

研发合作联盟的稳定性研究

李昌文¹, 周永务², 李绩才³, 李梓涵昕⁴

(1. 淮北师范大学经济学院, 安徽 淮北 235000; 2. 华南理工大学工商管理学院, 广东 广州 510641;
3. 浙江师范大学产业经济研究中心, 浙江 金华 321004; 4. 南昌大学经济管理学院, 江西 南昌 330000)

摘要: 针对企业研发阶段合作、生产阶段竞争的情形, 研究了研发合作联盟的稳定结构. 首先利用两阶段博弈的方法给出了任意联盟结构中每个企业的均衡研发投入水平、产量以及利润, 接着利用 Nash 稳定性方法和最大一致集(LCS)方法分别探讨了联盟的短视稳定性以及远视稳定性. 结果表明, 研发联盟的短视稳定性与远视稳定性结果一致, 即溢出率小于 0.5 时只有两人联盟结构稳定; 溢出率大于 0.5 时, 只有大联盟结构稳定.

关键词: 研发合作; 联盟; 短视稳定性; 远视稳定性

中图分类号: F224.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2019)06-0783-07

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2019.06.006

Research on stability of R&D cooperation alliancee

Li Changwen¹, Zhou Yongwu², Li Jicai³, Li Zihanxin⁴

(1. School of Economics, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China;
2. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;
3. Research Center of Industrial Economy, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China;
4. School of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang 330000, China)

Abstract: In view of the situation of cooperation in RD stage and competition in production stage, the stable structure of rd cooperation alliance is studied. Firstly, the equilibrium R&D investment level, output and profit of the firm in alliance structure are given by using two-stage game method. Then, Nash stability method and largest consistent set (LCS) method are used to explore the myopic stability and farsighted stability of the alliance respectively. Results show that the myopic stability and farsighted stability about the R&D alliance are consistent, that is when the R&D spillovers is less than 0.5, only the two-players alliance structure is stable, when the R&D spillovers is greater than 0.5, only the grand alliance is stable.

Key words: R&D cooperation; alliance; myopic stability; farsighted stability

1 引言

调查显示, 1993 年~1998 年间美国的研发联盟以每年 39%~52% 的速度增长, 并且逐年递增^[1]. 据统计 21 世纪初全球总共出现了 300 多万个联盟, 其中 90% 以上都是技术联盟^[2]. 例如 2016 年, 丰田汽车与美国芯片制造商高通以及其它 25 家企业一起组成全球汽车联盟, 联盟包括丰田、日产、通用、大众、宝马、现代和沃尔沃等 12 家来自汽车行业的企业. 百度在 2017 年发布 Apollo 计划, 旨在联合奇瑞、长安、长城、福

收稿日期: 2018-07-10; 修订日期: 2019-05-13.

基金项目: 安徽省社科规划基金资助项目(AHSKY2018D22).

田、江淮以及金龙等众多汽车企业建立生态合作伙伴联盟,实现资源优势互补.比较著名的研发联盟案例还有 IBM、Apple 和 Motorola 在 1991 年成立的联盟^[3].新技术的发展使得合作已经成为企业创新和保持竞争力的一种重要方式,不但能避免企业在研发上的重复性投入,而且能使企业获得规模经济效益^[4].然而联盟中的企业作为利益个体,加入联盟的根本目的是为了获取更好的经济效益,因此如何评价成员企业对联盟的贡献,并以此为依据进行利益分配决定了联盟合作的成败.自从上个世纪 90 年代以来,能够持续 4 年以上的研发联盟只有 40%^[5].因此需要考虑以下问题:1) 如果允许企业可以自由结盟合作开展研发活动,稳定的联盟结构是什么样的? 2) 研发溢出率以及研发难度会对联盟结构的稳定性有什么样的影响?

