

# 产业集群网络中知识转移行为仿真分析<sup>①</sup>

## ——企业知识刚性视角

周 钟, 陈智高\*

(华东理工大学商学院, 上海 200237)

**摘要:** 知识刚性使得企业固守现有知识并阻碍外部新知识的流入, 从知识刚性视角分析产业集群企业间的知识转移, 有助于研究造成集群知识锁定和路径依赖的原因. 通过设定企业知识刚性和知识吸收能力等状态变量, 设计知识刚性影响规则、最短路径规则和知识转移发生规则, 针对具有小世界网络特征的产业集群网络中的知识转移行为进行了仿真. 仿真数据和分析结果表明, 企业知识刚性对集群内部知识转移有显著影响, 控制知识刚性, 建立多渠道多样化的相互学习和合作关系, 进而扩大知识转移范围, 提高知识转移成效, 是缓解产业集群知识锁定和路径依赖的有效途径.

**关键词:** 知识刚性; 产业集群; 知识网络; 知识转移; 小世界网络

**中图分类号:** C930; G203   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2015)01-0041-09

## 0 引 言

随着技术发展和社会进步, 企业、科研机构 and 政府部门等各类组织的连结与交互越发呈现网络化形式<sup>[1]</sup>, 许多关联企业在特定区域内集聚形成了产业集群. 产业集群所具有的集聚优势和知识溢出效应会加速知识在集群内部企业间的扩散, 提高集群内部企业、产业与区域的竞争力<sup>[2]</sup>. 但同时, 集群企业长期集体学习和连续知识积累, 容易导致知识趋同与集群锁定的劣势<sup>[3]</sup>, 出现企业习惯性按原有技术路径发展的现象<sup>[4, 5]</sup>. 在技术含量低且创新能力弱的传统产业集群, 这种现象尤为明显.

产业集群锁定和路径依赖现象已有较多描述与探讨. Meyer-Stamer<sup>[6]</sup>结合产业集群的具体案例探讨了经济环境变化下的企业行为与集群路径依赖问题, Hassink<sup>[7]</sup>进一步将集群的负面锁定区分为功能、认知和制度锁定, 并提出通过加强集群学习来解锁区域的路径依赖. 国内的研究得出

了集群内部企业在自组织过程中会逐步产生趋同性<sup>[8]</sup>, 产业集群演化过程中可能出现战略、网络、技术及功能上的各种锁定<sup>[9]</sup>等结论. 知识锁定是一类主要的集群锁定, 不理想的知识转移会使集群走向知识趋同, 进而导致知识锁定. 然而目前尚没有知识角度, 特别是有关知识转移行为及其与集群知识锁定关系的系统研究.

已有研究表明, 知识转移受知识源、接受者、转移途径和知识特性多方面影响<sup>[10-13]</sup>. 对于具有明显知识网络特征的产业集群, 企业间知识转移又涉及网络位置、连接强弱和网络结构等因素<sup>[14, 15]</sup>. 产业集群中包含较多的知识发送者和接受者, 存在便利的知识转移途径, 在有利于知识传播和扩散的产业集群环境中, 知识特性成为一个需特别关注的影响因素. 现实中, 企业在面对生产、运营与管理问题时, 会惯性地使用现有知识资源和先前经验, 并采用现有组织流程来解决当前问题<sup>[16]</sup>. 究其原因, 企业的技术性知识以及制造标准、管理体系与业务流程等知识往往具有较

<sup>①</sup> 收稿日期: 2012-05-30; 修订日期: 2013-06-21.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71001037); 教育部人文社会科学基金资助项目(09YJC630070).

通讯作者: 陈智高(1953—), 男, 上海人, 教授, 博士生导师. Email: zgchen@ecust.edu.cn

长生命周期、稳定收益递增和沉没成本效应等特点,会以特定机制促成企业对这类知识的依赖性,并随知识的持续应用逐渐强化,这种现象被称为企业知识刚性<sup>[17]</sup>.

知识刚性显著影响企业的知识使用和转移行为,特别在产业集群中,企业往往既是某项知识的发送方,又是另一项新知识的接收方,情况越加复杂.企业对能带来竞争优势的核心知识与集群共享知识又具有不同程度的依赖性.不同的知识转移角色和知识类型,使得企业知识刚性存在差异化的影响.因此,本文将从企业知识刚性角度,分析产业集群中的知识转移行为及其对集群知识锁定和技术路径依赖的影响.

## 1 产业集群知识转移的研究设计

产业集群企业间的知识转移是逐渐累积和不断变化的过程,知识本身的默会性以及知识转移过程的复杂性和因果模糊性等特征<sup>[10]</sup>,使得较难通过实际观察准确收集知识转移过程中的行为数据.仿真是研究这类复杂问题,展示产业集群知识网络的变化过程,分析集群企业间知识转移活动的可行且有效方法.

