

# 考虑知识溢出下产业集群创新网络协同知识创造决策分析

庄彩云<sup>1</sup>, 陈国宏<sup>1,2†</sup>

(1. 福州大学 经济与管理学院, 福州 350116; 2. 阳光学院 商学院, 福州 350015)

**摘要:** 协同知识创造对于企业维持和获取竞争优势具有重要作用,但是知识外溢会对企业的竞争力造成威胁,从而使企业在创新网络协同知识创造决策时陷入两难困境. 鉴于此,通过构造由一个核心企业和  $n$  个从属企业组成的创新网络在协同知识创造过程中知识投入决策 Stackelberg 博弈模型,引入知识内溢系数、私有知识、知识外溢损失等变量,探讨知识溢出下,网络成员的知识投入决策和知识产出分配问题. 研究结果表明:核心企业与从属企业的知识投入比和知识投入总量与协同知识创造绩效和知识内溢收益之和有关,而与私有知识外溢的损失无关;集群创新网络协同知识创造机制得以运行的条件是核心企业的知识创造收益(即知识创造绩效与知识内溢收益之和)足够大;核心企业的知识投入比与其边际收益和知识内溢系数正相关,与从属企业的边际收益和知识内溢系数负相关;协同知识创造过程中从属企业会根据其边际收益和知识内溢系数按比例分配知识的投入比.

**关键词:** 创新网络; 产业集群; 知识溢出; 协同知识创造; 知识投入决策; Stackelberg 博弈

中图分类号: F270

文献标志码: A

## Decision making analysis of collaborative knowledge creation in industrial cluster innovation network considering knowledge spillover

ZHUANG Cai-yun<sup>1</sup>, CHEN Guo-hong<sup>1,2†</sup>

(1. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China; 2. Business School, Yango University, Fuzhou 350015, China)

**Abstract:** Collaborative knowledge creation is important for firms to maintain and gain new competitive advantages, but knowledge outgoing spillover harms their competitive advantages, which puts them into a dilemma when making knowledge creation decision in innovation network. In this paper, the collaborative knowledge creation in innovation network is modeled as a Stackelberg leader-follower game with one core firm and multisubordinate firms. We discuss the knowledge input decision and knowledge output allocation of network members by introducing the knowledge incoming spillover coefficient, private knowledge, knowledge outgoing spillover loss and other variables. Through the analysis, we find that: 1) The core firm and the subordinate firm's knowledge input rate and the total amount of knowledge input are related with gains from collaborative knowledge creation fruits and knowledge incoming spillover profit, but are not related with private knowledge outgoing spillover loss; 2) The condition that the collaborative knowledge creation mechanism in cluster innovation network runs is that the core firm's knowledge creation profit (i.e. gains from knowledge creation fruits and knowledge incoming spillover profit) is big enough; 3) The core firm's knowledge input rate is positively related to its marginal gain and the knowledge incoming coefficient, and it is negatively related to the subordinate firm's marginal gain and knowledge incoming coefficient; 4) In the process of collaborative knowledge creation, the subordinate firms will allocate the investment rate of knowledge according to the marginal gain and the knowledge incoming coefficient.

**Keywords:** innovation network; industrial cluster; knowledge spillover; collaborative knowledge creation; knowledge input decision; Stackelberg game

## 0 引 言

随着知识经济时代的到来,企业维持竞争力主要来源于创新驱动,而新知识的创造是企业创新的

主要来源. 知识的创造过程是复杂和动态变化的,具有较大的不确定性,而企业自身的知识资源有限,因此单个企业难以独立完成知识创造过程,需要通过与

收稿日期: 2017-12-25; 修回日期: 2018-05-22.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70973022, 71403052); 国家社会科学基金后期项目(15FGL005); 福建省软科学基金项目(2015R0002); 福建省高校新世纪优秀人才计划项目(闽教科2015[54]号); 福建省社会科学规划项目(FJ2016C030).

责任编辑: 刘宝碇.

†通讯作者. E-mail: cgh@fzu.edu.cn.

其他企业结成知识创造联盟,形成优势互补,协同知识创造.产业集群创新网络以其特有的地理集聚优势和丰富的知识资源,为企业间的协同知识创造提供了有效的平台.企业协同知识创造过程中,需要通过知识共享和知识创造投入来确保目标的实现,有效的知识共享和知识投入对知识创造产出具有重要的影响<sup>[1]</sup>.然而,知识溢出是创新网络成员协同知识创造中遇到的不可避免的问题.产业集群由于其特有的地理位置优势,使得企业间紧密合作过程中的知识溢出更为明显. Das等<sup>[2]</sup>研究指出战略联盟中企业未经授权的学习会导致企业知识不必要的转移,使得企业知识流入联盟成员中,导致企业陷入既希望获得知识创造成果又担心知识溢出的两重困境中.因此,在知识溢出的情况下,创新网络成员根据其在协同知识创造过程中所处的地位不同,如何合理有效地进行知识创造投入决策和知识产出分配成为迫切需要研究和解决的问题.