为了回答上述问题,本文使用内生联盟形成来描述企业的研发合作行为.这里假设每一个研发企业都可以自由加入或者离开一个联盟,或者与别的企业合作结成新的联盟.为了描述这种相互之间的影响,本文采用 Nash 稳定性和最大一致集方法探讨联盟的短视以及远视稳定性.根据前人的研究,研发合作主要有三种形式^[3,6]: 研发卡特尔、研发联合体(RJV)和研发 RJV 卡特尔.在 RJV 卡特尔模式中,联盟内的成员一方面完全共享技术信息,另外一方面还通过协调研发使得联盟利润达到最大.本文主要基于研发 RJV 卡特尔模式,探讨联盟的研发投入策略以及联盟稳定性.

与本文相关的文献包括 R&D 联盟以及 R&D 联盟稳定性. R&D 联盟合作的研究大多基于 D'Aspremont 等^[7]以及 Kamien^[4]所做的开创性工作.在此基础上,很多学者做了相应的拓展^[8-12]. R&D 联盟稳定性的研究主要关注联盟形成博弈(coalition formation game),相关文献有文献[13-17].以上文献虽然都从不同角度探讨了研发联盟形成的稳定性,但都是基于短视角度.近几年利用远视角度探讨联盟稳定性的研究刚刚兴起,特别是利用最大一致集探讨联盟稳定性方面的成果逐渐变得丰富起来.如文献[18-26].

与文献[13-15]仅探讨研发联盟短视稳定性不同,本文基于 Nash 稳定性和最大一致集同时探讨联盟的短视和远视稳定性.在结构安排上,本文首先给出了任意联盟结构下的均衡策略(研发投入水平、产量和利润),然后在此基础上开展了研发联盟结构的稳定性研究.

2 研发模型描述

2.1 模型假设

与文献[3, 8]一致,这里也假设有 n 个生产同质产品的企业,面临线性的逆需求函数 $p = A - Q$, 其中 $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ 是市场上 n 个企业生产产品的总数量,每个企业的单位产品的生产成本为 c_i ,其成本不但受到企业自身研发 R&D 投入的影响,同时也受到竞争企业 R&D 投入的影响,类似于文献[3, 8],假设如下:

1) 企业通过研发投入,从事研发活动来降低其边际生产成本,假设企业 i 的产品的单位成本为

$$c_i = C - (1 - \beta)x_i - \beta \sum_{j=1}^n x_j, \quad (1)$$

其中 C 表示没有研发投入时的产品单位成本, $0 < C < A$, 因为成本减少量不可能超过初始成本 C , 所以这里假设 $(1 - \beta)x_i - \beta \sum_{j=1}^n x_j < C$. x_i 是研发投入水平,表示企业 i 自身研发投入带来的成本减少量. $x_j (j \neq i)$ 表示企业 j 的研发投入引起的企业 j 产品的单位成本减少量, β 刻画了企业之间信息溢出的程度, $0 \leq \beta \leq 1$.

2) 企业 i 的研发成本为 $\eta x_i^2/2$, 其中 $\eta > 0$ 反应了研发支出对成本减少的效果呈递减效应.

2.2 研发基本模型

首先考虑研发和生产阶段都没有合作时的情形.此时是一个两阶段的博弈:第一阶段 n 个企业决策各自最优的研发水平;第二阶段 n 个企业古诺竞争决策各自最优的产量.下面使用逆向递推法求解出两阶段的完美子博弈均衡解.第二阶段企业 i 的利润为

$$\pi_i = (p - c_i)q_i - \eta x_i^2/2. \quad (2)$$

在给定研发水平 (x_1, x_2, \dots, x_n) 的条件下, 企业 i 获得最大利润的一阶条件为

$$\frac{d\pi_i}{dq_i} = A - \sum_{j=1}^n q_j - c_i - q_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

由于 $\frac{d^2\pi_i}{dq_i^2} = -2 < 0$, 所以 π_i 存在最大值. 由一阶条件可得

$$q_i = \frac{1}{n+1} \left(A - C + (2\beta - 1) \sum_{j \neq i} x_j + (n - (n-1)\beta)x_i \right), \quad (4)$$

