

企业集群技术创新扩散过程的博弈分析

赵 骅, 吴丹黎

(重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400044)

摘 要:企业集群是生产某一类产品的大量中小企业的集聚,大部分集群创新能力较弱的现状,使得技术外部引进和内部扩散成为其提升技术水平的主要途径。基于技术创新扩散产业化过程的实际研究,本文构建了主导企业和追随企业的竞争及收益函数的博弈模型,分析了产业环境下创新技术向集群内部的扩散和在集群内部企业间的扩散,通过主导企业和追随企业不同竞争阶段收益的比较,揭示了企业集群技术创新扩散产业化形成的条件,提出了促进技术创新扩散的建议。

关键词:网络结构;企业集群;技术创新扩散

中图分类号:F202 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2010)05-0037-05

1 文献综述

技术创新是企业核心竞争力的主要来源之一,而创新成果的扩散更有利于国家或地区技术创新能力和竞争力的提高。技术创新扩散是创新技术通过一定渠道在潜在使用者之间传播采用的过程^[1]。通过扩散,技术创新逐渐为潜在使用者所采用,从而提高产业内各企业的技术水平,加快提高技术创新的经济效益。技术创新的扩散诱导出大量的相关创新并且进一步形成扩散,从而促进企业集群的形成,企业集群又会促进新一轮创新的进行,由此形成创新—扩散—创新的经济周期。因此,研究在特定的企业集群区内技术创新扩散的绩效能够使企业集群内各主体更好地认识到扩散的重要性。

对企业集群的理论研究大致经历了从马歇尔的产业区理论^[2]到以麦莱特等为代表的区域创新环境理论^[3](local innovation milieu)的演进过程,对企业集群的研究焦点从关注静态效率优势转变到关注集群本地网络互动、技术扩散机制、学习行为和群体创新行为等。其中,企业集群的技术创新扩散成为该领域的一个热点话题。

Mahajan 和 Wind 认为新技术的扩散过程可以用 S 型曲线来描述,即已经采纳新技术的使用者占所有使用者的比例随时间的变化会呈现出 S 型曲线变化^[4]。Mansfield 在他的“传染”学说中最早提出技术扩散是一种传染过程,该学说认为技术创新在企业中的扩散过程是一个模仿过程,采用技术创新的企业越多,企业受到的影响就越大,因而采用技术

的可能性就越大^[5]。Lekvall 和 Wahlbin 提出的修正指数函数模型^[6],将技术扩散完全归于系统的外部因素,没有考虑系统中已经采纳新技术的用户对未采纳者的影响,因此该模型被称为外部影响模型。该模型也是 Mahajan、Meade 和 Islam 对技术扩散理论进行综述研究的基本技术扩散模型之一。Jensen 和 McCandle 认为如果企业预期的收益水平高于采用新技术的成本,那么企业就会引进新技术。由此可见,对于概率模型的应用是以企业对于自身收益的角度进行考虑,以理性假设来预测企业的技术决策。Soete 等认为只要企业间技术进步的速率存在差异,那么其中一项技术的优势就会得到持续的强化,并不断扩大市场份额,也就是说后来的采纳者只是做了与早期采纳者同样的选择^[7],因为一个企业的技术引进行为将提高其他企业对新技术收益率的预期^[8],这个过程被称为“信息阶梯”。随着信息技术的发展,计算机仿真模型也逐渐应用于技术扩散理论的研究。其中,元胞自动机(cellular automata, CA)的应用最广泛。Bhargava 模型^[9]是技术扩散领域最早出现的 CA 模型,此外较早的还有 Boccara 和 Efroni 建立的一个二维的 CA 模型^[10],可以比一维网格更为形象地表示现实个体之间形成的关系网。

毛凯军等提出了适合我国国情的“外向型”技术学习模式,即集群中的企业,特别是龙头企业从集群外部获取所需的技术,并主要以非正式的技术学习方式在集群内部扩散^[11]。王文平、谈正达等通过对我国自主内生型企业集群的研究,认为企业的最优