目前,众多学者对协同知识创造的相关问题进行了研究,研究内容包括知识创造的内涵、知识创造与企业竞争优势、影响知识创造的因素、知识创造合作伙伴选择问题等<sup>[3-6]</sup>.协同知识创造中的知识投入决策问题也持续受到学者们的关注,且较多采用博弈论的方法进行研究.如 Samaddar等<sup>[7]</sup>从是否考虑先验知识对知识资源共享的影响入手,建立了协同知识创造中组织间的知识投入决策主从博弈模型. Bandyopadhyay等<sup>[8]</sup>通过构建外包项目中的知识共享博弈模型,探讨了不同知识水平下博弈双方知识共享的最高收益. Szulanski等<sup>[9]</sup>讨论了知识前期转移和后期转移不同时间模式下的最优转移方法.蒋樟生等<sup>[10]</sup>运用 Stackelberg 博弈研究存在一个领导组织和多个从属组织组成联盟合作创新时的知识投入与知识转移决策情况.王智生等<sup>[11]</sup>通过主从博弈模型研究了前期知识投入对两个 R&D 联盟组织知识转移决策的影响.吴洁等<sup>[12]</sup>运用博弈论探讨了产学研合作中的知识转移问题,并指出博弈双方可通过系统内的知识产出量与吸收量控制对知识产出和知识吸收的投入.游静<sup>[13]</sup>从创新主体损失厌恶的角度指出,创新主体在协同情境下比独立创新情景下的损失厌恶情绪更强,提高资源投入分摊比例可降低损失厌恶的负面影响.刘纳新等<sup>[14]</sup>基于供应链企业的隐性知识共享视角,建立利润分配的静态博弈模型,讨论了隐性知识投入及吸收相关的成本、收益、利润问题.

协同知识创造为企业共享彼此的知识创造了有利的条件,同时也为合作伙伴获取企业不想贡献的

知识资源创造了条件.知识溢出是企业合作中需长期关注且不可避免的问题<sup>[15]</sup>. Kumar等<sup>[16]</sup>研究指出企业间合作知识创造往往伴随着不必要的知识转移与被内化. Manhart等<sup>[17]</sup>研究认为企业合作中不应只强调知识共享,同时也应当关注知识保护. Goossen等<sup>[18]</sup>指出在合作联盟中企业在关注知识内溢收益的同时往往忽视知识外溢的影响. Ding等<sup>[19]</sup>研究了一个领导组织和一个从属组织合作知识创造中,知识溢出对企业资源共享决策的影响,并指出控制企业知识创造努力与前期知识投入的比例可实现合作组织在知识共享的同时不会溢出知识. Ding等<sup>[20]</sup>研究表明通过促进合作伙伴的开放式学习和抑制隐藏学习可以有效解决知识共享困境.杨皎平等<sup>[21]</sup>引入知识势能的概念,通过数学模型解释知识溢出对集群的推动与阻滞作用,发现企业间的知识溢出对集群技术创新绩效的倒 U 型影响.曹勇等<sup>[22]</sup>通过战略性新兴产业企业的实证研究发现,知识溢出效应对创新意愿呈倒 U 型的影响.孙佳等<sup>[23]</sup>从可占有能力的视角通过博弈分析了企业合作研发中知识共享决策问题,发现企业可根据自身的可占有能力控制当期非知识资源与知识要素的投入比例,以限制知识的溢出.郑向杰等<sup>[24]</sup>考虑联盟创新网络的溢出效应和协同效应,通过博弈分析发现,有协同效应时企业不惧自身知识溢出的风险,愿意嵌入网络获取异质性知识.

综上所述,既有的研究成果为产业集群创新网络协同知识创造决策研究提供了重要的理论依据,但是仍然存在一些局限性.如现有研究在考虑知识溢出的影响时很少同时考虑知识内溢、知识外溢两个因素,但现实中这两个因素在企业协同知识创造时客观存在,同时考虑这两个因素更具现实意义;另外,主从博弈中考虑两个以上组织合作知识创造的情况,更符合创新网络构成的现实情况,更具有针对性.因此,基于与本文较为接近的文献 [7, 10, 19] 的研究,本文考虑知识溢出对创新网络协同知识创造决策的影响.通过引入知识内溢系数、私有知识、知识外溢损失等变量,运用 Stackelberg 主从博弈分析探讨知识溢出下集群创新网络中一个核心企业与多个伙伴企业(从属企业)协同知识创造的决策行为以及探讨影响协同知识创造维系的条件,旨在为创新网络成员维系最佳的竞争合作关系以及实现灵活管理提供决策支持.