企业间密集交互而形成的知识网络可用形式语言表示<sup>[18]</sup>.产业集群知识网络标记为  $G$ ,企业为节点  $V$ ,节点  $V_i, V_j$  之间的知识转移途径以链接  $e_{ij}$  表示.因此,产业集群知识网络可表示为

$$G = (V, E), V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}, \\ E = E\{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{21}, e_{22}, \dots, e_{nm}\}$$

新进企业的加入与落后企业的淘汰会使网络节点数量发生变化,供应链或技术合作关系的建立与变动则使链接  $e_{ij}$  处于动态演变过程中.这些动态变化都会影响集群企业间的知识转移行为,应用 Matlab 的仿真需建立在集群企业状态变量及其变化规则和集群知识转移规则基础上.

### 1.1 集群企业的状态变量及其变化规则

技术能力和研发投入的差别,使得集群企业具备不同的知识发送与吸收能力.技术前期投入、应用时间及经营效益的差异,导致企业对现有知识的依赖程度各不相同,知识刚性对其知识转移活动的影响程度各异.因此,设定集群知识网络中

节点企业的状态变量及其变化规则如下.

1) 知识状态(knowledge state).资源基础理论和基于知识的企业理论认为,企业对有价值、独特和不可转移性知识资源的占有是竞争优势的主要来源<sup>[19, 20]</sup>,这类知识被认为是企业的核心知识,是企业核心能力的主要构成部分<sup>[21]</sup>.企业核心知识具有嵌入性、独特性、难以模仿、不易转移的特点,存在于组织体系、结构和惯例中,转移存在困难<sup>[22]</sup>.Tallman 等<sup>[23]</sup>认为集群企业所共享的主要是具有较高可传播性的部件知识,即与系统可分离的那些具体资源或技术,与之相对应的架构知识是关于如何组织整个系统或协调整合部件知识进行生产性运用的知识,架构知识不仅高度复杂和隐性,且通常为组织所特有.由于集群企业从事着高度相似或相关的生产活动,长期的互动与学习会形成共同的、集群特有的架构知识.因此,本文定位于产业集群企业层面,探讨能为集群企业共享的集群架构知识和具有较高可传播性部件知识的转移行为.

假定集群企业对于特定问题或任务的某项新知识仅存在 0 或者 1 两种状态.企业  $V_i$  的知识状态为 0,表示企业不具备该项新知识,但有从关联企业吸收此项知识的初步意向.状态为 1 表示该企业具备该项知识,并有向关联企业转移该项知识的条件.至于是否向邻近节点转移现有知识,以及是否愿意吸收新知识来替代现有知识,涉及双方的知识刚性、传播能力和吸收能力等多方面因素.

2) 知识吸收能力(knowledge absorptive capacity).知识吸收能力是企业识别有价值的外部知识并吸收、同化和进一步应用的能力<sup>[24]</sup>,涉及企业与外部环境交互的组织惯例与流程<sup>[25]</sup>,因此, Mu 等<sup>[26]</sup>在模拟组织内部网络知识转移时将知识吸收能力随机取值的方式并不合适.本文根据节点度数来设定集群企业的知识吸收能力,节点  $V_i$  的链接数量越多,表明该节点对应集群中领先地位越高的企业,具备较好的流程和机制来建立外部联系并获取、吸收知识,相应的知识吸收能力较强.因此,设定企业的知识吸收能力与节点度数呈正比,表示为

$$A_i = (k_i - k_{\min}) / (k_{\max} - k_{\min}) \quad (1)$$

式中,知识吸收能力  $A_i$  归一化在  $[0, 1]$  区间内,  $k_i$

表示节点  $V_i$  的度数  $k_{\max}$  和  $k_{\min}$  分别为网络中节点的最大和最小度数。

3) 知识传播能力 (knowledge disseminative capacity). 知识传播能力是知识转移主体将知识以受体可以准确理解的形式进行有效编码和传递的能力<sup>[26]</sup>. 因此, 同样假定集群中拥有较多链接数量的领先企业具有更强的知识传播能力, 表示为

$$D_i = (k_i - k_{\min}) / (k_{\max} - k_{\min}) \quad (2)$$

式中, 知识传播能力  $D_i$  的取值范围同样设定为  $[0, 1]$  区间。

4) 知识刚性 (knowledge rigidity). 企业对特定知识的依赖性, 往往随知识持续应用带来的效用递增而增强, 表现为知识刚性随时间推移而增加<sup>[17]</sup>. 因此, 节点企业  $V_i$  的知识刚性设定为

$$R_i = c \times (t - t_0) \quad (3)$$

式中, 知识刚性  $R_i$  的数值区间为  $[0, 1]$ , 常数  $c$  表示该企业在单位时间内的知识刚性增长速率,  $t$  为当前时间,  $t_0$  表示节点知识状态的变更时间. 设定集群企业在采纳某项新知识后, 在时间点  $t_0$ , 知识刚性数值变为 0. 例如, 设常数  $c$  为 0.02, 企业  $V_i$  在第 10 个单位时间点接受并开始应用某项新知识, 知识状态  $S_i$  从 0 变换到 1. 在第 25 个单位时间点, 该企业的知识刚性  $R_i$  增长至 0.3. 随着时间推移, 知识刚性会持续增长, 直到数值达到最大值 1, 或者企业弃用此项知识而接受新知识.

