

嵌入式创新生态系统平台赋能模型构建与仿真

赵红^{1,2}, 张昆灿¹, 姚鸽^{1,2}

(1. 中国科学院大学 经济与管理学院, 北京 100190; 2. 中国科学院大学 中丹学院, 北京 100190)

摘要: 基于嵌入式创新生态系统平台赋能特征, 根据物理学中的熵增定律与耗散结构理论, 构建核心企业对成员企业的平台赋能作用模型并进行仿真。总结了嵌入式创新生态系统平台赋能的基本特征和独特性, 并进一步揭示了其赋能的内在规律, 有助于丰富相关研究并为企业创新绩效提升以及赋能策略提供参考。

关键词: 嵌入式创新生态系统; 平台赋能; 创新绩效; 熵增定律; 耗散结构理论

中图分类号: F127

文献标志码: A

Platform Empowerment Model Construction and Simulation of Embedded Innovation Ecosystem

ZHAO Hong^{1,2}, ZHANG Kuncao¹, YAO Ge^{1,2}

(1. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. Sino-Danish college, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: Based on the platform empowerment characteristics of embedded innovation ecosystem, this study constructs the platform empowerment model between core enterprises and cooperative member enterprises according to the law of entropy increase and dissipative structure theory in physics, and conducts simulation analysis. This research figures out the basic features and uniqueness of platform empowerment in the embedded innovation ecosystem as well as reveals the intrinsic effect, it is helpful to enrich relevant research and provide reference for enterprise innovation performance improvement and platform empowerment strategy.

Key words: embedded innovation ecosystem; platform

empowerment; innovation performance; law of entropy increase; dissipative structure theory

党的二十大报告中强调要强化企业科技创新主体地位, 实施创新驱动发展战略、实现高质量发展^[1]、建设科技创新中心^[2]。新兴技术的发展创造和衍生出大量新兴行业。经济水平提升与社会进步促使消费者需求升级, 增强了其对个性化、智能化、创新性产品的需求。在政策环境、技术推动与市场拉动等多重作用下产生了大量创新机遇。但是新行业从出现到稳定的窗口期越来越短, 企业创新机会稍纵即逝且创新风险增大。于是大企业不得不提前布局、快速进入新兴行业抢占席位。而大量后发小企业受到战略能力与资源禀赋不足的限制, 难以具备相关的营销资源实现商业化。基于此, 新型合作模式应运而生, 即有着市场成功经验的企业依托其资本、管理模式、合作伙伴、强大的渠道体系等资源来搭建战略明确、供应链相对完备、营销渠道畅通的创新创业框架, 探寻特定领域的科技创新企业, 令其嵌入到该框架中进行创新研发、提供契合的创新产品或者服务。这样企业之间可以降低创新风险并且提升创新绩效, 从而实现共赢。

Adner^[3]首次将生态系统的概念运用于企业创新, 认为创新生态系统是以实现核心价值主张而相互协同的多群体集合的一致性结构。创新生态系统有助于企业与外部环境要素进行交互, 从而形成相互依赖的统一整体^[4]。黄敏^[5]主张创新生态系统是由核心企业与相关组织围绕共同创新目标频繁地进行资源交换从而建立并发展起来的一种系统化网络组织形式。创新生态系统各要素之间互补协调有助

收稿日期: 2023-02-21

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71972175); 国家社会科学基金重大项目(208-ZD075); 国家重点研发项目(2017YFB1400400)。

第一作者: 赵红(1963—), 女, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为创新管理, 品牌战略, 数字营销创新。
E-mail: zhaohong@ucas.ac.cn

通信作者: 姚鸽(1994—), 女, 博士生, 主要研究方向为创新管理, 战略管理, 品牌管理。
E-mail: yaoge17@mails.ucas.ac.cn



论文
拓展
介绍

于缓和、解决创新研发不确定性、资源稀缺性、创新能力限制等矛盾,能够从整体上提升系统成员的抗风险性与竞争能力。从技术功能构成视角,企业创新生态系统可以理解为由核心技术与部件技术、产品与应用角色、支持与基础设施角色等关联技术组成的系统^[6]。Gawer和Cusumano^[7]进一步指出创新生态系统是以产品、服务、技术为要素构成的产业平台,外部创新者基于该平台发展互补性产品、技术或服务。其包含供给方和需求方在内的由核心企业(平台)相连接、因价值创造与获取利用相联系的网络组^[8]。可以支持生产方与需求方在内的多主体参与者依托核心企业或平台相互关联,与外部环境共同进化,从而实现价值共创与利益共享^[9]。

