g)(\eta(g) - 1)} \sum_i \sum_j d(i,j) \tag{12}$$

3.2 仿真结果分析 本文基于多次仿真计算所得结果,从网络规模、集聚性、可达性和度分布四个方面分析了经演化稳定后的集群知识网络结构特征。

3.2.1 网络规模。图3刻画了网络规模的变化情况。通过分析发现,在经过一段时间的演化后,集群知识网络的规模逐渐上升并最终达到一个较稳定的状态。同时,稳态下的网络规模随参数  $\delta$  的增大而增大,这一结果与我们的直观感觉是一致的。当参数  $\delta$  越大,网络节点通过网络关系获取知识的效率越高,其因拥有知识关系而获得的收益也就越大,也就更倾向于形成或保持各类知识关系,集群知识网络的规模也就随之增大。

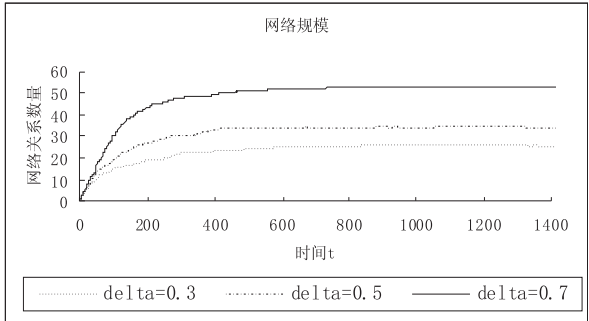


图3 网络规模,  $N = 20, t = 1500$ , 仿真 100 次的平均值

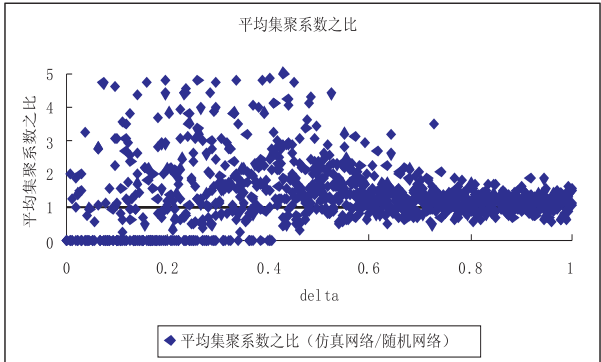


图4 平均集聚系数,  $N = 20, t = 1500$ , 仿真 1005 次

3.2.2 平均集聚系数。从图 4 可以看出,虽然  $\delta$  不同,但经演化稳定后的集群知识网络与同等规模随机网络相比,其平均集聚系数基本满足  $\frac{c(g^f)}{c(g^r)} \geq 1$ ,即集群知识网络的平均集聚系数高于同等规模的随机网络。但我们也注意到,当  $\delta \in [0.7,1]$  时,  $\frac{c(g^f)}{c(g^r)} \approx 1$ ,即集群知识网络的平均集聚系数与同等规模的随机网络基本相等。

3.2.3 平均路径长度。从图 5 可以看出,集群知识网络与同等规模随机网络相比,其平均路径长度基本满足  $\frac{d(g^f)}{d(g^r)} \approx 1$ ,即集群知识网络的平均路径长度接近同等规模的随机网络。

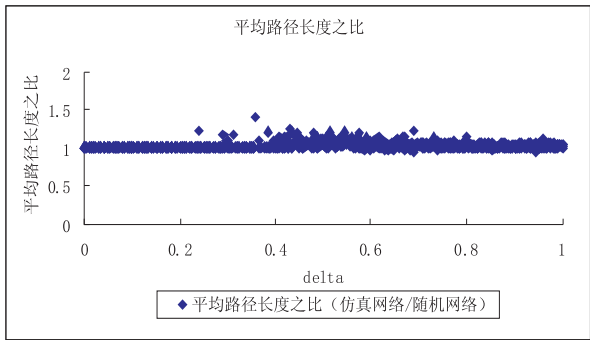


图 5 平均路径长度,  $N = 20, t = 1500$ , 仿真 1005 次

平均集聚系数与平均路径长度是反映网络小世界特征的关键拓扑特征值,小世界网络具有较高的平均集聚系数和较短的平均路径长度。根据图 4 和图 5 可知,仿真所得的集群知识网络具有较为明显的小世界网络特征。特别是当  $\delta \in [0,0.7]$  时,小世界网络特征最为明显。

