

网络外部性下基于投资溢出的企业 合作研发博弈模型

孟卫东, 赵世海, 幸昆仑

(重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400044)

摘 要: 本文建立了网络外部性环境下基于投资溢出的企业合作研发博弈模型, 研究了企业合作研发策略, 分析了网络外部性、兼容性以及投资溢出等对企业合作研发动机、企业利润和社会福利等的影响。研究表明, 合作研发能提高企业利润和社会福利; 兼容性较大或外部性较小时, 提高产品外部性会增强企业合作研发意愿; 提高兼容性或投资溢出则始终会增强企业合作研发意愿, 提高企业利润和社会福利。因此, 政府应鼓励企业生产高网络外部性和高兼容性的产品, 并增强投资溢出效应, 激励企业投入更多研发资源, 提高企业利润和社会福利。

关键词: 网络外部性; 兼容性; 投资溢出; 合作研发

中图分类号: F016 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-980X(2010)05-0032-05

1 文献综述

现实中有许多产品(如即时通讯软件、电讯或网络服务等)的用户从购买该产品中获得的效用会随着相同产品或兼容产品的用户人数的增多而变大, 产品的这种特征被称为网络外部性^[1]。网络外部性会对消费者购买决策产生较大影响, 进而影响厂商的研发动机和策略。具有网络外部性的产品通常更新换代较快, 研发信息、技术或人员的流动较为频繁, 由此导致的投资溢出比较常见。为了将投资溢出“内生”或增强投资溢出, 许多企业选择与同行企业组成研发联盟进行合作研发。

国内外学者对网络外部性下的企业研发动机和策略进行了研究。如 Sarkar^[2]考虑用户购买具有网络外部性的产品所获效用不仅与网络规模相关, 而且与产品技术先进性相关, 并在此基础上研究了在位企业如何运用战略性研发投资策略来阻止潜在进入者。Cerquera^[3]研究了网络外部性对在位企业和潜在进入者的研发投资策略的影响, 发现在位企业总是会以远高于潜在进入者的研发投入来维持其垄断地位。Kim^[4]从消费者对网络效应预期的角度研究了技术创新与企业兼容性选择的关系, 研究发现, 生产高质量产品的企业偏好完全不兼容, 生产低质量产品的企业则相反。Saaskilahti^[5]则发现网络外

部性条件下, 当溢出效应较低时, 领导企业会投入更多的研发资源。杨勇和达庆利^[6]研究发现正网络外部性条件下, 成本不对称企业的技术创新投资策略会受到成本不对称程度和网络外部性的共同影响。以上文献研究的均是企业独立研发时的投资策略, 事实上, 由于合作研发具有将溢出效应“内生”, 增强溢出效应并形成“协同效应”等优势, 因此已成为企业技术创新的重要组织模式^[7-9]。近年来, 一些学者开始对网络外部性和溢出效应条件下的企业合作研发行为进行研究。如文守逊和郑存丽^[10]运用两阶段博弈模型, 研究了网络外部性条件下双寡头企业的 R&D 合作策略。但这些研究考虑的溢出效应均为成果溢出, 事实上, 现实中还有一种常见的溢出效应, 即投资溢出, 如企业在人才上的投资因人才流动产生溢出^[7]。不同环境下, 投资溢出和成果溢出对企业合作研发动机及策略的影响差别较大^[11]。因此, 有必要对网络外部性和投资溢出条件下的企业合作研发动机和投资策略进行研究。

基于此, 本文建立网络外部性下基于投资溢出的合作研发博弈模型, 对企业的合作研发动机和行为进行研究, 并分析网络外部性、兼容性和投资溢出等对企业合作研发动机, 企业利润和以及社会福利的影响, 找出企业最优合作投资策略。为企业制定合作研发策略, 以及政府及相关部门制定科技政策

收稿日期: 2010-03-26

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(08AJY028)。

作者简介: 孟卫东(1964—), 男, 重庆人, 重庆大学经济与工商管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 战略管理、创新管理; 赵世海(1972—), 男, 山东人, 重庆大学经济与工商管理学院博士研究生, 研究方向: 创新管理、机制设计; 幸昆仑(1969—), 男, 重庆人, 重庆大学经济与工商管理学院博士研究生, 研究方向: 创新管理、机制设计。