收稿日期:2010-03-04

作者简介:赵骅(1964—),男,重庆市人,重庆大学经济与工商管理学院教授,博士生导师,研究方向:企业集群与战略管理;吴丹黎(1984—),女,陕西宝鸡人,重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生,研究方向:战略管理。

知识共享程度与集群规模无关,是关于知识共享深度、私有知识和公共知识的产出弹性的函数^[12]。李敏等人将义乌无缝技术扩散数据应用于 BASS 等 4 种基本扩散模型,发现 BASS 模型最优,另外通过比较 BASS 模型与 SIR 模型的异同指出了 BASS 的局限性,并提出修正方向^[13]。祝数金等采用元胞自动机演化模型来模拟技术扩散过程,认为企业内部的吸收能力对于企业创新乃至整个经济系统的技术扩散有不可忽视的作用^[14]。

以上这些关于技术创新扩散的研究大部分仅就技术创新扩散对企业集群的重要影响进行探讨,缺乏对技术创新扩散的形成机制进行研究;或是对企业集群技术创新扩散形成机制研究缺乏数量模型,难以定性阐述;再者,缺乏从社会网络的角度进行企业集群技术创新扩散的研究,忽略了网络中行为主体互动对其扩散决策行为的影响等问题。本文基于网络结构的视角,构建了产业环境下创新技术产品向集群内部的扩散和在集群内部企业间的扩散的博弈模型,通过创新者和追随者不同竞争阶段收益的比较,揭示了企业创新技术产业化产生先动优势的实质。

2 集群外部技术创新向集群内部的扩散

2.1 企业集群网络结构特征对技术创新扩散的影响

集群企业网络,是集群内独立而关联的企业在相互作用的过程中,彼此建立起的各种相对稳定的正式和非正式关系的总和,是一种集聚形态的企业网络。在企业集群的初期阶段,群内企业间的连结不够紧密、合作较少,企业间关系多是市场性的弱关系,合作创新的几率较小,因此,要想提升集群的技术水平,就必须从外部引进新技术。这个过程就是集群外技术创新向集群内扩散的过程。

在新技术向集群内部的扩散过程中,主要有新技术的提供者和集群内部的潜在采用者两类行为主体。集群内的潜在采用者在决策时,不仅考虑自己的实际状态和新技术所能带来的收益值,而且会考虑其他行为主体的决策。从集群内部企业网络的视角考虑,这里存在着集群内部企业间的博弈过程。由于技术创新的特点、集群的特殊环境及企业自身条件的限制,因此群内的企业在采用群外技术创新时存在一定的壁垒,当地的政府应积极采取措施来消除新技术向集群内扩散的壁垒。

2.2 集群外部技术创新向集群内部扩散的博弈模型

2.2.1 模型构建

假设 1:企业集群中存在着一个主导企业和一个非主导企业,且主导企业和非主导企业有直接的

竞争关系。

假设 2:主导企业规模为 Q_1 ,非主导企业规模为 Q_2 ($Q_1 > Q_2$)。

假设 3:技术创新给企业集群带来的收益为 R , R 在两企业间按资源规模进行分配;若两者都选择了等待的策略,则不会获得因采用新技术而获得的收益,此时,两者得益都为 0。

假设 4:单个企业采用新技术所花费的成本为 C_1 ,两者同时采用新技术,各花费成本 C_2 。由于地理上的邻近,因此两者在采用新技术过程中可以相互学习借鉴,发挥各自的优势,产生“ $1 + 1 > 2$ ”的效应,所以 $C_2 < C_1$ 。

假设 5:假设此博弈是完全信息静态博弈。两者在地理上临近并具有实际状态的相似性,因此,对对方的信息都比较了解,非常清楚对方的得益情况。

假设 6:决策无先后次序。双方对集群外的一项新技术产生认知后,同时进行是否采用此创新的决策。

假设 7:假定企业模仿新技术的成本为 0。地理上的邻近,使得企业可以通过很多非正式的手段来获取新技术,如企业间人员的流动和企业间人员的非正式交流等,企业通过这些手段获取新技术花费的成本,远远小于企业直接采用集群外部新技术而花费的成本,由此可将其忽略不计。