## 1 问题描述与基本假设

产业集群创新网络成员由于各自拥有的知识资源和核心竞争力的差异,导致创新网络成员在网络

中地位不同,即核心企业(领导者)和从属企业(追随者)。因此,在协同知识创造决策的过程中,他们的决策行为呈主从递阶决策过程,构成一个Stackelberg主从博弈。为考察研究创新网络成员协同知识创造过程中的组织知识投入决策过程,假设如下:

1) 产业集群创新网络由一个核心企业 $L$ 与 $n$ 个从属企业 $F_i$ 组成。其中核心企业在知识创造的特定领域拥有更多的决策权,是协同知识创造决策过程中有较强实力的企业,有能力影响其他企业的决策,其余的 $n$ 个从属企业对该企业的决策做出反应。

2) 产业集群创新网络协同知识创造绩效 $P$ 与核心企业和从属企业在协同知识创造中的知识投入量密切相关,假设核心企业与从属企业在协同知识创造中投入的知识总和为 $K$ ,表示合作组织在协同知识创造中共同消耗的知识资源。知识投入 $K$ 的产出弹性为 $a$ ,协同知识创造绩效 $P$ 是知识投入 $K$ 的非线性函数,且为单调递增。

3) 协同知识创造绩效由所有参与成员共享,知识总投入 $K$ 由所有成员共同分担。各成员的知识投入占总知识投入的比例即为知识投入比,核心企业知识投入比用 $t$ 表示,从属企业知识投入比用 $t_i$ 表示( $0 \leq t \leq 1$ ),所有成员知识投入比之和为1。

4) 协同知识创造绩效能够转化为各成员的赢得,单位知识创造绩效转换为赢得的能力即知识边际收益,核心企业与从属企业的边际收益表示为 $\rho_L, \rho_i$ ,并令他们为常数<sup>[25]</sup>。

5) 知识溢出分为知识内溢和知识外溢。知识内溢指其他组织由于知识外溢流入到本企业中的知识,知识外溢指从本企业中溢流出到其他企业中的知识。核心企业和从属企业可以从知识内溢中受益,比如提升企业的能力、改变企业在产业中的地位、降低成本等<sup>[26]</sup>。本文参照文献[19],将知识内溢表示为知识创造绩效的相对比例,并用 $\mu_L$ 和 $\mu_i$ 分别表示核心企业和从属企业从知识内溢中获得的相对比例,即知识内溢系数。

6) 企业由于知识投入以外的知识(即私有知识)外溢给企业带来损失。分别用 $q_L$ 和 $q_i$ 表示核心企业和从属企业的私有知识,用 $\theta_L$ 和 $\theta_i$ 表示核心企业和从属企业由于知识外溢带来的边际损失。

7) Khanna等<sup>[27]</sup>研究指出,组织可以从合作知识创造中获得两种利益,一种是公共利益,一种是私人利益。公共利益即为协同知识创造的绩效,私人利益即为知识内溢带来的收益。因此,协同知识创造的收益 $\pi = (\text{协同知识创造绩效} + \text{知识内溢的收益}) -$

(知识投入 + 私有知识外溢损失),各组织都是理性的参与者,其目标是收益最大化。

## 2 主从博弈分析

产业集群创新网络协同知识创造过程是基于Stackelberg博弈的知识投入决策模型,分为以下两个阶段进行决策。第1阶段,核心企业(领导者)确定其知识投入水平,即知识投入比 $t$ ;第2阶段,各从属企业确定知识创造中知识总投入 $K$ 以及各自的知识投入比 $t_i$ ,以此作为对核心企业决策的反应。

首先考察协同知识创造绩效函数。基于假设2),本文在柯布道格拉斯生产函数的基础上,借鉴文献[28-29]的知识生产函数,构造本文的协同知识创造绩效为

$$P = AK^a + \varepsilon, \quad A > 0, \quad 0 < a < 1. \quad (1)$$

其中: $P$ 为协同知识创造绩效, $A$ 为企业将知识投入转化为绩效的能力水平, $K$ 为创新网络成员协同知识创造中投入的知识总和, $\varepsilon$ 为环境的不确定性。这里 $A$ 为正常数,假设 $\varepsilon$ 满足古典假设,期望值为0。因此协同知识创造的期望绩效为

$$P = AK^a. \quad (2)$$

基于假设3)和假设4),可将核心企业的期望收益表示为

$$\pi_L = \rho_L AK^a - Kt, \quad 0 \leq t \leq 1. \quad (3)$$

其中: $\rho_L$ 为核心企业的边际收益,是常数; $t$ 为核心企业的知识投入比。

基于假设5)~假设7),考虑知识内溢给企业带来的收益和知识外溢带来的损失,可将核心企业的期望收益表示为

$$\pi_L = \rho_L(1 + \mu_L)AK^a - Kt - \theta_L q_L, \quad 0 \leq t \leq 1. \quad (4)$$

其中: $\mu_L$ 为核心企业的知识内溢系数, $q_L$ 为核心企业的私有知识, $\theta_L$ 为核心企业知识外溢的损失。

同理,可将从属企业 $i$ 的期望收益 $\pi_{F_i}$ 表示为

$$\pi_{F_i} = \rho_i(1 + \mu_i)AK^a - Kt_i - \theta_i q_i, \quad 0 \leq t_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

其中: $\rho_i$ 为从属企业的边际收益,为常数; $\mu_i$ 为从属企业的知识内溢系数; $t_i$ 为从属企业的知识投入比; $q_i$ 为从属企业的私有知识; $\theta_i$ 为从属企业知识外溢的损失; $t + \sum_{i=1}^n t_i = 1$ 。