提供决策依据。

2 问题描述

在具有网络外部性和兼容性的产品市场上有两个寡头企业(即企业 1 和企业 2)展开竞争,不考虑网络外部性时的产品反需求函数为 $P = P_0 - a_0(q_1 + q_2)$, 其中, $q_i (i = 1, 2)$ 为企业 i 的产品产量。由于存在网络外部性和兼容性, 因此消费者可以从产品的网络规模(即该产品消费者数量, 本文考虑一位消费者购买一个产品, 所以产品消费者数量即为产品市场份额)中获得一定的网络效用, 包括自身网络效用和可兼容网络效用。购买产品 $i (i = 1, 2)$ 的自身网络效用为 αq_i , 可兼容网络效用为 αq_{3-i} , 其中, α 为网络外部性强度系数, $0 < \alpha < 1$; β 为兼容性系数, $0 < \beta < 1$ 。因此, 在网络外部性和兼容性环境下, 产品 i 的反需求函数为 $P_i = P_0 - a_0 q_i + \alpha(q_i + \beta q_{3-i})$ 。

现两企业决定进行合作研发以降低产品的单位生产成本。由于研发过程中存在着由企业间研发信息的交流, 研发人员的流动等引起的投资溢出效应, 企业的研发投入会被合作伙伴所用, 增加其研发投入, 即企业 $i (i = 1, 2)$ 研发投入为 x_i , 企业 $(3-i)$ 则会因投资溢出效应可额外增加研发投入 θx_i , 因此, 企业 i 的有效研发投入为 $x_i + \theta x_{3-i}$, 其中, θ 为溢出系数, $0 \leq \theta \leq 1$, 即企业 i 每投入 1 个单位的研发资源, 其合作伙伴将因溢出效应而额外增加研发投入 θ 。企业的研发成果为 $2\gamma \sqrt{x_i + \theta x_{3-i}}$, 其中, γ 为创新效率, 即 γ 越大, 创新效率越高, 投入一定的研发资源所降低的单位生产成本越大。研发后企业 i 的单位生产成本为: $C_i = C_0 - 2\gamma \sqrt{x_i + \theta x_{3-i}}$, 其中, C_0 为企业 i 的研发前单位生产成本。

3 模型建立

企业 1 和企业 2 在产品市场和研发活动上展开的是两阶段博弈。第一阶段为研发博弈, 由于双方进行的是合作研发, 因此, 企业在这阶段主要是以双方总利润最大化为目标决定研发投入量。第二阶段为产品市场上的古诺博弈, 企业在这阶段主要是以自身利润最大化为目标决定产品产量。本文以下部分将采用逆向归纳法对企业在两阶段的均衡策略进行求解。

3.1 研发前博弈模型

在企业进行合作研发之前, 企业 $i (i = 1, 2)$ 的利润为:

$$\pi_i = (P_i - C_i) q_i (i = 1, 2). \quad (1)$$

求解 $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0 (i = 1, 2)$ 可得均衡时企业 i 的产

品产量为:

$$q_i^* = (P_0 - C_0) / N_0 (i = 1, 2). \quad (2)$$

其中, $N_0 = 3a_0 - \alpha(2 + \beta)$ 。由于 $q_i^* > 0$, 因此 $N_0 > 0$ 。将式(2)代入反需求函数可得均衡时产品价格:

$$P_i^* = [(a_0 - \alpha)(P_0 + 2C_0) + \alpha C_0(1 - \beta)] / N_0 (i = 1, 2). \quad (3)$$

将式(2)和式(3)代入式(1)可得均衡时的企业利润为:

$$\pi_i^* = (a_0 - \alpha)(P_0 - C_0)^2 / N_0^2 (i = 1, 2). \quad (4)$$

由于 $\pi_i^* > 0$, 因此有 $a_0 - \alpha > 0$, $P_i^* > 0$ 。由此可得, 均衡时的社会福利为:

$$SW^* = (P_0 - C_0)^2 (N_0 + a_0 - \alpha) / N_0^2. \quad (5)$$

3.2 合作研发博弈模型

当两个企业进行合作研发时, 企业 i 的利润为:

$$\pi_i = [P_i - (C_0 - 2\gamma \sqrt{x_i + \theta x_{3-i}})] q_i - x_i (i = 1, 2). \quad (6)$$