假设 8:假定采取等待策略的企业肯定会去模仿先采用新技术的企业。由于新技术会带来收益,加之模仿成本很低,因此,企业会去模仿。

		非主导企业	
		创新	等待
主导企业	创新	$R/(+) - C_2,$ $R/(+) - C_2$	$R/(+) - C_1,$ $R/(+)$
	等待	$R/(+),$ $R/(+) - C_1$	0,0

图 1 潜在企业博弈得益矩阵

2.2.2 模型分析

1)当 $R/(+) - C_1 < 0$ 且 $R/(+) - C_2 < 0$ 时,此博弈的纳什均衡为(等待,等待)。此时,企业考虑自身的实际状态和集群的特殊环境,选择等待策略。

2)当 $R/(+) - C_1 > 0$ 或 $R/(+) - C_2 > 0$ 时,会出现(创新,等待)和(等待,创新)两个纳什均衡,其中,前者对非主导企业有利,后者对非主导企业有利。由于没有必然的结论会出现哪一个均衡,因此可先根据得益矩阵求该博弈的混合策略纳什均衡。设主导企业采用等待和创新的概率分别为 P_{i1} 和 P_{w1} , $P_{i1} + P_{w1} = 1$ 。主导企业的混合战略必须使企业 2 选择等待与选择立即采用创新的期望得益相同,即

$$P_{i1} (R / (+) - C_2) + P_{w1} (R / (+) - C_1) = P_i R / (+) + P_{w1} \times 0。$$

可得, $P_{i1} C_2 = P_{w1} (R / (+) - C_1)。$

所以有

$$P_{w1} = \frac{C_2}{/ (+) + C_2 - C_1};$$

$$P_{i1} = \frac{R / (+) - C_1}{/ (+) + C_2 - C_1}。$$

$$P_{w2} = \frac{C_2}{/ (+) + C_2 - C_1};$$

$$P_{i2} = \frac{R / (+) - C_1}{/ (+) + C_2 - C_1}。$$

此时,主导企业的期望收益为:

$$E(R_1) = P_{i1} P_{i2} (R / (+) - C_2) + P_{i1} P_{w2} (R / (+) - C_1) + P_{w1} P_{i2} R / (+)。$$

解得:

$$E(R_1) = \frac{R / (+) - C_1}{/ (+) + C_2 - C_1} R / (+)。$$

当两个企业都采用创新时,主导企业的收益为:

$$R_1 = R / (+) - C_2。$$

因此,有

$$R_1 - E(R_1) = \frac{C_2 (C_1 - C_2)}{R / (+) + C_2 - C_1}。$$

同理,可得非主导企业在两个企业都创新时的收益和,即

$$R_2 = R / (+) - C_2,$$

$$R_2 - E(R_2) = \frac{C_2 (C_1 - C_2)}{R / (+) + C_2 - C_1}。$$

由于 $C_1 > C_2$, $R / (+) - C_1 > 0$, $R / (+) - C_1 > 0$,因此 $R_1 - E(R_1) > 0$, $R_2 - E(R_2) > 0$,即混合策略均衡给两者带来的收益,小于两者同时采用新技术时产生的收益,并且大于(等待,等待)均衡时的收益。

通过对集群内企业采用群外新技术的博弈分析,可以看到:

1) 由于集群内部易于模仿的特殊环境,因此当新技术所带来的收益不能弥补企业单独采用新技术而花费的成本时,作为以盈利为目标的企业不会选择立即采用新技术。

2) 在 C_1 一定的情况下, R 越大,亦即创新收益率(R / C_1)越高,在技术创新博弈均衡时,企业选择创新的可能性越大。这表明对一些收益显著的技术创新,尽管存在较大的外溢性,企业集群中主导企业技术创新积极性仍然很高,因为创新收益远不比不创新收益为高,而且主导企业在享受创新收益时有可能向其他企业转嫁部分创新成本。