企业从外部吸收或内部创造并应用某项新知识, 对该项知识的依赖性是从无到有的, 反映在仿真过程中即为企业知识刚性在  $[0, 1]$  内的数值变化. Liao<sup>[27]</sup> 认为企业对知识的依赖性并不完全是负面的, 同样, 适度的知识刚性是企业吸收、采纳知识并将其内化为自身能力这一过程的正常现象, 过度依赖特定知识导致过高的知识刚性才会阻碍企业正常的知识更新和交互.

## 1.2 集群企业间的知识转移规则

企业间知识转移涉及知识特性、转移途径等多方面因素<sup>[9]</sup>, 同时受到转移双方知识吸收能力与传播能力的影响<sup>[26]</sup>. 基于组织间知识转移过程的已有研究, 本文从知识刚性角度提出产业集群知识网络中的知识转移规则如下.

1) 知识刚性影响规则. 知识刚性对于产业集群中知识转移的影响随参与方 (发送方与接收

方) 知识刚性的不同而有所差异.

Davis<sup>[28]</sup> 提出的技术接受模型认为, 某项技术被认为有用和易用时才会被组织内部的成员接受并使用, 企业对知识的效用判断与价值认可, 需要经历实际使用, 特别是企业需要熟练掌握该项知识或技术后才有能力进行知识应用, 这个过程便会产生知识刚性. 对于具有效用价值, 也即具有一定刚性的知识, 发送方企业才有可能将此项知识转移给集群内的关联企业, 比如向供应链上下游或技术合作伙伴的知识转移.

集群中存在完全竞争关系的企业之间通常不存在直接或正式联系, 相互间的知识流动主要通过人员流动等非正式途径. 对于这种情况, 同样只在知识发送企业具备一定知识刚性, 即表明被转移知识具有效用价值的前提下, 竞争企业之间才会通过非正式途径发生知识转移.

相比知识转移的发送方, 接收方更明显受到知识刚性的影响. 如果接收方十分依赖现有技术或知识, 即知识刚性化程度较高, 那么, 接收方会拒绝或者懈怠接受新知识. 因此, 集群企业知识刚性对知识转移的影响规则可以设计为

$$\begin{aligned} V_j \text{ send decision} &= \begin{cases} 1, & \text{if } R_j > R_{s_{\min}} \\ 0, & \text{if } R_j \leq R_{s_{\min}} \end{cases} \\ V_i \text{ receive decision} &= \begin{cases} 1, & \text{if } R_i < R_{r_{\max}} \\ 0, & \text{if } R_i \geq R_{r_{\max}} \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

$V_j$  和  $V_i$  分别为知识转移的发送方与接收方,  $R_{s_{\min}}$  为集群发送方企业  $V_j$  转移知识须具备的刚性数值, 而知识接收方  $V_i$  的知识刚性数值小于  $R_{r_{\max}}$  时该企业才会考虑接收新的知识.

2) 最短路径规则. 在时间点  $t$ , 节点  $V_i$  优先从知识状态为 1 且连接距离  $L_{ji}$  最短的近邻节点  $V_j$  处吸收知识, 并触发两个节点间的知识转移活动. 若节点  $V_i$  与  $V_j$  未形成知识转移, 则  $V_i$  依次与次短连接距离的  $V_k$  接触, 直至  $V_i$  吸收该项知识, 其知识状态变换为 1 或知识转移均未能达成为止.

3) 知识转移发生规则. Mu 等<sup>[26]</sup> 在模拟组织内部知识转移时认为, 发送方的知识传播能力很大程度上决定着相邻节点间知识交互的方向. 当上述节点  $V_i$  与  $V_j$  满足知识刚性影响规则 1) 和最短路径规则 2), 且两个节点的知识传播能力和吸收能力满足下述表达式时, 该项知识从节点  $V_j$  转

移至  $V_i$  , 知识状态  $S_i$  变更为 1 , 企业  $V_i$  从下一单位时间点开始应用此项新知识 , 对应的知识刚性逐渐形成并增长.

$$\text{if } D_j > D_i \text{ and } A_i \geq A_T, \text{ then } S_i = S_j \quad (5)$$

式中 , 当知识发送节点  $V_j$  的传播能力大于  $V_i$  , 即知识发送方  $V_j$  处于相对的技术领先地位 , 且知识接收节点  $V_i$  具备常数阈值  $A_T$  以上的知识吸收能力时 , 两个节点间的知识转移才会成功发生.