求解 $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0 (i = 1, 2)$ 可得均衡时的产品产量为:

$$q_i = \frac{P_0 - C_0}{N_0} + [4(a_0 - \alpha) \sqrt{x_i + \theta x_{3-i}} - 2(a_0 - \alpha\beta) \sqrt{\theta x_i + x_{3-i}}] / N_0 [a_0 - \alpha(2 - \beta)] (i = 1, 2). \quad (7)$$

在合作研发阶段, 双方以合作总利润最大化为目标决定各自的研发投入量, 将式(7)代入式(6)并

求解 $\frac{\partial (\pi_1 + \pi_2)}{\partial x_i} = 0$ 可得企业的最优研发投入为:

$$x_i^{**} = (P_0 - C_0)^2 (a_0 - \alpha) N_1 / (N_0^2 - N_1^2) (i = 1, 2). \quad (8)$$

其中, $N_1 = 4(a_0 - \alpha)(1 + \theta)\gamma^2$ 且 $N_0^2 > N_1$ 。

将式(8)分别代入反需求函数, 以及式(6)和式(7)可得均衡时企业 $i (i = 1, 2)$ 的产品价格、产品产量和利润分别为:

$$P_i^{**} = \{N_0(a_0 - \alpha)(2C_0 + P_0) + \alpha C_0[9a_0 - (2 + \beta)(3a_0 + \alpha - \alpha\beta)] - P_0 N_1\} / [N_0^2 - N_1] (i = 1, 2); \quad (9)$$

$$q_i^{**} = [(P_0 - C_0) N_0] / (N_0^2 - N_1) (i = 1, 2); \quad (10)$$

$$\pi_i^{**} = (P_0 - C_0)^2 (a_0 - \alpha) / (N_0^2 - N_1) (i = 1, 2). \quad (11)$$

由此可得, 均衡时的社会福利为:

$$SW^{**} = (P_0 - C_0)^2 [2(a_0 - \alpha) / (N_0^2 - N_1) + N_0^2 (2a_0 - \alpha - \alpha\beta) / (N_0^2 - N_1)^2]. \quad (12)$$

4 均衡解分析

通过对单个企业研发时的均衡解分析, 可以得

出结论如下。

结论 1: 在网络外部性和投资溢出环境下, 两个企业均愿意进行合作研发。

证明: 将式(11)减去式(4)可得研发后的企业利润与研发前的企业利润之差 $\Delta\pi_i > 0 (i = 1, 2)$, 即合作研发提高了企业利润。因此, 两个企业均愿意进行合作研发。结论 1 证毕。

结论 1 表明, 在网络外部性和投资溢出环境下, 若两个企业进行合作研发, 双方均可以通过研发投入来降低生产成本和产品售价, 从而提高市场份额和企业利润, 因此企业就均愿意进行合作研发。

结论 2: 在网络外部性和投资溢出环境下, 若企业进行合作研发, 社会福利将得到提高。

证明: 由于合作研发后的社会福利函数较为复杂, 因此, 本文将社会福利分拆为企业利润和消费者剩余分别进行比较。由结论 1 可知, $\Delta\pi_i > 0$ 企业通过合作研发, 企业利润得到了提高。由于消费者剩余为 $CS = (P_0 - P_i)q/2$, 因此, 将式(2)和式(3)以及式(9)和式(10)代入消费者剩余函数并相减可得合作研发后的消费者剩余与研发前的消费者剩余之差 $\Delta CS > 0$, 即合作研发后的消费者剩余大于研发前。由于通过合作研发, 企业利润和消费者剩余均得到了提高, 因此, 在网络外部性和投资溢出环境下, 若企业进行合作研发, 社会福利将得到提高。结论 2 证毕。

结论 2 表明, 企业通过合作研发, 不但可以降低生产成本和产品售价, 从而提高产品产量和销量以及企业利润, 而且使消费者剩余也从产品售价降低和产品销量增加中获利, 提高了消费者剩余, 最终提高了社会福利。因此, 在网络外部性和投资溢出环境下, 政府应多鼓励企业进行合作研发。

不妨命 $N_2 = (a_0 - \alpha)^2(2 + \beta)^2 - a_0(1 + \beta)^2 > 0$, 可得结论 3 和结论 4 如下。

结论 3: 在网络外部性和投资溢出环境下, 若企业进行合作研发, 双方均倾向于高兼容性和高溢出效应性, 当 $N_2 > 0$ 时, 双方均倾向于高网络外部性, 否则, 双方均倾向于低网络外部性。