3) 两者通过协商后同时采用新技术的收益是最大的。因此,当地政府要促进群外新技术向集群内部扩散,激励群内的企业能积极地采用新技术,首先

是要降低企业采用新技术的成本,使企业有动力去采用新技术;其次,政府应该促进集群内部企业之间的沟通,使企业能联合起来采取新技术以获得最大的收益。

3 新技术在集群内部扩散的博弈模型

在地方政府积极扩散的引导下,集群内会有少数企业率先采用创新技术,他们被称为创新采用企业。创新采用企业的内部条件较好,企业资源可获得性、R &D 水平、企业家素质都相对较高,一般为集群中的核心企业。一旦企业采用技术创新而获得利润,集群内相类似的企业会在自身利润最大化的驱动下,积极通过合适途径获取技术创新,技术创新在集群内得到迅速扩散。

在成熟的企业集群内,大型核心企业成为技术创新扩散的扩散源,众多的中小企业则是攻关技术成果的收益者。企业间形成的专业化分工与合作,使得集群企业网络各结点的联结将更加紧密,技术创新资源的流动将更加频繁。隐性的社会网络和人 际关系网络等非正式网络体现出来的作用也更加强大,隐形知识、技术、信息在集群内的流动,交流也更为顺畅,这些都极大地促进了群内企业的技术创新扩散速度和效率,提高了创新扩散绩效。

3.1 模型假设

假设 1:假设集群内有技术创新的核心企业 1 和周边中小企业 2。企业 1 有一项价值为 P 的技术,其应用后的利润为 R ,且 R 在两企业间按企业规模分配。

假设 2:在博弈模型中,博弈方 1 代表创新采用企业,博弈方 2 代表潜在采用企业。假定潜在采用企业一旦未能接受技术扩散就会采取模仿策略取得成功,且模仿成本不高。可以这样推理:由于集群内企业在地理上的邻近,必然会加速企业间人员的流动和交流,技术创新的可观察性也得到加强,因此,在集群这一特殊的环境中,技术是很容易被模仿的。

假设 3:假设集群知识溢出效应系数为 α ,即企业 2 在未接受技术扩散的情况下,也会得到新技术带来的收益。

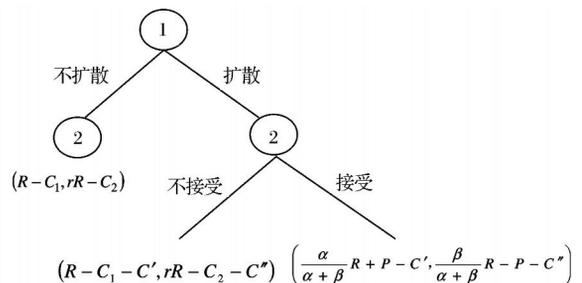


图 2 集群内技术创新扩散博弈树

3.2 模型分析

企业 1 作为技术扩散源,指的是技术原始创新者或者集群内技术唯一拥有者;企业 2 相当于技术扩散接受者。企业 1 有两种可选策略:扩散和不扩散。采取“扩散策略”,企业 1 获得扩散收益的同时,也失去了技术垄断收益;采取“不扩散”策略,企业 1 需采取措施来保护自己的创新技术不被泄露。企业 2 也有两种策略:接受和不接受。采取“接受”策略,企业 2 获得额外收益的同时,需要支付受让技术费;采取“不接受”策略,企业 2 可以通过花费额外的信息搜寻成本来享受企业 1 的技术溢出收益。