并且市场上产品的总数量为

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \frac{1}{n+1} \left(n(A - C) + (1 + (n-1)\beta) \sum_{j=1}^n x_j \right). \quad (5)$$

利用上述反应函数 $q_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$, 企业 i 的利润可以表示为

$$\pi_i = (p - c_i)q_i - \eta x_i^2/2 = \left(\frac{1}{n+1} \left(A - C + (2\beta - 1) \sum_{j \neq i} x_j + (n - (n-1)\beta)x_i \right) \right)^2 - \eta x_i^2/2, \quad (6)$$

企业 $i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的均衡研发水平可以由其一阶条件得到, 即

$$\frac{d\pi_i}{dx_i} = \frac{2(n - (n-1)\beta)}{(n+1)^2} \left(A - C + (2\beta - 1) \sum_{j \neq i} x_j + (n - (n-1)\beta)x_i \right) - \eta x_i = 0. \quad (7)$$

求解上述方程组, 可以得到企业 i 的均衡研发水平

$$x_i = \frac{2(A - C)(n - (n-1)\beta)}{\eta(n+1)^2 - 2(n - (n-1)\beta)(1 + (n-1)\beta)}, \quad (8)$$

从而其产量以及利润为

$$q_i = x_i \eta (n+1) / (2(n - (n-1)\beta)), \quad (9)$$

$$\pi_i = \eta \left(\frac{\eta(n+1)^2}{4(n - (n-1)\beta)^2} - \frac{1}{2} \right) x_i^2. \quad (10)$$

此结果的分析可以见文献[8], 其中溢出率的大小对研发支出有重要影响: 当 $\beta \in [0, 0.5)$ 时, 企业间的研发支出是战略替代的, 而当 $\beta \in (0.5, 1]$ 时, 研发支出战略互补.

3 研发联盟的均衡策略以及联盟稳定性

下面考虑企业结盟进行研发合作. 首先给出 n 个企业在研发阶段自由结盟时的一些记号, $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示所有企业的集合, 子集 $S \subseteq N$ 称为研发联盟, 并且把 N 称为大联盟. $L = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 是大联盟的任意分割, 包含 $m (m \leq n)$ 个成员, 满足 $\bigcup_{i=1}^m Z_i = N$ 和 $Z_i \cap Z_j = \emptyset, i \neq j$.

3.1 研发联盟的研发投入、产量和利润

在研发阶段, 对于任意给定的联盟结构 $L = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$, 联盟 Z_k 内的成员不但完全共享研发信息(此时联盟内企业间的研发溢出率 $\beta = 1$), 同时联盟内的成员协调研发活动使得联盟内所有企业的利润总和达到最大. 此时联盟内的企业 i 的成本可以表示为

$$c_i = C - \sum_{j \in Z_k} x_j - \beta \sum_{j \notin Z_k} x_j. \quad (11)$$

下面使用逆向递归法求出相应联盟结构 $L = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 下均衡的研发支出、产量以及相应的利

润. 在产量竞争的第二阶段, 企业 i 的收益为

$$\pi_i = (p - c_i)q_i - \eta x_i^2/2, \quad (12)$$

这是一个 n 人博弈, 可以计算出总产量为

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \frac{1}{n+1} \left(n(A-C) + \sum_{l=1}^m \left((s_l + \beta(n-s_l)) \sum_{j \in Z_l} x_j \right) \right), \quad (13)$$

其中 s_l 表示联盟内参与人的数目, 联盟 Z_k 内企业 i 的产量为

$$q_i = \frac{1}{n+1} \left(A - C - \sum_{l=1}^m \left((s_l + \beta(n-s_l)) \sum_{j \in Z_l} x_j \right) \right) + \sum_{j \in Z_k} x_j + \beta \sum_{j \notin Z_k} x_j, \quad (14)$$

从而联盟 Z_k 内企业 i 在研发阶段的利润为

$$\pi_{Z_k} = \sum_{i \in Z_k} \pi_i, \quad (15)$$

其中 $\pi_i = \left(\frac{1}{n+1} \left(A - C - \sum_{l=1}^m \left((s_l + \beta(n-s_l)) \sum_{j \in Z_l} x_j \right) \right) + \sum_{j \in Z_k} x_j + \beta \sum_{j \notin Z_k} x_j \right)^2 - \eta x_i^2/2$.