证明: 由 $\partial\pi^*/\partial\beta > 0$ 和 $\partial\pi^*/\partial\theta > 0 (i = 1, 2)$, 可知双方的均衡利润随兼容性和溢出效应的提高而增加。由 $\partial\pi^*/\partial\alpha = N_2(P_0 - C_0)^2/(N_0^2 - N_1)^2 (i = 1, 2)$, 可知当 $N_2 > 0$ 时, $\partial\pi^*/\partial\alpha > 0$, 双方均衡利润随网络外部性的提高而增加, 否则, $\partial\pi^*/\partial\alpha < 0$, 双方均衡利润随网络外部性的提高而减少。因此, 在网络外部性和投资溢出环境下, 若企业进行合作研发, 双方均倾向于高兼容性和高溢出效应, 若 $N_2 > 0$, 双方均倾向于高网络外部性, 否则, 双方均倾

向于低网络外部性。结论 3 证毕。

结论 3 表明当产品兼容性较高时, 消费者购买本企业产品所获效用也能从竞争对手市场份额的提高中得到较大的增长(主要是可兼容网络效用得到增长), 因此, 产品的市场份额对消费者的购买决策的影响减小, 从而降低了市场份额在企业竞争中的地位, 以及企业间的市场竞争强度。当投资溢出效应较高时, 企业能从合作伙伴的研发投资中额外增加更多的研发投入, 企业就可以额外降低更多的单位生产成本, 因此, 高兼容性和高溢出效应将提高企业利润, 企业就会更倾向于高兼容性和高溢出效应。

由条件 $N_2 > 0$ 可以看出, a_0 越大, N_2 就越可能大于 0, 企业就越倾向于高网络外部性。这主要是因为, 当 a_0 较大时, 企业降低相同的产品价格所增加的产品销量低于 a_0 较小时的销量, 所以企业必然希望通过增大网络外部性来提高网络效用和消费者购买产品所获效用, 从而提高市场份额对消费者效用的正向作用力, 增强价格、网络外部性以及市场份额间的正反馈效应, 即产品价格的降低提高了产品销量和市场份额, 市场份额的增加则通过高网络外部性更大程度的提高了消费者效用, 从而又反过来刺激了消费者对产品产生更多的需求, 增加更多的产品销量和市场份额, 更大程度的提高企业利润。因此, a_0 越大, 企业就越倾向于高网络外部性。

当网络外部性 α 越小时, N_2 就越可能大于 0, 企业就越倾向于高网络外部性。同理, 当网络外部性较小时, 企业就期望通过增大网络外部性来增强价格、网络外部性以及市场份额间的正反馈效应, 从而更大程度的提高企业利润。但随着网络外部性越来越大, 市场份额在消费者效用中的地位越重要, 对消费者购买决策的影响越大, 在企业竞争中的地位越来越重要, 这时, 高网络外部性就会提高企业间的市场竞争强度, 导致企业为了争夺市场份额而展开过度的价格竞争, 从而降低了企业利润。因此, 网络外部性较小时, 企业更倾向于高网络外部性, 网络外部性较大时, 企业则更倾向于低网络外部性。

结论 4: 在网络外部性和投资溢出环境下, 若企业进行合作研发, 企业的研发动机和研发投入随兼容性和溢出效应的提高而增加, 当 $N_2 > 0$ 时, 研发动机和研发投入随网络外部性的提高而增加, 否则, 随网络外部性的提高而减少。

证明: 由于 $\partial\pi^*/\partial\beta > 0$ 和 $\partial\pi^*/\partial\theta > 0 (i = 1, 2)$, 因此企业的研发动机和研发投入随兼容性和溢出效应的提高而增加。当 $N_2 > 0$ 时, $\frac{\partial x_i^*}{\partial\alpha} = 2N_1N_2(P_0 - C_0)^2/(N_0^2 - N_1)^3 > 0 (i = 1, 2)$, 企业

合作研发动机和研发投入随网络外部性的提高而增加,否则, $\partial \pi_i^* / \partial \alpha < 0$, 企业的研发动机和研发成果随网络外部性的提高而减少。因此,在网络外部性和投资溢出环境下,若企业进行合作研发,企业的研发动机和研发投入随兼容性和溢出效应的提高而增加,若 $N_2 > 0$, 研发动机和研发投入随网络外部性的提高而增加,否则,随网络外部性的提高而减少。结论 4 证毕。