创新难以孤立发生,考虑到企业间关系的动态性和复杂性,“嵌入”是企业与环境其他行动者建立联系^[10],突出了关系或者结构对经济行为的制约作用^[11-13]。Granovetter^[14]提出结构嵌入和关系嵌入,认为这两种嵌入有利于企业在经济活动中建立信任关系与避免机会主义行为。而且基于嵌入性扩展的概念被认为会对企业行为和绩效施以影响^[15-16],嵌入性对于揭示创新生态系统作用机制有着重要意义^[17-18]。本研究基于嵌入视角和创新生态系统的概念,提出嵌入式创新生态系统。企业之间的关系构建是创新生态系统建设与管理的核心^[19]。与此同时,平台赋能相关问题也引起了学界的关注^[20-21],平台赋能实际上是资源赋能^[22],但不同于一般的资源共享。这是因为互联网平台企业所开放的资源不是初始零散资源,而是资源高度整合后形成的具有特定功能的资源模块,即“操作性资源”^[23]。因此平台赋能更加强调行动能力赋予^[24]。

目前,由于创新生态系统是以企业间特定的合作关系为基础,但是研究缺乏对各企业成员合作和赋能模式的系统研究。嵌入式创新生态系统成为新兴趋势但是相关研究和实践案例较少,尚未引起广泛讨论。

本文聚焦于嵌入式创新生态系统中的合作关系,试图探索核心企业与成员企业之间的合作关系构建,从而提升各企业之间的创新绩效。针对于嵌入式创新生态系统,本文探究如下问题:

(1)平台赋能都有哪些特征?即细化为哪些维度的赋能?

(2)平台赋能存在何种作用规律?本研究将成员企业基于嵌入式合作所具备的盈利能力视为赋能效果指标,采用物理学中的熵增定律与耗散结构理

论,针对性地研究嵌入式创新生态系统平台赋能的内在规律和机理,丰富了相关领域研究。

1 理论背景与模型构建

1.1 理论背景

劳克修斯的熵增定律(热力学第二定律)与普利高津的耗散结构理论是重要的物理学理论,后来被引入企业管理研究。这两个理论能在一定程度上反映企业衰落与成长过程,解释企业开放性、与外界互动强弱以及内部作用机制等对企业可持续发展的影响。熵增定律表明,在孤立系统内部,熵会持续增大直至达到“平衡态”,此时系统进入极端混乱状态。与之相对的耗散结构理论则认为,处于非平衡态的开放系统,与外界持续进行物质和能量的交换,物质和能量在系统内部经过一系列非线性作用后使系统形成新的有序运行状态,从而避免系统功能混乱。嵌入式创新生态系统中,接受平台赋能的成员企业满足耗散结构的形成条件,即开放性、非平衡态、非线性作用、涨落波动。

1.1.1 开放性

嵌入式创新生态系统中核心企业与成员企业之间建立创新合作关系,双方通过资源整合推进创新及市场化,这体现了开放式创新的思想。企业的资源基础和盈利目标决定了其与外部互动的必要性。嵌入式创新生态系统中成员企业一般为科技企业,市场化能力不足、难以抵御外部竞争,很难与市场进行有效的物质和能量交换。因此互动过程中不仅没有引入负熵流,还可能进一步产生正熵流,对企业经济造成消极影响。而被赋能的成员企业,依靠互补性资源可以提高自身的开放性,扩大其可触达和利用的外部资源范围。平台资源与成员企业内部资源融合作用产生负熵,这样可以抵消成员企业内部熵增,提高其内部有序性以及与市场互动的有效性。

1.1.2 非平衡态

成员企业需要远离平衡态,保证能够持续输入和输出资源,与外界保持良性互动,才可能形成耗散结构,优化企业经济效率以促发展。由于成员企业初创性致使企业内部组织结构、资源配置、功能方面均存在不平衡,更加偏重技术创新而非商业化能力建设,促使其借助吸收外部资源解决企业内部的不平衡。而核心企业作为创新主导方,不仅为成员企业创新提供孵化环境和资源支持,还为其市场化提

供营销相关的资源支持。双方存在地位与资源上的势差,赋能方与受益方的不平衡促进了资源流动,帮助成员企业获取、吸收和利用所需资源。

1.1.3 非线性作用

系统通过与外界互动引入新的物质和能量,这些新的要素只有与系统已有要素产生非线性的相互作用,才可能促使系统向有序结构转变。成员企业接受赋能,并且吸收、融合和利用资源来实现企业自身效率与能力提升。而这种提升作用受不同因素的影响,这是多种维度的平台资源在成员企业内部经过非线性系统运动的结果。简言之,成员企业通过平台赋能获得资源和知识,再经过多重复杂的作用机制,激发和提升了其内部功能,加强了有序性。