C_1 表示创新采用企业因垄断新技术而付出的成本; C_2 表示潜在采用企业的模仿成本; C 和 C 分别代表企业 1 和企业 2 的谈判成本。

第一阶段是创新采用企业的选择阶段,选择内容为是否转让新技术。如选择不转让,创新采用企业则独自享用新技术带来的收益 R ,并支付由于垄断新技术而付出的成本 C_1 。潜在采用企业则因集群知识溢出效应得到相应的部分收益 R ,并支付新技术搜寻和模仿成本 C_2 。如果创新采用企业在第一阶段选择主动转让新技术的策略,那么潜在采用企业在第二阶段有接受和拒绝两种策略。若选择接受策略,那么两者得益分别为 $(\frac{R}{+} + P - C, \frac{R}{+} - P - C)$,其中 P 为转让价格。若选择不接受策略,则两者收益分别为 $(R - C_1 - C, rR - C_2 - C)$,企业 1 独得垄断收益,而企业 2 因为集群的溢出效应而分得相应的收益。

由于集群的特殊环境,上述博弈方非常清楚对方的得益情况,对对方的行为选择也很容易观察到,因此,该博弈属完美信息动态博弈。下面先分析企业 2 在第二阶段的选择。首先,有

$$(rR - C_2 - C) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) = \left(\frac{R}{+} - P - C \right) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) = \left(\frac{R}{+} - P - C \right) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right)$$

采用新技术会获得较大收益,而且根据假设 2,集群内企业模仿成本不会很高,因此本文认为转让价格大于模仿成本,即 $P - C_2 > 0$ 。下面再讨论 $\frac{R}{+}$ 的大小。

若 $> \frac{R}{+}$ 时, $(rR - C_2 - C) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) > 0$,企业 2 在第二阶段会选择不接受扩散,对企业 1 来说, $R - C_1 > R - C_1 - C$,因此企业 1 在第一阶段选择不扩散。可以这样理解,因为企业 1 如果 1 在第一阶段选择扩散,而企业

2 选择不接受的话,企业 1 还要支付一定的谈判费用,所以企业 1 宁愿选择不扩散。

$$\text{若 } < \frac{R}{+}, (rR - C_2 - C) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) = \left(\frac{R}{+} - P - C \right) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) = \left(\frac{R}{+} - P - C \right) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right)$$

根据假设 2,采用新技术会获得较大收益,所以有 $\left| (p - c_2) / \left(\frac{R}{+} \right) \right| < 1$,即 $(rR - C_2 - C) - \left(\frac{R}{+} - P - C \right) < 0$,企业 2 选择接受技术扩散。

$$\text{此时,对于企业 1 来说,} (R - C_1) - \left(\frac{R}{+} + P - C \right) = \frac{R}{+} + C - C_1 - P。$$

由于集群内易于模仿的环境,企业 1 要采取措施来保护自己的创新技术不被泄露,获得垄断收益,必须付出较大代价,即大于追随企业共享此项技术可以分得的利益,因此,本文认为 $C_1 > \frac{R}{+}$;此外,由于集群地理环境集中,谈判费用可视为较小,因此, $C < P$ 。所以有, $(R - C_1) - \left(\frac{R}{+} + P - C \right) = \frac{R}{+} + C - C_1 - P < 0$,即企业 1 会选择主动扩散新技术。

3.3 结论

1) 当 $> \frac{R}{+}$ 时,知识溢出效应大于潜在接受企业的利润分配比例,由于不接受扩散比接受扩散收益更大,因此潜在接受企业选择不接受扩散。而主导企业由于无法得到转让新技术该有的收益,而知识溢出效应又使得它无法独享采用新技术所带来的收益,因此,主导企业主动创新或者接受技术创新的积极性会受到挫伤,从源头上影响了整个集群技术扩散进程。政府是技术扩散不可缺少的推动者,这是因为集群中企业积极地进行技术扩散可以大大地提高整个集群经济的总体平均技术水平,增强群体企业竞争力,从而实现政府的最终目标,即社会整体利益最大化。因此,政府可以通过完善专利法、知识产权保护法等法律,保护企业创新技术不被泄露,即值的降低,使得其他企业通过非正当手段分享创新企业技术创新成果的可能性大大降低,提高技术需求方接受技术的积极性。