由式(4)和(5),集群创新网络协同知识创造的整

体期望收益为

$$\pi = \left[ \rho_L(1 + \mu_L) + \sum_{i=1}^n \rho_i(1 + \mu_i) \right] AK^a - K - \left( \theta_L q_L + \sum_{i=1}^n \theta_i q_i \right). \quad (6)$$

在核心企业给定知识投入比  $t$  的情况下,创新网络中所有从属企业之间进行 Cournot 博弈决定创新网络协同知识创造的总知识投入  $K$  以及从属企业各自的知识投入比  $t_i$ . 根据 Stackelberg 博弈采用逆向归纳法进行求解,首先,建立各从属企业的目标函数及相应的优化问题

$$\begin{aligned} \max \pi_{Fi} &= \rho_i(1 + \mu_i)AK^a - Kt_i - \theta_i q_i, \\ & i = 1, 2, \dots, n; \\ \text{s.t. } t + \sum_{i=1}^n t_i &= 1. \end{aligned} \quad (7)$$

由式(7)构造拉格朗日函数

$$\begin{aligned} L_i &= \rho_i(1 + \mu_i)AK^a - Kt_i - \theta_i q_i + \\ & \lambda_i \left( t + \sum_{i=1}^n t_i - 1 \right), \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (8)$$

求解式(8)的最优化一阶条件,可得到该集群创新网络协同知识创造的总知识投入最优值  $K^*$  以及各从属企业的最优知识投入比  $t_i$  分别为

$$K^* = \left( \frac{1-t}{Aa \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} \right)^{\frac{1}{1-a}}, \quad (9)$$

$$t_i^* = \frac{\rho_i(1 + \mu_i)(1-t)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i}. \quad (10)$$

然后,核心企业基于所有从属企业的反应,最大化自身收益,决策其知识投入比  $t$ . 为此,可求解核心企业的期望收益最大化

$$\begin{aligned} \max \pi_L &= \rho_L(1 + \mu_L)AK^{*a} - K^*t - \theta_L q_L, \\ & 0 \leq t \leq 1. \end{aligned} \quad (11)$$

将由式(9)确定的  $K^*$  代入(11)中,可得如下最大化问题:

$$\begin{aligned} \max \pi_L &= \\ & \rho_L(1 + \mu_L)A \left( \frac{1-t}{Aa \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} \right)^{\frac{a}{1-a}} - \\ & t \left( \frac{1-t}{Aa \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} \right)^{\frac{1}{1-a}} - \theta_L q_L, \end{aligned}$$

$$0 \leq t \leq 1. \quad (12)$$

通过求解式(12)关于  $t$  的最大化问题,得到核心企业关于知识投入比的均衡值  $t^*$ ,再将  $t^*$  的值代入式(9)和(10),得到协同知识创造知识投入的最优值  $K^*$  和从属企业知识投入比的均衡值  $t_i^*$ ,最后将均衡值  $K^*$  代入式(6),可得创新网络整体协同知识创造的期望净收益均衡值  $\pi^*$ ,结果表示如下:

$$t^* = \begin{cases} \frac{\rho_L(1 + \mu_L) - (1-a) \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i}{\rho_L(1 + \mu_L) + a \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i}, \\ \frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} > 1 - a; \\ 0, \frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} \leq 1 - a. \end{cases} \quad (13)$$

$$t_i^* = \begin{cases} \frac{\rho_i(1 + \mu_i)}{\rho_L(1 + \mu_L) + a \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i}, \\ \frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} > 1 - a; \\ 0, \frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i} \leq 1 - a. \end{cases} \quad (14)$$

$$K^* = \left[ Aa \left( \rho_L(1 + \mu_L) + a \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i \right) \right]^{\frac{1}{1-a}}. \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \pi^* &= \\ & A \left[ \rho_L(1 + \mu_L) + \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i \right] \left[ Aa \left( \rho_L(1 + \mu_L) + \right. \right. \\ & \left. \left. a \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i \right) \right]^{\frac{a}{1-a}} - \left[ Aa \left( \rho_L(1 + \mu_L) + \right. \right. \\ & \left. \left. a \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i) \rho_i \right) \right]^{\frac{1}{1-a}} - \left( \theta_L q_L + \sum_{i=1}^n \theta_i q_i \right). \end{aligned} \quad (16)$$

### 3 均衡结果分析

由上述核心企业与从属企业协同知识创造过程中知识投入的 Stackelberg 主从博弈过程均衡结果,可得出如下结论.

**结论1** 当存在知识溢出时,核心企业、从属企业的知识投入比和知识投入总量与协同知识创造绩效和知识内溢收益之和有关,而与私有知识外溢的损失无关.

观察式(13)~(15)可以发现,核心企业和从属企业的知识投入比 $t^*$ 和知识投入总量 $K^*$ 与 $\rho_L(1 + \mu_L)$ 和 $\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i$ 有关,而与 $\theta_L q_L$ 、 $\theta_i q_i$ 无关.这与文献[26]指出的企业策略制定不仅会考虑知识内溢的收益还会考虑知识外溢的损失的观点不一致.本文认为这一结论存在以下两种可能的解释:一是企业意识到协同知识创造投入的过程中,私有知识的外溢是不可避免、不可控制的,相比知识外溢的损失,企业更看重知识内溢所带来的收益,因为企业可以从知识内溢中获得诸如提高自身在网络中的地位、增加知识存量、提升创新能力等的收益,由此可见,知识内溢系数的大小会影响企业的知识创造投入决策.协同知识创造过程中知识内溢系数通常会受到企业之间的沟通交流,知识共享等因素的影响.二是虽然企业考虑了知识外溢可能带来的损失,但是企业加入创新网络与其他企业协同知识创造所带来的收益会大于其保留的私有知识的收益,因此企业在做知识投入决策时不会受到知识外溢损失的影响,而将其当成是企业的沉没成本.