1.1.4 涨落

相比于孤立创新,科技企业进入嵌入式创新生态系统后与外界互动程度更高。成员企业从外界获得更多的资源与知识,促使其内部非线性运动也更加强烈,当成员企业内某些参量趋近于临界值时,会发生质变并形成新的有序结构,即涨落。涨落使企业效率结构由低转高,实现了赋能目标。因此,核心企业利用成员企业研发能力实现其创新战略布局,而赋能的同时也推动成员企业市场竞争能力与盈利水平增长,帮助其从风险较高的初创期顺利过渡至成长期,从而达到双赢。

1.2 模型构建

根据任佩瑜等^[25]关于企业管理熵与管理耗散的数学表达式,设置嵌入式创新生态系统中成员企业管理系统熵的表达式如下:

$$S_T = S_i + S_e \quad (1)$$

式中: S_T 表示成员企业的管理系统熵; S_i 表示成员企业的管理(正)熵; S_e 表示成员企业接受平台赋能所形成的管理耗散(管理负熵),暂不考虑其他内外因素所产生的管理负熵。

企业的管理正熵取决于其制度、技术、资源、能力等多种企业因素^[25-26],企业管理正熵反映了企业内部管理的混乱程度,管理正熵越小则企业管理效率越高。为了简化模型,对于既定的成员企业,在研究期内不考虑其自身因素的变化,则 S_i 为常数。成员企业的管理正熵 S_i 与其初始管理效率负相关。

根据任佩瑜等^[25],成员企业接受平台赋能所产生的管理负熵的数学表达如下:

$$S_e = \sum_{i=1}^5 K_i S_{ei} \quad (2)$$

式中: $i(i=1,2,\dots,5)$ 分别表示影响 S_e 的赋能维度:平台数据赋能、连接赋能、商业化赋能、运营赋

能、技术赋能; $S_{ei}(i=1,2,\dots,5)$ 分别表示以上各维度对成员企业所产生的管理负熵,其绝对值 $|S_{ei}|$ 反映了各维度的赋能水平; $K_i(i=1,2,\dots,5)$ 分别表示以上各维度的权重, $\sum_{i=1}^5 K_i=1$ 。

平台赋能各维度对成员企业所产生的管理负熵 $S_{ei}(i=1,2,\dots,5)$ 进一步取决于各维度包含的子因素,则

$$S_{ei} = K_{Bi} \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

式中: K_{Bi} 表示平台赋能维度 i 的赋能系数,反映了核心企业对成员企业在资源维度 i 上的平均赋能水平; $P_{ij}(i=1,2,\dots,5;j=1,2,\dots,n)$ 表示平台赋能维度 i 所包含的子因素 j 影响成员企业管理负熵的概率, $\sum_{j=1}^n P_{ij}=1$ 。一般来讲,平台数据赋能维度的子因素包括消费者画像、创新需求识别、需求量预测、销售及评价等数据;平台连接赋能维度的子因素包括投资商、供应商、服务商、流量等方面的连接以及其他互补性群体连接;平台商业化赋能维度的子因素包括品牌、渠道、支付、配送、售后服务等;平台运营赋能维度的子因素包括运营经验、商业模式、数字化运营能力等;平台技术赋能维度的子因素包括专利授权、技术接口共享、辅助开发等。

平台赋能各维度子因素影响成员企业管理负熵的概率取决于该维度各子因素的赋能强度及其权重。用 $Q_{ij}(i=1,2,\dots,5;j=1,2,\dots,n)$ 表示平台赋能维度 i 所包含的子因素 j 的赋能强度,其对应权重用 $w_{ij}(i=1,2,\dots,5;j=1,2,\dots,n)$ 表示, $\sum_{j=1}^n w_{ij}=1$,则有

$$P_{ij} = \frac{Q_{ij}/w_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_{ij}/w_{ij}} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

已知熵反映系统的紊乱程度,科技企业企业在独立状态下的管理系统熵达到最大,即 S_i ,此时企业无序性很高,经济效率很低,这符合企业生命周期中初创阶段风险最大,企业存活率较低的现实情况。企业在进入嵌入式创新生态系统后接受核心企业平台赋能从而引入负熵,抵消正熵,形成耗散结构,企业内部无序性减弱,竞争能力增强,此时,科技企业的管理系统熵为 $S_i + S_e$ 。