## 2 产业集群知识网络的初始化

产业集群中各成员企业之间存在广泛而复杂的关系 , 由此形成的集群网络结构不同程度上具有小世界、无标度等网络属性<sup>[29]</sup>. 从知识转移网络的角度 , 产业集群呈现典型的小世界网络特

征<sup>[30]</sup>. 根据 Watts 和 Strogatz<sup>[31]</sup> 提出的小世界网络构造方法 , 构建本文的产业集群知识网络:

1) 结合现有产业集群仿真研究对于企业规模的设定<sup>[8]</sup> , 参考特定产业集群的案例研究<sup>[32]</sup> , 本文将产业集群知识网络的节点数设为 1 000 , 作为典型的中等规模产业集群. 集群知识网络中 , 每个节点都与它最近的  $2m$  个邻近节点相连  $m = 0, 1, 2, \dots, n/2$  , 形成规则网络;

2) 断键重连 , 将规则网络中每个节点的已有连接以概率  $p$  ( $0 < p < 1$ ) 断开 , 随机重连 , 并确保不出现自连接和节点间的重复连接. 将  $p$  取为 0.1 ,  $m$  取为 3 , 根据 Gephi 软件得到的数据 , 该集群知识网络的度分布如表 1 所示 , 平均路径长度为 6.2 , 集聚系数为 0.45 , 具有小世界网络特征.

表 1 基于小世界网络构建的 1 000 个节点集群知识网络的度分布

Table 1 Degree distribution of cluster knowledge network with 1 000 nodes based on small-world network

度分布	3	4	5	6	7	8	9
节点频数	2	17	185	598	173	23	2
累计频率 (%)	0.2	1.9	20.4	80.2	97.5	99.8	100

3) 根据表 1 产业集群知识网络的度分布 , 按 1.1 节表达式初始化节点企业的知识吸收能力与传播能力 , 初始化的企业知识刚性呈  $[0, 1]$

范围随机分布. 同时 , 如表 2 所示设定网络参数 , 从而构成具有小世界特征的产业集群知识网络.

表 2 集群知识网络的参数设定

Table 2 Parameters setting of the cluster knowledge network

变量名	节点间距	刚性系数	知识吸收能力阈值	发送节点知识刚性阈值	接收节点知识刚性阈值
变量	$L_{ij}$	$c$	$A_T$	$R_{s_{min}}$	$R_{r_{max}}$
取值范围	$[0, 1]$	/	$[0, 1]$	$[0, 1]$	$[0, 1]$
数值	$[0, 1]$ 随机	0.01	0.3	0.2	0.8

表 2 中 , 知识刚性增长速率设定为 0.01 , 表示企业在接受并开始应用某项知识后 , 知识刚性以每单位时间 1% 的速度增长. 知识吸收能力阈值设定为 0.3 , 意味着 601% 以上的企业有能力从邻近企业吸收新知识. 发送节点知识刚性阈值设定为 0.2 , 表示集群企业在接收并应用某项知识 20 个单位时间后 , 才有相应的意愿和传播能力将其传递给邻近企业. 而在 0.8 的接收节点知识刚性阈值设定下 , 约 20% 的企业间知识转移由于接收方知识刚性影响而无法成功发生.

## 3 模型仿真与结果分析

设定四类情景 , 应用 Matlab 软件进行每次迭代步长为 1 个月、周期为 100 个月的仿真 , 计算不同情景下产业集群网络中企业间的成功知识转移次数 , 比较分析知识转移行为及其与知识锁定之间的关系.

### 3.1 不同相邻节点数情景下的知识转移对比

初始化产业集群知识网络时 , 网络中节点与

邻近节点的连接数量设定为  $2m$ ,  $m$  的数值大小取决于集群内部企业之间的合作关系与知识交互的紧密程度. 考虑  $m$  分别为 3、4 和 6 时的三种情景 (经验证  $m$  为 4 和 6 时同样具备小世界网络特征), 仿真计算得到知识在集群中的转移次数如图 1 所示.

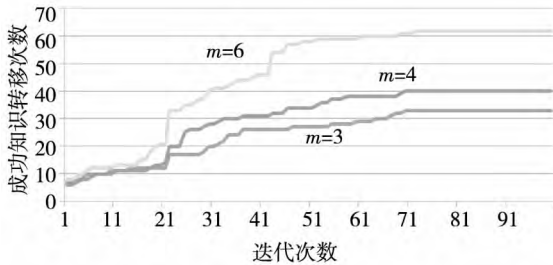


图 1 不同相邻节点数情景下的知识转移对比

Fig. 1 Comparison of knowledge transfer between scenarios with different amount of adjacent nodes

如图, 三种情景下的知识转移趋势大致相同, 仿真结束时的网络处于稳定状态. 其中  $m$  取值为 6 时的成功知识转移次数明显多于  $m$  为 3 和 4 的情景, 仿真稳定后, 新知识在集群整体范围内的拥有率为 6.2%. 因此认为, 推动集群内部企业间合作与知识互动关系的建立, 一定程度上能促进知识在集群内部的传播.