**结论2** 集群创新网络协同知识创造机制得以运行的条件是核心企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和大于所有从属企业协同知识创造绩效和知识内溢收益之和的 $(1 - a)$ 倍,否则创新网络协同知识创造合作将无法维系,即使暂时的合作形成也面临解散的风险.

由式(13)可知,当

$$\frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i} \leq 1 - a$$

时,核心企业的知识投入比 $t^* = 0$ ,即核心企业没有动机与从属企业进行协同知识创造,即使合作暂时的形成也随时面临解散的风险.即创新网络协同知识创造合作维系前提条件是核心企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和大于所有从属企业协同知识创造绩效和知识内溢收益之和的 $(1 - a)$ 倍.如果核心企业的收益不符合上述的情况,则没有参与的动机.对于合作维系的条件下,核心企业对于知识收益的要求,本文认为可以用交易成本理论来解释.由于协同知识创造过程中,核心企业必须首先决策其投入的知识资源,这意味着其对协同知识创造合作的一种承诺和责任.在知识投入之后,作为领导者的核心企业必然面对诸如伙伴企业可能存在机会主义行为或者退出合作等风险.因此,在合作成立之前,核心企业必须考虑道德风险问题.只有当核心企业的知识收

益(即协同知识创造绩效和知识内溢收益之和)大于所有从属企业的知识收益以使其足以克服这种道德风险时,核心企业才有足够的动机与从属企业协同知识创造并投入知识资源.

**结论3** 核心企业的知识投入比与其边际收益和知识内溢系数正相关,与从属企业的边际收益和知识内溢系数负相关,即

$$\frac{\partial t^*}{\partial \rho_L} > 0, \frac{\partial t^*}{\partial \mu_L} > 0, \frac{\partial t^*}{\partial \rho_i} < 0, \frac{\partial t^*}{\partial \mu_i} < 0.$$

由式(13)可得,当

$$\frac{\rho_L(1 + \mu_L)}{\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i} > 1 - a$$

时,随着核心企业的知识投入比 $t^*$ 增加,从属企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和 $\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i$ 减小,而核心企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和 $\rho_L(1 + \mu_L)$ 增加.因此,协同知识创造过程中当核心企业知识投入越多,其获得的协同知识创造绩效越大,知识内溢收益越大.

**结论4** 协同知识创造过程中,从属企业会根据其边际收益和知识内溢系数按比例分配知识的投入比.

由式(14)可得,从属企业相互博弈的结果就是从属企业根据其自身的边际收益和知识内溢系数(即流入企业的知识转化为实际产出的能力)决定其在协同知识创造过程中知识投入比,表明知识转化能力高的企业也愿意投入更多的知识.

**结论5** 核心企业的知识投入比越大,创新网络整体的知识创造投入越大,协同知识创造的整体收益越高.

由式(9)可得

$$\frac{\partial K^*}{\partial t} = \left( \frac{1}{Aa(1 - a) \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i} \right) \times \left( \frac{1 - t}{Aa \sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i} \right)^{\frac{2-a}{a-1}} > 0,$$

即网络中协同知识创造的知识总投入量是核心企业知识投入比的增函数.核心企业在协同知识创造中知识投入的努力程度越高,从属企业的投入动机越强烈.因此,核心企业可以通过知识投入比例的信息传递,鼓励从属企业更为积极地投入知识,以最大化网络的整体知识投入量,即核心企业在网络中能够主导协同知识创造的过程,其知识投入行为会起到引导作用,促进网络中协同知识创造的总知识投入量的增

加.

### 4 数值仿真分析

设某光电产业集群创新网络中有核心企业  $L$ , 为了保持其在光电传感器领域的核心竞争力, 需要开发一种新型传感器, 该研发过程需要持续性的巨额投入, 以推动其产业化的应用. 为降低风险、分摊成本以及获取异质性的互补知识, 企业  $L$  决定与网络内的企业  $B$  和企业  $C$  组成互惠互利的协同知识创造联盟. 假设核心企业  $L$  通过调研得出协同知识创造的产出弹性为  $a = 0.18$ , 企业  $B$  和企业  $C$  的知识边际收益分别为  $\rho_B = 0.32, \rho_C = 0.28$ , 知识内溢系数分别为  $\mu_B = 0.3, \mu_C = 0.2$ , 正常数  $A = 15$ .