根据林进智和任佩瑜^[26]、谷奇峰和吕廷杰^[27]构建成员企业资源效能关于企业管理系统熵的函数如下:

$$Y_T = e^{-S_T} \quad (5)$$

式中: Y_T 表示成员企业资源效能; S_T 表示成员企业的管理系统熵。那么,成员企业的盈利能力 E_T 可表

示如下:

$$E_T = \frac{\lambda Y_T C_T - C_T}{C_T} = \lambda Y_T - 1 \quad (6)$$

式中: λ 表示嵌入式创新生态系统成员企业对合作创新收益的分成比例; C_T 表示成员企业的资源投入成本。

2 模型分析与假设

基于熵增定律与耗散结构理论构造的成员企业盈利能力模型反映了核心企业平台赋能作用,下面将通过成员企业盈利能力 E_T 的数学表达式进行数理分析,揭示嵌入式创新生态系统平台赋能的作用规律。

2.1 门槛效应

由于平台赋能对成员企业产生的负熵 S_e 恒小于零,且 S_e 越小表示成员企业的内部效率越高,为了便于理解,本文使用 S_e 的绝对值大小进行分析和说明。由前面的模型建构过程可知, $|S_{ei}|$ 反映了平台各维度的赋能水平,该水平取决于对应维度包含的所有子因素的赋能强度及其权重; $|S_e|$ 则反映了平台赋能的整体水平。

已知成员企业盈利能力(E_T)为

$$E_T = \lambda e^{-S_i - S_e} - 1 \quad (7)$$

就本研究而言,式(7)可以改写为

$$E_T = \lambda e^{|S_e| - S_i} - 1 \quad (8)$$

$$|S_e|^* = S_i - \ln \lambda \quad (9)$$

其中式(8)函数关系的图像如图1所示。

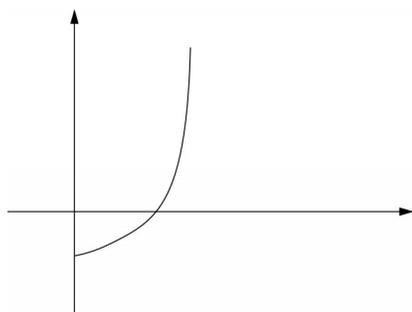


图1 嵌入式创新生态系统成员企业盈利能力的函数图像
Fig. 1 Functional graph of the profitability of member firms in the embedded innovation ecosystem

图1也显示,嵌入式创新生态系统成员企业在接受核心企业平台赋能过程中,如果平台赋能对成员企业产生的管理负熵绝对值大小 $|S_e|$ 超过 $|S_e|^*$ 后,那么成员企业将发生质变,其盈利能力跨越 $E_T = 0$ 的水平线,再次证明了以上推理。据此,提出如下

假设。

H1:嵌入式创新生态系统平台赋能具有门槛效应:对于不具备独立盈利能力的成员企业,只有当平台赋能对其产生的管理负熵绝对值达到门槛值后才能使成员企业具备盈利能力,门槛值的大小与成员企业的初始管理效率正相关。

2.2 边际递增规律

将 $|S_e|$ 视为一个整体,对(8)式等号两边求 $|S_e|$ 的二阶偏导,可得

$$\frac{\partial^2 E_T}{\partial |S_e|^2} = \lambda e^{|S_e| - S_i} > 0 (S_e < 0) \quad (10)$$

式(10)显示, E_T 对 $|S_e|$ 的二阶导数大于0,说明 E_T 关于 $|S_e|$ 边际递增。嵌入式创新生态系统平台赋能效果不是线性的,随着平台赋能对成员企业产生的负熵的绝对值大小的增进,成员企业的管理系统熵结构不断变化,企业盈利能力加速增长,其变化趋势与图1相符。式(10)还显示, E_T 对 $|S_e|$ 的二阶导数与 S_i 负相关,而 S_i 是成员企业管理效率的反向指标。因此,成员企业的初始管理效率越强,平台赋能的边际作用越大。据此提出如下假设。

H2:嵌入式创新生态系统平台赋能具有边际作用递增规律:成员企业的盈利能力关于平台赋能对其产生的管理负熵绝对值边际递增,递增程度与成员企业的初始管理效率正相关。

2.3 系统效应

下面进一步探讨各资源维度在平台赋能过程中所起的作用。

式(7)可转换为

$$E_T = \lambda e^{\sum_{i=1}^5 K_i |S_{ei}| - S_i} - 1 \quad (11)$$

将 $|S_{ei}|$ 视为一个整体,对式(11)等号两边分别求 $|S_{ei}|$ ($i=1, 2, \dots, 5$)的偏导,可得

$$\frac{\partial E_T}{\partial |S_{ei}|} = K_i \lambda e^{-\sum_{i=1}^5 K_i |S_{ei}| - S_i} > 0 \quad (12)$$