### 3.2 静态与动态网络的知识转移对比

随着产业集群发展, 集群内部企业间的技术合作与知识交互关系常发生变动, 领先企业和处于供应链关键位置的企业会逐渐占据产业集群网络的中间地位. 因此, 设定静态和动态两种集群知识网络, 对比分析产业集群中的知识转移:

- 1) 静态网络, 即第 2 小节初始化后网络结构固定不变的产业集群知识网络;
- 2) 动态网络 1, 节点间连接在每一仿真步长均以 0.05 的概率断键重连的集群知识网络;
- 3) 动态网络 2, 断键重连概率  $p$  为 0.15, 表明集群企业间的合作与交互关系在频繁变动.

将相邻节点数  $m$  设为 3, 仿真上述三种情景, 得到集群内成功转移知识的次数, 如图 2 所示.

网络结构固定的静态网络情景下, 知识仅在初始阶段被传递给了 12 家集群企业, 经过 20 个步长后, 才得以进一步扩散至另 5 家企业, 此后网络达到稳定状态.

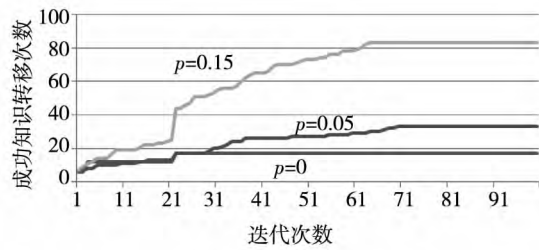


图 2 静态与动态网络的知识转移对比

Fig. 2 Comparison of knowledge transfer between static and dynamic networks

在  $p$  取值 0.05 和 0.15 的动态网络中, 集群内部企业以一定概率与掌握新知识的企业接触并建立联系, 知识转移更为活跃. 仿真达到稳定状态时, 两种情景下新知识在集群中的拥有率分别为 3.3% 和 8.3%. 可见, 加强建立不同类型企业间的业务联系与合作关系, 促成集群企业间的知识交互, 将有利于更多新知识在产业集群网络中的传递, 减弱现有知识的锁定现象.

### 3.3 不同知识吸收能力情景下的知识转移对比

根据 1.1 节关于集群企业知识吸收能力的分析和算式 (1) 的设定, 产业集群知识网络中节点度数越大, 意味着企业在集群中处于技术合作和知识交互的优势地位, 相应的知识吸收能力更强. 度数较小的节点企业会因知识吸收能力不足而较难接收外部新知识, 因此, 考虑提高这类集群企业的知识吸收能力, 对比分析知识吸收能力对集群网络中知识转移的影响.

将度数为 3 和 4 的节点的知识吸收能力提升 0.3, 保证这类集群企业有能力吸收新知识, 与原情景作对比. 在相邻节点数  $m$  为 3 及断键重连概率  $p$  为 0.05 的设定下, 仿真得到这两种情景下知识在集群内部的转移次数, 如图 3 所示.

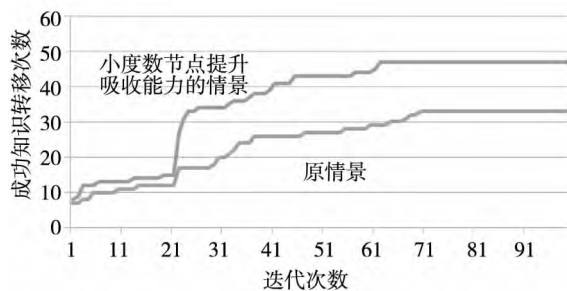


图 3 不同知识吸收能力情景下的知识转移对比

Fig. 3 Comparison of knowledge transfer between scenarios with different knowledge absorptive capacities

如图对比可见,提升产业集群网络中小度数节点企业的知识吸收能力后,成功知识转移次数显著增多,知识传递速度相对更快.仿真的前 20 个步长,两种情景下的知识转移过程无明显差异,因为这类小度数节点企业在集群中往往处于知识交互的非核心位置,但在此后的第二阶段,成功的知识转移数量明显提升.

因此,培育、增强集群企业,特别是集群新进企业和中小企业的知识吸收能力,能有效推进集群企业间的知识传递,有利于企业获取新知识,缓解知识锁定.

### 3.4 不同知识刚性分布情景下的知识转移对比

以上三类情境的对比,产业集群网络中节点企业的知识刚性初值均在  $[0, 1]$  区间随机取值,表示集群企业的知识刚性化程度呈  $[0, 1]$  区间的均匀分布.

正态分布是最为广泛的一类分布,许多社会现象均呈现正态分布的特征.将集群企业的知识刚性按不同均值的正态分布进行设定,可以进一步探讨企业知识刚性对于集群网络中知识转移的影响.因此,设定企业知识刚性初值符合正态分布时的两种情景如下:

1) 产业集群中企业的知识刚性初值服从均值 0.3、标准差 0.15 的偏态分布,即 95.4% 的概率位于  $[0, 0.6]$  区间.这类集群以 IT、软件和半导体等高新技术产业集群为代表,集群内部企业的技术创新意识和知识引进意识较强,知识的更新换代周期短<sup>[33]</sup>;

2) 集群企业的知识刚性初值服从均值 0.6、标准差 0.15 的偏态分布,即 95.4% 的概率位于  $[0.3, 0.9]$  区间,表示发展较为成熟的工业生产型产业集群,比如国内温州制鞋、绍兴纺织等产业集群,多数集群企业的运营和技术应用稳定.