联盟 Z_k 内企业 i 的研发投入水平可以由方程组

$$\frac{\partial \pi_{Z_k}}{\partial x_i} = \frac{\partial \pi_i}{\partial x_i} + \sum_{j \neq i, j \in Z_k} \frac{\partial \pi_j}{\partial x_i} = 0 \quad (16)$$

解出, 其中 $\sum_{j \neq i, j \in Z_k} \frac{\partial \pi_j}{\partial x_i} = 2(s_k - 1)q_i \left(\frac{1 + (1-\beta)(n-s_k)}{n+1} \right)$.

由于 $s_k > 1$ 时 $\sum_{j \neq i, j \in Z_k} \frac{\partial \pi_j}{\partial x_i}$ 恒正, 所以企业 i 的研发支出对联盟内其它企业总起正影响. 下面考虑对称解的情形(对 $\forall i, j \in Z_k, x_i = x_j \triangleq x_{Z_k}$), 此时方程组可以表示为

$$(n+1)(\eta - H_k^2/2)x_{Z_k} - H_k \sum_{l \neq k} (s_l(\beta - s_l(1-\beta))x_{Z_l}) = H_k(A-C), k = 1, 2, \dots, m, \quad (17)$$

其中 $H_k = 2s_k(1 + (n-s_k)(1-\beta))/(n+1)$.

求解上述方程组, 均衡的研发投入水平可以表示为

$$x_{Z_k} = (A-C)/(G_k(1-Y)), k = 1, 2, \dots, m, \quad (18)$$

其中 $G_k = (n+1)(\eta/H_k - H_k/2) + s_k(\beta - s_k(1-\beta))$, $Y = \sum_{l=1}^m (s_l(\beta - s_l(1-\beta))/G_l)$.

从而可以得到联盟内企业 i 的均衡产量和利润分别为

$$q_i = \eta x_{Z_k}/H_k, \quad \pi_i = \eta \left(\frac{\eta}{H_k^2} - \frac{1}{2} \right) x_{Z_k}^2.$$

对于大联盟, 每个企业相应的研发水平、产量以及利润分别为

$$x_N = \frac{2n(A-C)}{\eta(n+1)^2 - 2n^2}, \quad q_N = \frac{\eta(n+1)(A-C)}{\eta(n+1)^2 - 2n^2}, \quad \pi_N = \frac{\eta(A-C)^2}{\eta(n+1)^2 - 2n^2}.$$

下面仅讨论 $n = 3$ 时的研发联盟. 首先引入合作博弈理论中的一些记号. L_k^n 表示一种联盟结构, 其中 $k(k \leq n)$ 个企业彼此合作, 剩下的 $n-k$ 个企业间彼此没有任何合作. 例如 $L_1^3 = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}\}$ 表示三个企业没有任何合作; L_2^3 表示两个企业合作, 剩下的一个企业独立研发, 相应的联盟结构有

$$\{\{2, 3\}, \{1\}\}, \{\{1, 3\}, \{2\}\} \text{ 或者 } \{\{1, 2\}, \{3\}\}.$$

$x_i^{L_k^n}, q_i^{L_k^n}, \pi_i^{L_k^n}$ 表示相应的联盟结构 L_k^n 中企业 i 的研发水平企业的产量和利润; 如果联盟 Z 中所有企

业的研究水平、产量和利润都相同, 此时记为 $x_Z^{L^n}, q_Z^{L^n}, \pi_Z^{L^n}$, 并且用 $x_Z^{L^n}, q_Z^{L^n}, \pi_Z^{L^n}$ 表示联盟 Z 外部企业的研发水平、产量和相应的利润. 经过分析有以下性质.