由结论2可知, 核心企业与从属企业协同知识创造的条件是它的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和大于所有从属企业协同知识创造绩效和知识内溢收益之和  $\sum_{i=1}^n (1 + \mu_i)\rho_i$  的  $(1 - a)$  倍, 也就意味着企业  $L$  与各从属企业的协同知识创造的前提是, 企业  $L$  的研发实力足够强, 主要体现为企业  $L$  的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和至少应大于 0.6166. 因此, 本文在此仅讨论以企业  $L$  为领导者与从属企业协同知识创造成功的情况. 企业  $L$  面临的主要问题是决定其知识投入以使该光电传感器技术研发取得良好的效果和效益.

由结论2可知, 当核心企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和小于 0.6166 时, 企业  $L$  没有动机与从属企业协同知识创造. 因此, 仅讨论企业  $L$  的知识边际收益与知识内溢系数满足其作为领导者的情况, 假定企业  $B$  和企业  $C$  的收益结构不变. 为了更好地讨论企业  $L$  的知识边际收益和知识内溢系数对其知识投入比和知识总投入的影响情况, 分别考虑知识内溢系数为 0.35 和 0.5 两种情况下, 知识边际收益的变化对企业  $L$  知识投入比和知识总投入量的变化影响情况, 所得结果如表 1 和表 2 所示. 表 1 中, 当  $\mu_L = 0.35$  时,  $\rho_L > 0.4568$ ; 表 2 中, 当  $\mu_L = 0.5$  时,  $\rho_L > 0.4111$ . 由表 1 可知, 当核心企业  $L$  的知识内溢系数为 0.35 时, 核心企业  $L$  的知识边际收益从 0.5 向 1 变化的过程中, 其知识投入比由 0.072 增加到 0.493 7, 协同知识创造知识总投入由 2.258 3 增加到 5.440 1. 当核心企业  $L$  的知识内溢系数为 0.5 时, 核心企业  $L$  的知识边际收益从 0.45 向 1 变化的过程中, 其知识投入比由 0.072 增加到 0.540 2, 协同知识创造知识总投入由 2.598 3 增加到 6.117 3. 表明随着核心企业  $L$  的知识边际收益和知识内溢系数朝着好的方向发展, 核心企

业的知识投入比会随之增加, 联盟的总知识投入量也会随之增加. 由表 1 和表 2 的数据还可以看出: 当核心企业的知识内溢系数较小时, 要使核心企业组建协同知识创造联盟, 其对边际收益的要求比较高; 当核心企业的知识内溢系数较大时, 其组建协同知识创造联盟对边际收益的要求比较低. 由此可见, 核心企业的知识创造决策同时受到知识边际收益和知识内溢系数的影响.

表 1  $\mu_L = 0.35$  情形下数值模拟结果

$\rho_L$	$t$	$t_B$	$t_C$	$K$
0.45	—	—	—	—
0.5	0.0720	0.5134	0.4146	2.2583
0.6	0.2045	0.4400	0.3554	3.1354
0.7	0.3039	0.3851	0.3110	3.6897
0.8	0.3813	0.3423	0.2765	4.2594
0.9	0.4431	0.3081	0.2488	4.8433
1	0.4937	0.2801	0.2262	5.4401

表 2  $\mu_L = 0.5$  情形下数值模拟结果

$\rho_L$	$t$	$t_B$	$t_C$	$K$
0.4	—	—	—	—
0.45	0.0720	0.5134	0.4146	2.5983
0.5	0.1506	0.4699	0.3795	2.8944
0.6	0.2737	0.4018	0.3245	3.5031
0.7	0.3656	0.3509	0.2835	4.1316
0.8	0.4369	0.3115	0.2516	4.7777
0.9	0.4937	0.2801	0.2262	5.4401
1	0.5402	0.2544	0.2055	6.1173

在已知  $a, \rho_B, \rho_C, \mu_B, \mu_C$  情况下, 协同知识创造总的知识投入、核心企业知识投入比与核心企业的知识边际收益和知识内溢系数的关系见图 1、图 2.