3.2.4 度分布函数。从图 6 中可以看出,当  $\delta = 0.3, 0.5, 0.7$  时,大量的网络关系都掌握在少数网络节点中,如当  $\delta = 0.7$  时,度大于 9 的节点数量仅仅只占 15% 左右。集群经济网络具有倾斜的度分布曲线。

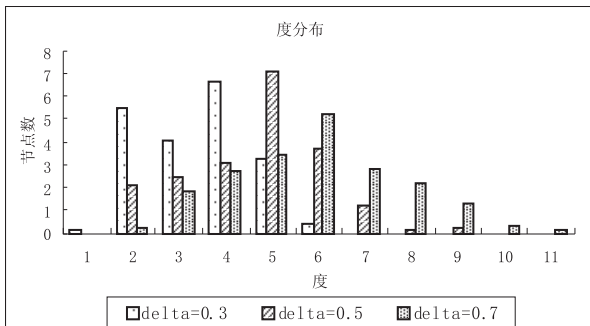


图 6 度分布,  $N = 20, t = 1500$ , 仿真 100 次的平均值

4 模型验证

江苏启东天汾电动工具产业集群地处江苏

省启东市天汾镇,目前已集聚各类电动工具整机、转子和定子等零配件生产企业 300 余家,相关的塑料、橡胶、铝制品、印刷、包装等配套企业 30 多家,以及一批商贸、物流、餐饮等服务企业,就业人员近 30 万人,形成了拥有 300 多种电动工具整机产品和 2000 多种配件的电动工具产业集群。笔者所在团队在 2009 年 9 月采用问卷调查和企业访谈相结合的方式对该集群进行了实地调研。通过提问“您从哪些企业或机构获取知识与信息”、“您与哪些企业或机构有技术合作”、“碰到技术问题会请教谁”收集知识关系数据。问卷主要由企业负责人填写,共发放问卷 120 份,回收 102 份,回收率为 85%。

本文选用 UCINET6.0 软件直观刻画了启东天汾电动工具产业集群的知识网络(如图 7 所示),并进行相应的结构分析。通过数据分析,我们发现该集群知识网络具有比较典型的小世界网络特征。如表 1 所示,实际网络的平均集聚系数大于同等规模的随机网络;而二者的平均路径长度却相差无几。同时,该集群知识网络的度分布曲线也是倾斜的,度小于 5 的节点数约占 86%,如图 8 所示。尽管现实网络与仿真网络之间有一定的误差,我们也不能判定现实网络的规模是否已经到达稳态,但考虑到仿真模型不可能完全抽象出所有的现实情况,本文认为,经过多年的演化过程,现实网络的结构特征基本符合前文的仿真结果。