性质 1 当 $n = 3$ 和 $\eta > 128/27$ ($0 < 1/\eta < 27/128$) 时, 有如下的研发水平、产量以及利润之间的关系.

1) 不同联盟结构下企业之间相应的研发投入水平、产量有关系如下:

$$\begin{cases} A_1^{\text{RC}} : x_Z^{L^3} < x_i^{L^3} < x_i^{L^3} < x_Z^{L^3} < q_Z^{L^3} < q_i^{L^3} < q_i^{L^3} < q_Z^{L^3} \\ A_2^{\text{RC}} : x_Z^{L^3} < x_i^{L^3} < x_Z^{L^3} < x_i^{L^3} < q_Z^{L^3} < q_i^{L^3} < q_Z^{L^3} < q_i^{L^3} \\ A_3^{\text{RC}} \cup A_4^{\text{RC}} : x_i^{L^3} < x_Z^{L^3} < x_Z^{L^3} < x_i^{L^3}; q_i^{L^3} < q_Z^{L^3} < q_Z^{L^3} < q_i^{L^3}, \end{cases}$$

2) 不同联盟结构下企业之间的利润关系如下:

$$\begin{cases} A_1^{\text{RC}} : \pi_Z^{L^3} < \pi_i^{L^3} < \pi_i^{L^3} < \pi_Z^{L^3} \\ A_2^{\text{RC}} : \pi_Z^{L^3} < \pi_i^{L^3} < \pi_Z^{L^3} < \pi_i^{L^3} \\ A_3^{\text{RC}} : \pi_i^{L^3} < \pi_Z^{L^3} < \pi_Z^{L^3} < \pi_i^{L^3} \\ A_4^{\text{RC}} : \pi_i^{L^3} < \pi_Z^{L^3} < \pi_Z^{L^3} < \pi_i^{L^3}, \end{cases}$$

其中 $\beta = 0.5$, $\beta_1^{\text{RC}}(\eta)$ 和 $\beta_2^{\text{RC}}(\eta)$ 满足 $\beta = 0.5$ 时, $x_i^{L^3} = x_Z^{L^3}$, $q_i^{L^3} = q_Z^{L^3}$, $\pi_i^{L^3} = \pi_Z^{L^3}$; $\beta = \beta_1^{\text{RC}}(\eta)$ 时, $x_i^{L^3} = x_Z^{L^3}$, $q_i^{L^3} = q_Z^{L^3}$, $\pi_i^{L^3} = \pi_Z^{L^3}$; $\beta = \beta_2^{\text{RC}}(\eta)$ 时, $\pi_Z^{L^3} = \pi_i^{L^3}$. $A_1^{\text{RC}}, A_2^{\text{RC}}, A_3^{\text{RC}}, A_4^{\text{RC}}$ 如图 1 所示¹.