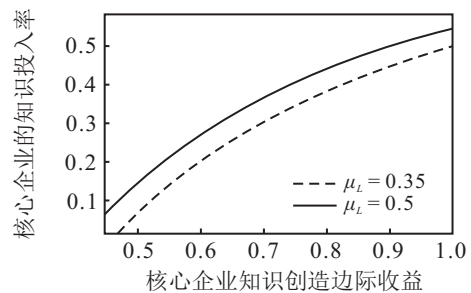


图 1 核心企业知识投入比与边际收益的关系

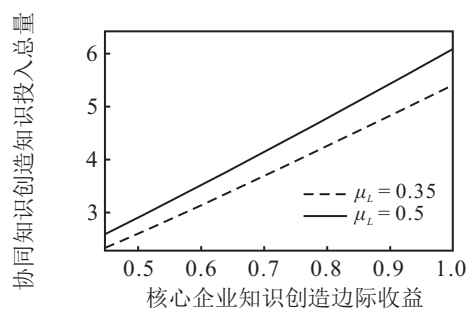


图 2 核心企业边际收益与知识投入总量的关系

由于本文假设从属企业  $B$  和企业  $C$  的知识收益结构不变(即边际收益和知识内溢系数不变), 创新网络协同知识创造的收益随着核心企业  $L$  的收益结构的变化而变化. 图1表明, 在从属企业知识收益结构不变的情况下, 核心企业的知识投入比是其知识边际收益的单调递增函数, 且知识内溢系数越高, 核心企业的知识投入比越高. 即核心企业的知识收益结构朝着好的方向调整, 其知识投入比重会增高, 这意味着创新网络协同知识创造中知识共享、知识创造和知识利用更多地依赖于核心企业的知识收益结构(即知识边际收益和知识内溢系数), 与结论3、表1、表2的数值模拟结果相符. 图2表明, 随着核心企业的知识边际收益结构朝着好的方向调整, 协同知识创造中的知识投入总量会增加, 且核心企业的知识内溢系数越高, 知识投入总量越大, 这与结论5、表1、表2的数值模拟结果相符. 这意味着协同知识创造中的知识投入总量与网络成员的知识收益结构密切相关, 取决于网络中所有成员的知识投入和知识创造能力. 对于从属企业  $B$  和企业  $C$  的知识收益结构发生变化或者网络中所有成员的知识收益结构同时变化的情况, 仍可得出相似结论, 由于篇幅有限, 结论4的情形不再举例.

## 5 结 论

本文运用 Stackelberg 博弈模型探讨了由一个核心企业和  $n$  个从属企业组成的集群创新网络成员在知识溢出下协同知识创造的决策行为, 讨论了知识溢出下协同知识创造合作维系的条件, 并得出如下的结论:

1) 核心企业与从属企业的知识投入比和知识投入总量与协同知识创造绩效和知识内溢收益之和有关, 而与私有知识外溢的损失无关;

2) 集群创新网络协同知识创造机制得以运行的条件是核心企业的协同知识创造绩效和知识内溢收益之和大于所有从属企业协同知识创造绩效和知识内溢收益之和的  $(1 - a)$  倍;

3) 核心企业的知识投入比与其边际收益和知识内溢系数正相关, 与从属企业的边际收益和知识内溢系数负相关;

4) 协同知识创造过程中从属企业会根据其边际收益和知识内溢系数按比例分配知识的投入比;

5) 核心企业的知识投入比越大, 创新网络整体的知识创造投入越大, 协同知识创造的整体收益越高.

本文的研究为决策者提供了一个在考虑知识溢出下合作知识创造过程中制定知识投入决策的指导

方针. 本文的局限性是假设博弈参与者都是理性的, 而现实中更多的决策者是有限理性的. 因此, 未来的研究工作可以考虑有限理性、非理性以及激励惩罚等机制对协同知识创造决策的影响.

## 参考文献(References)

- [1] Boddy D, Cahill C, Charles M, et al. Success and failure in implementing supply chain partnering: An empirical study[J]. *European J of Purchasing & Supply Management*, 1998, 4(2): 143-151.
- [2] Das T K, Teng B S. Resource and risk management in the strategic alliance making process[J]. *J of Management*, 1998, 24(1): 21-42.
- [3] Von Krogh G, Nonaka I, Rechsteiner L. Leadership in organizational knowledge creation: A review and framework[J]. *J of Management Studies*, 2012, 49(1): 240-277.
- [4] Lee V, Oguntebi J. Toward learning and knowledge creation: Operationalising the social learning cycle[J]. *J of General Management*, 2012, 37(4): 29-53.
- [5] 罗琳, 魏奇锋, 顾新. 产学研协同创新的知识协同影响因素实证研究[J]. *科学学研究*, 2017, 35(10): 1567-1577.  
(Luo L, Wei Q F, Gu X. An empirical study of knowledge collaboration influencing factors of industry-university-research collaborative innovation[J]. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(10): 1567-1577.)
- [6] 梁娟, 陈国宏, 蔡猷花. 网络环境下集群企业知识创造伙伴选择博弈[J]. *华东经济管理*, 2014, 28(9): 172-176.  
(Liang J, Chen G H, Cai Y H. The game on selection of knowledge creation partners of cluster enterprises in network environment[J]. *East China Economic Management*, 2014, 28(9): 172-176.)
- [7] Samaddar S, Kadiyala S S. An analysis of interorganizational resource sharing decisions in collaborative knowledge creation[J]. *European J of Operational Research*, 2006, 170 (1): 192-210.
- [8] Bandyopadhyay S, Pathak P. Knowledge sharing and cooperation in outsourcing projects — A game theoretic analysis[J]. *Decision Support Systems*, 2007, 43(2): 349-358.
- [9] Szulanski G, Ringov D, Jensen R J. Overcoming stickiness: How the timing of knowledge transfer methods affects transfer difficulty[J]. *Organization Science*, 2016, 27(2): 304-322.
- [10] 蒋樟生, 胡珑璞. 技术创新联盟知识转移决策的主从博弈分析[J]. *科研管理*, 2012, 33(4): 41-47.  
(Jiang Z S, Hu L Y. Analysis on knowledge transfer decisions in technology innovation alliance