这两种情景的仿真得到相应的成功知识转移次数如图 4 所示.

由图可见,群集中的知识转移由多个快速传递和缓慢传递相交替的过程组成,发送节点在短期内将知识转移给集群中的部分企业后,传递过程会放缓.随着这些企业的知识应用和逐渐认可,它们进一步将知识传递给了更多的邻近节点.

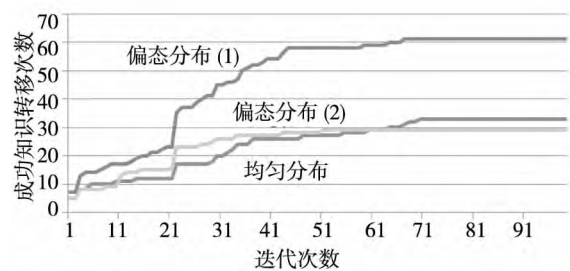


图 4 不同知识刚性分布情景下的知识转移对比

Fig. 4 Comparison of knowledge transfer between scenarios with different knowledge rigidity distributions

图中偏态分布 (1) 情景下的知识转移范围更广,达到稳定状态时,集群中共有 61 家企业接受并采纳了新知识.偏态分布 (2) 下,知识转移过程与企业知识刚性随机取值的情景较为相似,知识转移仅涉及 30 家左右的企业,效果不理想.

对比偏态分布 (1)、(2) 与均匀分布的仿真结果可知,有效控制集群企业的知识刚性,减少对现有知识的过度依赖,减弱对外部新知识的排斥意识,将大幅提高知识在产业集群知识网络中的传递范围和转移速度.仿真结果也能解释高新技术产业集群内的知识转移相比传统生产型产业集群更为活跃的原因,后者更容易陷入知识锁定和路径依赖.

## 4 结束语

产业集群企业在发展过程中对现有制造标准、业务流程和技术资源的依赖会逐渐形成企业知识刚性.知识刚性会将企业锁定于现有知识资源,阻碍外部新知识的接受与采纳,导致集群企业走向知识趋同进而陷入知识锁定,产业集群出现路径依赖.本文引入企业知识刚性因素,采用仿真方法分析了该特性对集群企业知识转移行为,进而对知识锁定的影响,为现有产业集群知识转移问题的研究提供了一种新的视角.同时,也为有效促进知识转移,缓解甚至解决目前国内产业集群的知识锁定与路径依赖提供了一种新的思路.

不同的集群企业邻近节点数、断键重连概率、知识吸收能力和知识刚性取值下的仿真数据与分析结果表明:

1) 集群企业间的连接关系越多,知识在集群内的传递速度越快且范围越广.相应的,在集群内

引导并支持企业建立合作关系,推动企业进行合作研发与技术学习,搭建企业管理层之间的交流机制,将为集群知识传递提供丰富的转移途径;

2) 每一步长均断键重连的动态网络,能反映现实中集群企业间不断变化的合作关系,对知识转移有积极影响。集群企业应阶段性地开展多样化的交互活动,如周期性地举办不同主题的技术座谈会和经验交流会,有利于提高知识转移成效;

3) 加强培育集群企业的知识吸收能力,能推动知识在集群网络中传递。因此,要鼓励集群企业重视对员工的定期培训,建立并培育学习型组织文化,以促进集群内的新知识转移。相比技术领先企业,提高集群中小企业的知识吸收能力,对知识传递的推动效果更为明显;

4) 集群企业普遍较高的知识刚性会显著阻碍知识在集群中的有效转移与采纳。将知识刚性控制在一定范围内是缓解产业集群知识锁定和路径依赖的有效途径,集群内部企业应重视知识刚性现象,对惯用知识和新知识做全面的比较分析,适时进行知识更替。

作为政府相关职能部门和产业集群管理机构,在集群管理工作中应鼓励并支持企业建立广泛的技术合作关系,构筑不同层面企业间的知识交流机制与共享平台,开展主题多样化的知识交流活动,吸纳新企业时应重视创新意识的考察,推进集群创新文化和创新网络的建设。产业集群内的企业则应加强共建共享集群知识网络的意识,既要与先进企业也要与后进企业建立多渠道的知识转移关系,不仅需要提升自主创新能力,也要提高知识吸收能力,学习和吸收新知识,避免过度依赖现有惯用技术而陷入知识锁定。

研究企业知识刚性现象,将其引入到产业集群网络的知识转移研究中,是对现有理论的重要扩展,能进一步认识企业间的知识转移影响因素,并帮助探索缓解集群知识锁定的途径。本文的研究主要针对具有小世界网络特征的产业集群,无标度或其他网络特征产业集群中的知识转移、涉及外部环境的集群知识转移等问题同样值得进一步研究,知识刚性特征及其量化分析也有待深入探讨。