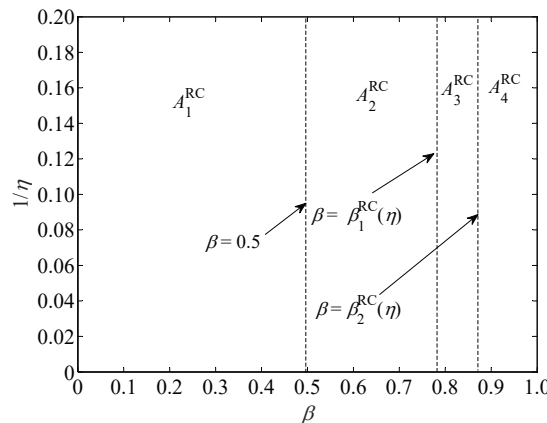


图 1 研发投入、产量、利润比较

Fig.1 Comparison of R&D investment, production and profit

从性质 1 中的 1) 可以看出, 不同联盟结构下的研发投入水平以及相应的产量可以总结如下: 1) 当溢出率小于 0.5 时, 对于任何成本系数, 两人联盟结构中的联盟外企业的研发投入以及产量都是最低的, 而联盟内的企业却达到最大值; 大联盟中的企业研发投入以及产量都比不联盟时大. 2) 当溢出率大于 0.5 时, 此时大联盟中的企业研发投入以及产量比任何联盟结构中的企业都要多. 3) 当溢出率比较大, 即当 $(\beta, \eta) \in A_3^{\text{RC}} \cup A_4^{\text{RC}}$ 时, 不联盟时的研发投入和产量都最低. 故对任意给定的成本系数, 随着溢出率的增大, 合作使得企业愿意增加研发投入并且产量增加. 原因是合作能够协调企业避免重复研发投入和搭便车行为.

性质 1 中的 2) 关于利润间的关系与 1) 非常类似, 因为虽然研发投入增加, 但是产量的增加能够给企业提供更高的利润. 唯一的差别在于当 $(\beta, \eta) \in A_4^{\text{RC}}$ 时, 两人联盟结构中的联盟内企业的利润反而比联盟外的企业利润低. 这是因为当溢出率比较大时, 联盟外的企业存在搭便车的情况, 此时联盟外的企业在研发投入上比较少, 从而使得自身的利润反而比联盟内的企业要高.

¹ $A_1^{\text{RC}} = \{(\eta, \beta) | \eta > 27/128, 0 < \beta < 0.5\}$; $A_2^{\text{RC}} = \{(\eta, \beta) | \eta > 27/128, 0.5 < \beta < \beta_1^{\text{RC}}\}$; $A_3^{\text{RC}} = \{(\eta, \beta) | \eta > 27/128, \beta_1^{\text{RC}} < \beta < \beta_2^{\text{RC}}\}$; $A_4^{\text{RC}} = \{(\eta, \beta) | \eta > 27/128, \beta_2^{\text{RC}} < \beta < 1\}$.

3.2 研发联盟稳定性

从以上分析中可以看出,企业是否愿意参与合作不仅与溢出率有关,而且与研发成本系数有关;另外企业合作以后的联盟结构是否能够保持稳定,也是需要考虑的一个重要方面.合作博弈中关于联盟稳定性的判定有短视稳定性和远视稳定性两种不同的方法,具体的见文献[19–21].

下面基于 Nash 稳定以及 Chwe^[27] 提出的最大一致集(LCS)概念,给出联盟结构的短视及远视稳定结果.

定理 1 如果 $(\eta, \beta) \in A_1^{\text{RC}}$, L_2^3 是唯一的 Nash 稳定联盟结构, 如果 $(\eta, \beta) \in A_2^{\text{RC}} \cup A_3^{\text{RC}} \cup A_4^{\text{RC}}$, 大联盟 L_3^3 是唯一的 Nash 稳定联盟结构.

当溢出率小于 0.5 时,对于任何研发成本系数,两人联盟结构中联盟内的企业将不会从当前的联盟中叛逃出去.联盟结构 L_2^3 中的企业可以分成联盟内企业和联盟外企业.对于联盟内企业有两种选择:选择与联盟外的企业合作或者从联盟内叛逃.但是这两种情况都不会发生,因为无论哪一种都不会获得更好的收益.而联盟外的企业如果选择加入两人联盟,然后联盟结构将从 L_2^3 变成大联盟,显然当 $(\eta, \beta) \in A_1^{\text{RC}}$ 时,此种情况也不会发生,所以 L_2^3 Nash 稳定.对于联盟结构 L_1^3 或者 L_3^3 ,任何参与人从当前的状态叛逃都将获得更好的收益,从而 L_1^3 和 L_3^3 都不是 Nash 稳定的.

当溢出率大于 0.5 时,对于任何研发成本系数,大联盟结构内的企业收益最高,从而大联盟内的企业将不会从当前的联盟中叛逃出去,所以 L_3^3 Nash 稳定.而对于联盟结构 L_1^3 或者 L_2^3 ,任何参与人从当前的状态叛逃都将获得更好的收益,从而 L_1^3 和 L_2^3 都不是 Nash 稳定的.