- based on leader-followers games [J]. *Science Research Management*, 2012, 33(4): 41-47.)
- [11] 王智生, 李慧颖. 基于 Stackelberg 博弈的 R & D 联盟知识转移决策模型 [J]. *科研管理*, 2016, 37(6): 74-83.  
(Wang Z S, Li H Y. A knowledge transfer decision model of R & D alliance based on the Stackelberg game [J]. *Science Research Management*, 2016, 37(6): 74-83.)
- [12] 吴洁, 彭星星, 盛永祥, 等. 基于动态控制模型的产学研知识转移合作博弈研究 [J]. *中国管理科学*, 2017, 25(3): 164-171.  
(Wu J, Peng X X, Sheng Y X, et al. Research on knowledge transfer cooperative game in university-industry cooperation based on dynamic control model [J]. *Chinese J of Management Science*, 2017, 25(3): 164-171.)
- [13] 游静. 损失厌恶对协同知识创新的影响研究 [J]. *科研管理*, 2016, 37(1): 92-100.  
(You J. A research on the influence of lose aversion in cooperative knowledge innovation [J]. *Science Research Management*, 2016, 37(1): 92-100.)
- [14] 刘纳新, 伍中信. 隐性知识共享下的供应链利润分配模型及经济性分析 [J]. *系统工程*, 2015, 33(3): 60-63.  
(Liu N X, Wu Z X. Profit distribution model and economic analysis of supply chain based on tacit knowledge sharing [J]. *Systems Engineering*, 2015, 33(3): 60-63.)
- [15] Von Hippel E, Von Krogh G. Free revealing and the private-collective model for innovation incentives [J]. *R&D Management*, 2006, 36(3): 295-306.
- [16] Kumar R, Nti K O. Differential learning and interaction in alliance dynamics: A process and outcome discrepancy model [J]. *Management Science*, 1998, 9(3): 356-367.
- [17] Manhart M, Thalman S. Protecting organizational knowledge: A structured literature review [J]. *J of Knowledge Management*, 2015, 19(2): 190-211.
- [18] Goossen M C, Bradonjic P T J. Asymmetric knowledge transfer in R&D alliances [J]. *Academy of Management Proceedings*, Academy of Management, 2014, 2014(1): 1-41.
- [19] Ding X H, Huang R H. Effects of knowledge spillover on inter-organizational resource sharing decision in collaborative knowledge creation [J]. *European J of Operational Research*, 2010, 201(3): 949-959.
- [20] Ding X H, Huang R H, Liu D L. Resource allocation for open and hidden learning in learning alliances [J]. *Asia Pacific J of Management*, 2012, 29(1): 103-127.
- [21] 杨皎平, 侯楠, 王乐. 集群内知识溢出、知识势能与集群创新绩效 [J]. *管理工程学报*, 2016, 30(3): 27-35.  
(Yang J P, Hou N, Wang L. Knowledge spillover, knowledge energy and cluster innovation performance [J]. *J of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2016, 30(3): 27-35.)
- [22] 曹勇, 蒋振宇, 孙合林, 等. 知识溢出效应, 创新意愿与创新能力——来自战略性新兴产业企业的实证研究 [J]. *科学学研究*, 2016, 34(1): 89-98.  
(Cao Y, Jiang Z Y, Sun H L, et al. Knowledge spillovers, innovative intention and innovative capacity: The empirical study of strategic emerging enterprise [J]. *Studies in Science of Science*, 2016, 34(1): 89-98.)
- [23] 孙佳, 原毅军. 可占有能力对企业合作研发知识共享决策影响研究 [J]. *科技进步与对策*, 2015, 32(19): 142-147.  
(Sun J, Yuan Y J. Effects of Appropriability on knowledge sharing decision in enterprise collaborative R&D [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2015, 32(19): 142-147.)
- [24] 郑向杰, 赵炎. 联盟创新网络中企业间知识共享的博弈分析 [J]. *软科学*, 2013, 27(10): 83-86.  
(Zheng X J, Zhao Y. Game analysis of inter-firm knowledge sharing in alliance innovation network [J]. *Soft Science*, 2013, 27(10): 83-86.)
- [25] Machlup F. Knowledge: Its creation, distribution, and E-conomic significance [M]. Princeton: Princeton University Press, 1980: 20-30.
- [26] Alcacer J, Chung W. Location strategies and knowledge spillovers [J]. *Management Science*, 2007, 53(5): 760-776.
- [27] Khanna T, Gulati R, Nohria N. The dynamics of learning alliances: Competition, cooperation, and relative scope [J]. *Strategic Management J*, 1998, 19(3): 193-210.
- [28] Griliches Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth [J]. *Bell J of Economics*, 1979, 10(1): 92-116.
- [29] Jaffe A B. Real effects of academic research [J]. *American Economic Review*, 1989, 79(5): 957-970.

## 作者简介

庄彩云 (1990—), 女, 博士生, 从事科技管理、知识创造的研究, E-mail: zhuangcaiyn19900@163.com;

陈国宏 (1953—), 男, 教授, 博士生导师, 从事科技创新及管理研究, E-mail: cgh@fzu.edu.cn.

(责任编辑: 郑晓蕾)