#### 参 考 文 献:

- [1] Podolny J M, Page K L. Network forms of organization [J]. *Annual Review of Sociology*, 1998, 24: 57 - 76.
- [2] Audretsch D B, Feldman M P. R&D spillover and the geography of innovation and production [J]. *The American Economic Review*, 1996, 86(3): 630 - 640.
- [3] 王文平, 谈正达, 陈娟. 自主内生型产业集群中知识共享与创新资源投入关系研究 [J]. *中国软科学*, 2007, (6): 44 - 49.  
Wang Wenping, Tan Zhengda, Chen Juan. A study of the relationship between knowledge sharing and input of innovation resources in independent endogenous industrial clusters [J]. *China Soft Science Magazine*, 2007, (6): 44 - 49. (in Chinese)
- [4] 吴波. FDI 知识溢出与本土集群企业成长——基于嘉善木业产业集群的实证研究 [J]. *管理世界*, 2008, (10): 87 - 95.  
Wu Bo. FDI knowledge spillovers and growth of local cluster firms: An empirical research on Jiashan wood industrial cluster [J]. *Management World*, 2008, (10): 87 - 95. (in Chinese)
- [5] 盛世豪. 经济全球化背景下传统产业集群核心竞争力分析——兼论温州区域产业结构的“代际锁定” [J]. *中国软科学*, 2004, (9): 114 - 120.  
Sheng Shihao. Analysis on core competitiveness of traditional industrial cluster under the background of economic globalization—Also on ‘lock-in’ of regional industrial structure in Wenzhou [J]. *China Soft Science Magazine*, 2004, (9): 114 - 120. (in Chinese)
- [6] Meyer-Stamer. Path dependence in regional development: Persistence and change in three industrial clusters in Santa Catarina, Brazil [J]. *World Development*, 1998, 26(8): 1495 - 1511.
- [7] Hassink R. How to unlock regional economics from path dependency? From learning regional to learning cluster [J]. *European Planning Studies*, 2005, 13(4): 521 - 535.
- [8] 谭劲松, 何铮. 集群自组织的复杂网络仿真研究 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(4): 1 - 14.

- Tan Jinsong , He Zheng. Self-organization of industrial cluster: A computer simulation from complex network perspective [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2009 , 12( 4) : 1 - 14. ( in Chinese)
- [9] 蔡彬清, 陈国宏, 李美娟. 基于自组织的产业集群演化中的锁定效应研究 [J]. *科技进步与对策* , 2008 , 25( 7) : 90 - 92.
- Cai Binqing , Chen Guohong , Li Meijuan. Research on the lock-in effect in the evolution of industrial cluster based on self-organization theory [J]. *Science & Technology Progress and Policy* , 2008 , 25( 7) : 90 - 92. ( in Chinese)
- [10] Szulanski G. The process of knowledge transfer: A diachronic analysis of stickiness [J]. *Organization Behavior and Human Decision Processes* , 2000 , 82( 1) : 9 - 27.
- [11] Levin D Z , Cross R. The strength of weak ties you can trust: The mediating role of trust in effective knowledge transfer [J]. *Management Science* , 2004 , 50( 11) : 1477 - 1490.
- [12] 胡汉辉, 潘安成. 组织知识转移与学习能力的系统研究 [J]. *管理科学学报* , 2006 , 9( 3) : 81 - 87.
- Hu Hanhui , Pan Ancheng. Systemic study on organizational knowledge transfer and learning capability [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2006 , 9( 3) : 81 - 87. ( in Chinese)
- [13] Ambos T C , Ambos B. The impact of distance on knowledge transfer effectiveness in multinational corporations [J]. *Journal of International Management* , 2009 , 15( 1) : 1 - 14.
- [14] 孙耀吾, 卫英平. 高技术企业联盟知识扩散研究——基于小世界网络的视角 [J]. *管理科学学报* , 2011 , 14( 12) : 17 - 26.
- Sun Yaowu , Wei Yingping. Study on knowledge diffusion of high-tech enterprise alliance from the small-world network perspective [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2011 , 14( 12) : 17 - 26. ( in Chinese)
- [15] 王文平, 张 兵. 动态关系强度下知识网络知识流动的涌现特性 [J]. *管理科学学报* , 2013 , 16( 2) : 1 - 11.
- Wang Wenping , Zhang Bing. Emergence characteristics of knowledge flow in knowledge networks under dynamic relationship strengths [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2013 , 16( 2) : 1 - 11. ( in Chinese)
- [16] Liao S H , Fei W C , Liu C T. Relationships between knowledge inertia , organizational learning and organization innovation [J]. *Technovation* , 2008 , 28( 4) : 183 - 195.
- [17] Zhou Z , Chen Z G. Formation mechanism of knowledge rigidity in firms [J]. *Journal of Knowledge Management* , 2011 , 15( 5) : 820 - 835.
- [18] 席运江, 党延忠, 廖开际. 组织知识系统的知识超网络模型及应用 [J]. *管理科学学报* , 2009 , 12( 3) : 12 - 21.
- Xi Yunjiang , Dang Yanzhong , Liao Kaiji. Knowledge super network model and its application in organizational knowledge systems [J]. *Journal of Management Sciences in China* , 2009 , 12( 3) : 12 - 21. ( in Chinese)
- [19] Barney J. Firm resources and sustained competitive advantage [J]. *Journal of Management* , 1991 , 17( 1) : 99 - 120.
- [20] Grant R M. Towards a knowledge-based theory of the firm [J]. *Strategic Management Journal* , 1996 , 17: 109 - 122.
- [21] 王 江, 樊治平. 核心知识、知识运作能力与企业可持续竞争优势 [J]. *研究与发展管理* , 2003 , 15( 4) : 29 - 34.
- Wang Jiang , Fan Zhiping. Core knowledge , knowledge-operational capability and enterprise sustainable competitive advantage [J]. *R&D Management* , 2003 , 15( 4) : 29 - 34. ( in Chinese)
- [22] Leonard-Barton D. Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development [J]. *Strategic Management Journal* , 1992 , 13: 111 - 125.
- [23] Tallman S , Jenkins M , Henry N , et al. Knowledge , clusters , and competitive advantage [J]. *Academy of Management Review* , 2004 , 29( 2) : 258 - 271.
- [24] Cohen W M , Levinthal D A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation [J]. *Administrative Science Quarterly* , 1990 , 35( 1) : 128 - 152.
- [25] Zahra S A , George G. Absorptive capacity: A review , reconceptualization , and extension [J]. *Academy of Management Review* , 2002 , 27( 2) : 185 - 203.
- [26] Mu J F , Tang F C , MacLachlan D L. Absorptive and disseminative capacity: Knowledge transfer in intra-organization networks [J]. *Expert Systems with Applications* , 2010 , 37( 1) : 31 - 38.
- [27] Liao S H. Problem solving and knowledge inertia [J]. *Expert Systems with Applications* , 2002 , 22( 1) : 21 - 31.
- [28] Davis F D. Perceived usefulness , perceived ease of use , and user acceptance of information technology [J]. *MIS Quarterly* ,