定理 2 如果 $(\eta, \beta) \in A_1^{\text{RC}}$, L_2^3 是唯一的远视稳定联盟结构, 如果 $(\eta, \beta) \in A_2^{\text{RC}} \cup A_3^{\text{RC}} \cup A_4^{\text{RC}}$, 大联盟 L_3^3 是唯一的远视稳定联盟结构.

从定理 2 中可以得到,联盟的远视稳定性与短视稳定性的结果一致.这主要是因为当溢出率小于 0.5 时, L_2^3 中联盟内的参与人收益最高.而当溢出率大于 0.5 时,大联盟中的参与人收益最高.

综合定理 1 和定理 2,短视稳定和远视稳定的联盟结构一致.即当溢出率小于 0.5 时,两人联盟结构稳定,而当溢出率大于 0.5 时,对于任何研发成本系数,大联盟唯一稳定.这与大多数关于联盟结构稳定性的结论中不一样,如文献[18–21, 25, 26]中,短视稳定结构和远视稳定结构不一致.

4 结束语

本文针对企业之间广泛存在的研发合作现状,探讨了任意联盟结构中的研发投入策略以及相应的联盟稳定性.结果发现联盟结构的短视稳定性与远视稳定性一致,即当 $\beta < 0.5$ 时,两人联盟结构是唯一稳定的联盟结构,而当 $0.5 < \beta < 1$ 时,大联盟唯一稳定.本文仅仅针对确定性情形和单层企业间的研发合作进行了讨论,进一步可以将其拓展到研发结果不确定以及多层供应链系统中,这将会进一步丰富相关的研究结论,并为企业实践提供指导.

参考文献:

- [1] 汪翔. 基于 Shapley 值的研发联盟收益分配及风险分担研究. 重庆: 重庆大学, 2016.
Wang X. Research on R&D Revenue and Risk Distribution on Shapley Value. Chongqing: Chongqing University, 2016. (in Chinese)
- [2] Sadowski B, Duysters G. Strategic technology alliance termination: An empirical investigation. *Journal of Engineering & Technology Management*, 2008, 25(4): 305–320.
- [3] Yi S S, Shin H. Endogenous formation of research coalitions with spillovers. *International Journal of Industrial Organization*, 2000, 18(2): 229–256.
- [4] Kamien M I, Muller E, Zang I. Research joint ventures and R&D cartels. *American Economic Review*, 1992, 82(5): 1293–1306.
- [5] Sampson R C. The cost of misaligned governance in R&D alliances. *Journal of Law Economics & Organization*, 2004, 20(2): 484–526.
- [6] Ge Z, Hu Q, Xia Y. Firms' R&D cooperation behavior in a supply chain. *Production and Operations Management*, 2014, 23(4): 599–609.