结论 4 表明,随着兼容性的提高,企业从市场份额的增加中获得的收益更大,因此,企业的研发动机就会更强,企业就会投入更多资源进行合作研发以降低生产成本和产品售价,提高产品市场份额和企业利润。当企业结成研发联盟进行合作研发时,实现了溢出效应的“内生性”,这时,随着投资溢出效应的变大,企业提高研发投入会给合作伙伴增加更多的额外研发投入,使其能更大程度的降低生产成本,从而提高了研发联盟从企业研发投入中所获收益,因此,联盟企业的研发动机越强,企业研发投入越多。

当 α_0 越大时, N_2 越有可能大于 0, 企业就越会随着网络外部性的提高而增加研发投入。这主要是因为,当 α_0 较大时,企业降低相同的产品价格所增加的产品销量低于 α_0 较小时的销量,而高网络外部性又会增强市场份额对消费者购买决策的影响,提高市场份额在企业竞争中的地位以及企业间的竞争强度,促使企业投入更多研发资源来更大程度的降低生产成本和产品售价,提高产品销量和市场份额,增加企业利润。因此, α_0 越大,企业就越会随着网络外部性的提高而增加研发投入。

当网络外部性 α 较小时, N_2 就越可能大于 0, 企业就越会随着网络外部性的提高而增加研发投入。同理,高网络外部性增强了企业间的竞争强度,促使企业增加研发投入来提高产品销量和企业利润。因此,当网络外部性较小时,企业会随着网络外部性的变大而增加研发投入。但当网络外部性过高时,高网络外部性所增强的价格、网络外部性和市场份额间正反馈效应就会导致企业稍微降低一点产品售价即能较大幅度的增加产品销量和市场份额,这时,企业就不必通过大量增加研发投入来大幅降低产品售价,企业的研发投入意愿和动机被削弱。因此,当网络外部性过大时,企业反而会随着网络外部性的变大逐渐减少其研发投入。

5 算例分析

研发联盟的参数如下:产品 $i(i = 1, 2)$ 的反需

求函数为 $P_i = 100 - 2q + 0.6(q_i + 0.4q_{3-i})$, 企业 $i(i = 1, 2)$ 的研发后单位生产成本为 $C_i = 26 - 1.2\sqrt{x_i^2 + 0.5x_{3-i}^2}$ 。

求解可得研发前后的联盟均衡解如表 1 所示。

表 1 研发前后的联盟均衡解

研发阶段	研发投入	产品售价	产品销量	企业利润	社会福利
研发前	—	49.41	16	358.79	1527.43
研发后	73.42	39.99	19	431.43	2002.39

由表 1 可以看出,通过合作研发,企业降低了生产成本,因此可以通过将产品售价由 49.41 降低为 39.99,将产品销量由 16 提高到 19,从而将企业利润由 358.79 提高到 431.43,社会福利则从 1527.43 提高到 2002.39。

接下来,本文将对研发联盟的主要参数进行灵敏度分析,研究这些参数变化对企业研发动机、利润以及社会福利等的影响。

由图 1 可以看出,由于 $N_2 \in (1.84, 19.12) > 0$, 因此,正如论文得出的分析结论所指出,企业的研发动机和投入、产品销量、企业利润以及社会福利均随着网络外部性、兼容性和投资溢出效应的增强而逐步提高,产品售价则随网络外部性和投资溢出效应的增强而不断降低,随兼容性的增强而提高。因此,企业应生产网络外部性、兼容性较高的产品,并且企业间应加强技术和信息的沟通,尤其是研发信息和技术的互换,以此提高研发投资溢出,增加企业研发投入和利润,提高社会福利。

6 结论

本文建立了网络外部性和投资溢出效应环境下的双寡头合作研发博弈模型,研究了双寡头企业的合作研发动机及研发投资策略,并分析了网络外部性、产品兼容性以及投资溢出等对企业合作研发动机及研发投资策略、企业利润以及社会福利等的影响。研究表明,合作研发提高了企业利润,消费者剩余和社会福利,因此,企业愿意进行合作研发,政府也应鼓励企业加强合作研发。当产品兼容性较大或外部性较小时,企业的合作研发动机、研发投入、企业利润以及社会福利均随网络外部性的提高而增加。随着兼容性和溢出效应性的增大,企业的合作研发动机、研发投入、企业利润以及社会福利均会得到提高,因此,政府应鼓励企业生产网络外部性较高、兼容性强的产品,并加强研发信息和技术的沟通交流,以增强投资溢出效应,激励企业投入更多研发资源,提高企业利润和社会福利。