1989, 13(3): 319–340.

- [29]蔡 宁,吴结冰,殷 鸣. 产业集群复杂网络的结构与功能分析[J]. 经济地理, 2006, 26(3): 378–382.  
Cai Ning, Wu Jiebing, Yin Ming. The structure and function of industrial clusters complex networks [J]. Economic Geography, 2006, 26(3): 378–382. (in Chinese)
- [30]冯 锋,王 凯. 产业集群内知识转移的小世界网络模型分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2007, (7): 88–91.  
Feng Feng, Wang Kai. Analysis on knowledge transfer based on small-world network model in the industrial cluster [J]. Science of Science and Management of S&T, 2007, (7): 88–91. (in Chinese)
- [31]Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of “small-world” networks [J]. Nature, 1998, 393(4): 440–442.
- [32]卫龙宝,阮建青,傅昌奎. 产业集群升级、区域经济转型与中小企业成长: 基于浙江特色产业集群案例的研究 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2011.  
Wei Longbao, Ruan Jianqing, Fu Changkuan. Industrial Cluster Upgrading, Regional Economic Transformation And Growth of SMEs: Case Studies On Zhejiang-Style Industrial Clusters [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2011. (in Chinese)
- [33]解学梅,隋映辉. 科技产业集群持续创新的周期演化机理研究[J]. 科研管理, 2008, 29(1): 107–114.  
Xie Xuemei, Sui Yinghui. The study on the life cycle’s evolution mechanism of the S&T industrial cluster constant innovation [J]. Science Research Management, 2008, 29(1): 107–114. (in Chinese)

## Simulation of knowledge transfers in industrial cluster networks: A firm’s knowledge rigidity perspective

ZHOU Zhong, CHEN Zhi-gao\*

School of Business, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China

**Abstract:** Knowledge rigidities in firms make them stick to existing knowledge and impede the inflow of new external knowledge. This paper explores knowledge transfer behaviors among the cluster firms from a firm’s knowledge rigidity perspective, which helps investigate the factors inducing knowledge lock-in and path dependency in industrial clusters. To conduct a simulation of knowledge transfer behaviors in cluster networks with small-world characteristics, state variables, such as firm’s knowledge rigidity, knowledge absorptive capacity and so on, are defined. Knowledge rigidity impact rule, shortest path rule and knowledge transfer rule are also designed. The simulation data and analysis results show that the firms’ knowledge rigidities influence the knowledge transfers in clusters significantly. Controlling cluster firms’ knowledge rigidities and building diversified learning and cooperation relationships in different channels can expand the scope of the knowledge transfer and improve its effectiveness. These are effective solutions to ease the knowledge lock-in and path dependence in industry clusters.

**Key words:** knowledge rigidity; industrial cluster; knowledge network; knowledge transfer; small-world network