- [7] D'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers. *American Economic Review*, 1988, 78(5): 1133–1137.
- [8] Poyago-Theotoky J. Equilibrium and optimal size of a research joint venture in an oligopoly with spillovers. *Journal of Industrial Economics*, 1995, 43(2): 209–226.
- [9] Goyal S, Joshi S. Networks of collaboration in oligopoly. *Games & Economic Behavior*, 2003, 43(1): 57–85.
- [10] Ge Z, Hu Q. Collaboration in R&D activities: Firm-specific decisions. *European Journal of Operational Research*, 2008, 185(2): 864–883.
- [11] Kim H, Park Y. Structural effects of R&D collaboration network on knowledge diffusion performance. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(5): 8986–8992.
- [12] Lin P, Zhou W. The effects of competition on the R&D portfolios of multiproduct firms. *International Journal of Industrial Organization*, 2013, 31(1): 83–91.
- [13] Yi S S. Endogenous formation of joint ventures with efficiency gains. *Rand Journal of Economics*, 1998, 29(3): 610–631.
- [14] Song H, Vannetelbosch V. International R&D collaboration networks. *Manchester School*, 2007, 75(6): 742–766.
- [15] Tesoriere A. Competing R&D joint ventures in Cournot oligopoly with spillovers. *Journal of Economics*, 2015, 115(3): 231–256.
- [16] 孟卫东, 代建生. 合作研发中的双边道德风险和利益分配. *系统工程学报*, 2013, 28(4): 464–471.
Meng W D, Dai J S. Bilateral moral hazard and profit sharing of cooperation R&D. *Journal of Systems Engineering*, 2013, 28(4): 464–471. (in Chinese)
- [17] 范波, 孟卫东, 代建生. 具有协同效应的合作研发利益分配模型. *系统工程学报*, 2015, 30(1): 34–43.
Fan B, Meng W D, Dai J S. Profit allocation of cooperation R&D with synergistic effect. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(1): 34–43. (in Chinese)
- [18] Granot D, Sosic G. Formation of alliances in Internet-based supply exchanges. *Management Science*, 2005, 51(1): 92–105.
- [19] Nagarajan M, Sosic G. Stable farsighted coalitions in competitive markets. *Management Science*, 2007, 53(1): 29–45.
- [20] Nagarajan M, Sosic G, Zhang H. *Stable Group Purchasing Organizations*. Vancouver: University of British Columbia, 2009.
- [21] Tian F, Sosic G, Debo L G. *Manufacturers' Competition and Cooperation in Sustainability: Stable Recycling Alliances*. Los Angeles: University of Southern California, 2014.
- [22] 郑士源, 王浣尘. 基于动态合作博弈理论的航空联盟稳定性. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(4): 184–192.
Zheng S Y, Wang H C. Airline alliance stability based on dynamic cooperative game theory. *Systemes Engineering: Theory & Practice*, 2009, 29(4): 184–192. (in Chinese)
- [23] 曾银莲, 李军, 刘云霞. 基于最大一致集的合作运输联盟稳定性分析. *系统科学与数学*, 2015, 35(10): 1219–1232.
Zeng Y L, Li J, Liu Y X. Analysis on stability of collaborative transportation coalition with largest consistent set. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2015, 35(10): 1219–1232. (in Chinese)
- [24] 周永务, 肖旦, 汤勤深, 等. 分销供应链中竞争零售商联盟的稳定性. *运筹与管理*, 2013, 22(4): 50–59.
Zhou Y W, Xiao D, Tang Q S, et al. Stability of coalitions with competitive retailers in distribution supply chains. *Operation Research and Management Science*, 2013, 22(4): 50–59. (in Chinese)
- [25] 李昌文, 周永务. 两层分销链中的联盟定价策略与稳定性研究. *系统工程学报*, 2016, 31(2): 234–241.
Li C W, Zhou Y W. Study on the alliance pricing strategy and stability of a two-echelon distribution supply chain. *Journal of Systems Engineering*, 2016, 31(2): 234–241. (in Chinese)
- [26] 李昌文, 周永务, 郭金森, 等. 两层供应链中数量竞争下零售商联盟合作及稳定性研究. *系统管理学报*, 2018, 27(4): 791–800.
Li C W, Zhou Y W, Guo J S, et al. Coalition cooperation and stability of quantity competitive retailers in a two-level supply chain. *Journal of Systems & Management*, 2018, 27(4): 791–800. (in Chinese)
- [27] Chwe M. Farsighted coalitional stability. *Journal of Economic Theory*, 1994, 63(2): 299–325.

作者简介:

李昌文(1979—), 男, 安徽潜山人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链联盟运作优化, Email: cwli2008@163.com;

周永务(1964—), 男, 安徽庐江人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 物流与供应链管理, Email: zyw666@hotmail.com;

李绩才(1980—), 男, 安徽桐城人, 博士, 教授, 研究方向: 物流与供应链管理, Email: leejicai@163.com;

李梓涵昕(1985—), 男, 江西东乡人, 博士, 讲师, 研究方向: 技术创新管理, Email: dxlizhx@163.com.