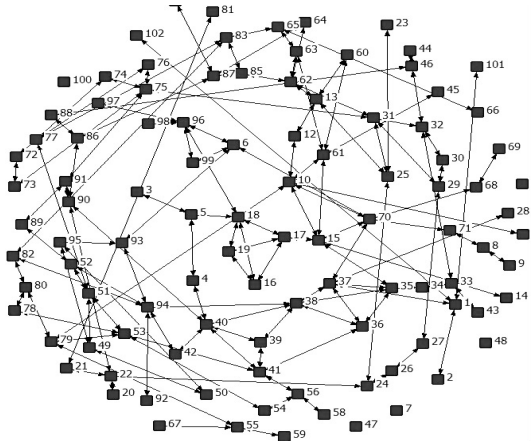


图 7 集群成熟期的知识网络

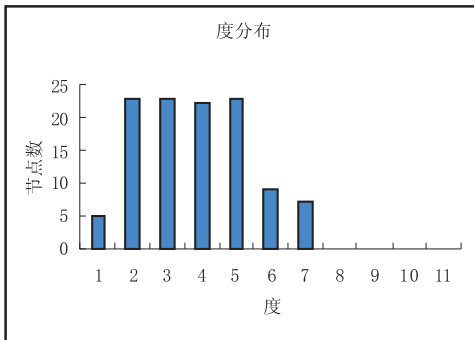


图 8 集群知识网络的度分布图

表 1 主要特征变量的值

网络类型	点数	边数	密度	平均集聚系数	平均路径长度(最大成分图)
实际网络	102	137	0.0245	0.113	4.888
随机网络	102	137	0.0245	0.010	5.013

5 结束语

集群知识网络为集群内部组织之间的知识共享提供了平台,促进了集群创新的实现。基于网络关系的“基因”地位,本文立足于网络关系,从微观到宏观,从网络关系和整体网络两个层面深入剖析了集群知识网络的内生演化机理。通过回答“谁要连接”和“与谁连接”,本文指出集群知识网络关系起源于网络节点的知识需求,并通过网络节点的标准理性选择过程而形成、保持或断开;新网络关系对原有网络结构特征的遗传和变异组合而成了网络的内生演化过程。在阐述演化机理的基础上,本文应用了多主体仿真方法,构建了集群知识网络的内生演化模型,并基于多次仿真计算的结果用网络规模、平均集聚系数、平均路径长度、度分布函数等指标刻画了集群知识网络的结构特征。通过模拟仿真和实证研究发现,经过一段时间的演化后,集群知识网络的规模趋于稳定;稳定的集群知识网络具有较为明显的小世界网络特征和倾斜的度分布曲线,大量的知识流动渠道掌握在少数网络节点手中。

参 考 文 献

[1] Galaskiewicz, J. Has a Network Theory of Organizational Be-

havior Lived up to its Promises? [J]. Management and OrganizationReview, 2007, 3(1):11-18

[2] 李文博,张永胜,李纪明. 集群背景下的知识网络演化研究现状评介与未来展望[J]. 外国经济与管理,2010,32(10):10-20

[3] Brass D J, Galaskiewicz J, Greve H R, Tsai W. Taking Stock of Networks and Organizations: A Multilevel Perspective[J]. Academy of Management Journal, 2004, 47(6): 795-817

[4] Pouder, R S, and John, C H. Hot Spots and Blind Spots; Geographical Clusters of Firms and Innovation [J]. Academy of Management Review, 1996, 21(4): 192-220

[5] 吉敏,胡汉辉,陈金丹. 内生型产业集群升级的网络演化形态研究-基于启东天汾电动工具产业集群的分析[J]. 科学学研究,2011(6): 861-868

[6] 田钢,张永安. 集群创新网络演化的动力模型及其仿真研究[J]. 科研管理,2010,31(1):104- 117

[7] Gluckler J. Economic Geography and the Evolution of Network [EB/OL]. <http://ecom.geog.uu.nl/peeg/peeg.html>,2008

[8] Koka B R, Madhavan R, Prescott J E. The Evolution of Inter-firm Networks: Environmental Effects on Patterns of Network Change[J]. Academy of Management Review, 2006, 31(3): 721-737

[9] Oliver C. Sustainable Competitive Advantage:Combining Institutional and Resource-Based Views[J]. Strategic Management Journal, 1997,18(9):697-713.

[10] Gultai R. Network location and learning: The Influence of Network Resources and Firm Capabilities on Alliance Formation [J]. Strategic Management Journal,1999,20(5): 379-420

(责编:刘影梅)