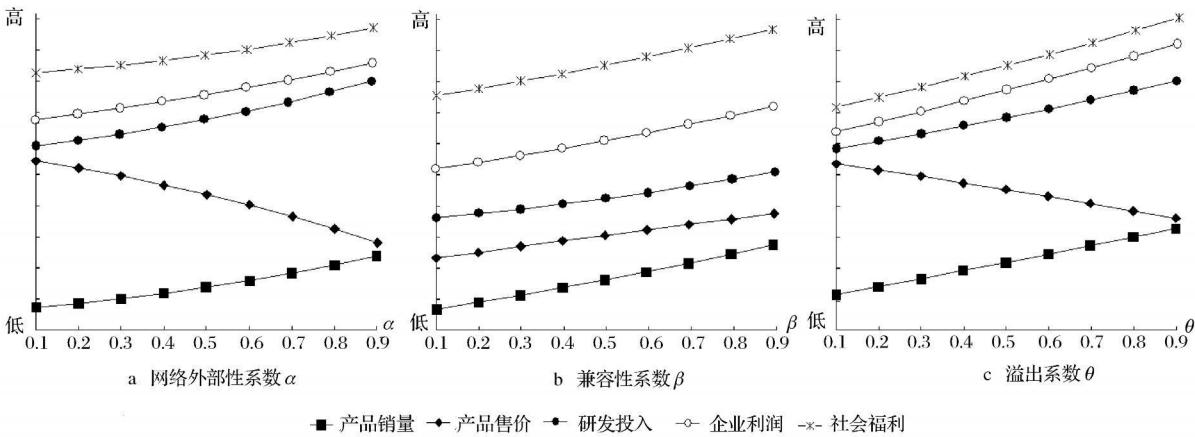


图 1 主要参数对企业策略、利润及社会福利的影响

参考文献

[1] HWANG W, OH J. Adoption of new online services in the presence of network externalities and complementarities [J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2009, 8(1): 3-15.

[2] SARKAR S N. R&D Expenditure and Entry Deterrence in Presence of Network Externality[Z]. Working Paper Series, 2004.

[3] CERQUERA D. R&D incentives, compatibility and network externalities [Z]. ZEW Discussion Papers No. 06-093, 2006.

[4] KIM J Y. Product compatibility and technological innovation[J]. International Economic Journal, 2000, 14(3): 87-100.

[5] SAASILAHITI P. R&D strategy and network compatibility [J]. Economics of Innovation and New Technology, 2006, 15(8): 711-733.

[6] 杨勇, 达庆利. 网络外部性下不对称企业技术创新投资决策研究[J]. 管理工程学报, 2007, 21(1): 47-50.

[7] 黄波, 孟卫东, 任玉珑. 基于投资溢出的并行研发联盟成员投资策略研究[J]. 预测, 2009, 28(2): 42-46.

[8] HUANG B, MENG W D, LI Y. Y. Partners' Resource commitment Decisions in R&D Outsourcing [C]. International Conference on Engineering, Services and Knowledge Management, 2008.

[9] 张秀武, 王波. 两个维度下的知识溢出对区域高技术产业技术创新的影响 [J]. 技术经济, 2009, 2(10): 1-5, 10.

[10] 文守逊, 郑存丽. 基于网络外部性的双寡头企业 R&D 合作研究[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(4): 68-71.

[11] GE Z H, HU Q Y. Collaboration in R&D activities: Firm specific decisions[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 185(2, 1): 864-883.

Game Model of Cooperative R&D with Network Externality and Input Spillover

Meng Weidong, Zhao, Shihai, Xing Kunlun

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

Abstract: In this paper, a game model of cooperative R&D with network externality and input spillover is developed, and enterprises' cooperative R&D policies are studied. The impact of network externality, compatibility and spillover effect on enterprises' incentives and profits as well as social welfare are analyzed. It is shown that cooperative R&D will increase enterprises' profits and social welfare; high externality will enhance R&D incentives and profits of enterprises and social welfare when compatibility is large or externality is small; and high compatibility and input spillover will always enhance them. Therefore, government should encourage enterprises to manufacture products with high network externality and compatibility, and increase input spillover, in order to raise R&D investment, enterprises' profits and social welfare.

Key words: network externality; compatibility; input spillover; cooperative R&D