2) 企业是技术扩散的主要参与者,因此从企业的角度来设计技术扩散机制更贴近实际。第一,从技术扩散源(创新技术供给方)角度来考虑,关键在于设计有效地激励机制,充分调动企业科技创新人员的积极性,鼓励其进行技术创新,提高产品的科技

含量,则垄断收益 R 以及技术转让收益 P 相应提高,最终使得技术扩散收益的值达到最大化。第二,从技术扩散需求方(扩散受体)角度来考虑,企业处于成本及市场多变的考虑,而且技术扩散方多以中小企业为多,其消化吸收新技术成果的能力比较弱,因此,企业规模越大,即 $\frac{1}{n}$ 越大,其接受技术扩散的积极性越高。

3)最后,政府还应该加强知识产权保护。知识产权保护不只应对创新扩散方利益进行保护,当采用者在接受扩散成果时,其采用过程的再创新也是需要产权保护的。这样,后采用创新技术的企业就很难通过技术追随战略,以低成本获得“后发优势”,从而在一定程度上保证了率先采用创新技术企业的收益。

参考文献

- [1] 朱海就,陆立军,袁安府.从企业网络看产业集群竞争力差异的原因[J].软科学,2004(1):53-56.
- [2] MARSHALL A. Principles of Economics [M]. London: Macmillan, 1920:1-32.
- [3] MAILLAT D. Territorial dynamic, innovative milieu and regional policy[J]. Entrepreneurship and Regional Development, 1995(7):157-165.
- [4] MAHAJAN V, WIND Y. Innovation Difusion Models of New Product Acceptance [M]. Massachusells: Ballinger Cambridge, 1986:3-25.
- [5] MANSFIELD E. Technology change and the rate of initiation[J]. Econometrics, 1961, 29:741-765.
- [6] LEKVALL P, WAHLBIN C. A study of some assumptions underlying innovation diffusion function[J]. Swedish Journal of Economics, 1973, 75:362-377.
- [7] SOETE L, TURMER R. Technology diffusion and the rate of technological change [J]. The Economic Journal, 1984, 94:612-613.
- [8] VETTAS K. Demand and supply in new markets diffusion with bi-lateral learning [J]. Rand Journal of Economics. 1998, 29:215-233.
- [9] BHARGAVA S C, KUMAR A, MU KHERJEE A. A stochastic edllular automata model of innovation diffusion [J]. Technological Forecasting and Social Change, 1992, 44:87-97.
- [10] GOLDBERBERGA J, EFRONI S. Using cellular automata modeling of the emergence of innovations[J]. Technological Forecasting & Social Change. 2001, 68:293-308.
- [11] 毛凯军,李纪珍,吴贵生.我国产业集群“外向型”技术学习模式研究[J].中国软科学,2007(7):128-135.
- [12] 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.
- [13] 李敏,杨建梅,欧瑞秋. Bass 模型在无缝技术扩散中的应用及新发现[J].科技管理研究,2007(7):33-40.
- [14] 祝数金,赖明勇,聂善炎.基于元胞自动机的技术扩散和吸收能力问题研究[J].系统工程理论与实践,2006(8):63-69.

Game Analysis on Technological Innovation Diffusion Process for Enterprise Cluster

Zhao Hua, Wu Danli

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Enterprise cluster is the cluster of a large number of SMEs with certain products. As the present situation with a weak innovative ability of most clusters, import and internal diffusion of technological innovation is the main way to enhance the technical level. Based on the practical studies on the industrialization process of technological innovation diffusion, this paper builds a game model about the profit function and competition between leading enterprises and following enterprises, and analyze the process of import and internal diffusion of new technology within a enterprise cluster in industrial environment. Then this paper reveals the condition for the form of industrialization of enterprise technological innovation, and proposes some suggestions for promoting enterprise technological innovation diffusion sby comparing the benefits of leading enterprises and following enterprises at different stages.

Key words: network structure; enterprise cluster; technological innovation diffusion