这说明针对某一平台赋能维度 l ($l \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$),该维度对成员企业产生的管理负熵的绝对值 $|S_{ei}|$ 越大,成员企业的盈利能力越强;该维度的权重 K_l 越大、其他维度的赋能水平 $|S_{ei}|$ ($i \neq l$ 且 $i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$)越大,该维度赋能水平对成员企业盈利能力的边际提升作用越大。其他维度的赋能作用同理。由此可知,平台各维度赋能水平对成员企业盈利能力的提升具有积极作用,并且各维度赋能水平的边际作用均依赖于该维度的权重以及其他维度的赋能

水平。

综上,平台各维度赋能效果不是相互独立的,而是彼此依赖,核心企业平台赋能作用是各维度资源赋能及其权重之间共同复杂作用的结果,是非线性和系统性的。各维度资源赋能之间彼此推动,突破了单一维度资源赋能的有限性,系统性的多维度资源赋能更易突破临界值,产生质变,致使成员企业盈利能力大幅增加。据此,提出如下假设。

H3:平台各维度资源赋能作用相互依赖,具有非线性和系统性。单一维度的资源赋能作用有限,平台各维度资源的边际赋能作用与该维度的权重正相关。

2.4 结构效应

将式(3)转换为

$$S_{ei} = K_{Bi} \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Q_{ij}/\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij}}}{\ln \frac{Q_{ij}/\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij}}} \quad (13)$$

将(13)式进一步简化为

$$|S_{ei}| = K_{Bi} \frac{\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij} \ln Q_{ij}/\omega_{ij} - K_{Bi} \sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij} \ln Q_{ij}/\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij}} \quad (14)$$

对式(14)等号两边分别求 $Q_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$ 的偏导,可得

$$\frac{\partial |S_{ei}|}{\partial Q_{ij}} = \frac{K_{Bi} \left(\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij} \ln Q_{ij}/\omega_{ij} - \ln Q_{ij}/\omega_{ij} \sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij} \right)}{\omega_{ij} \left(\sum_{j=1}^n Q_{ij}/\omega_{ij} \right)^2} \quad (15)$$

以上关系说明,针对平台赋能的某一既定维度 i , 随着其中一个子因素 j 赋能强度的提高(其他子因素赋能强度不变),该资源维度赋能水平 $|S_{ei}|$ 先升后降,存在最优的子因素赋能强度 Q_{ij}^* 。而 Q_{ij}^* 与该维度其他子因素的赋能强度及其权重有关。当 Q_{ij}/ω_{ij} 之间的取值大小越接近时, Q_{ij} 越接近于 Q_{ij}^* ; 当 Q_{ij}/ω_{ij} 的取值完全相同时, Q_{ij} 分别等于 Q_{ij}^* , 此时资源维度 i 的赋能水平 $|S_{ei}|$ 达到最大。

因此,就特定资源维度而言,在投入成本既定的情况下,该资源维度的赋能水平取决于子因素的赋能结构。相对平衡的赋能结构(在考虑各个子因素权重的情况下)更有利于实现资源维度赋能水平的

最大化。据此,提出如下假设。

H4:在平台赋能的具体维度层面,维度资源投入成本既定的情况下,该资源维度赋能水平在其子因素赋能结构平衡时达到最大。并且,子因素权重越大,对该因素赋能强度的要求越高。

综上,H1和H2分别阐述了嵌入式创新生态系统平台赋能总体水平对成员企业盈利能力作用的门槛效应与边际递增规律,而H3和H4分别论述了平台各维度资源赋能之间的系统效应与结构效应的内在规律。据此构造平台赋能实现机制的理论模型,如图2所示。

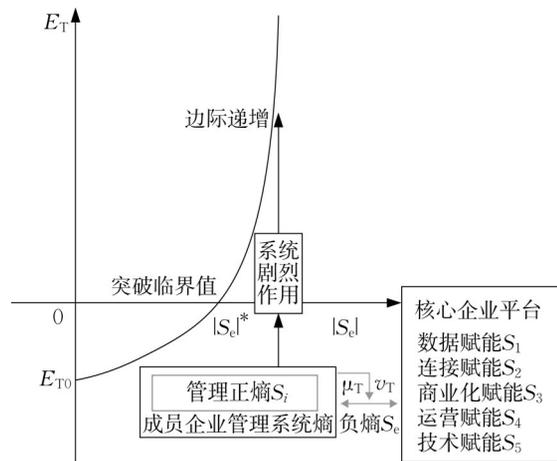


图2 嵌入式创新生态系统平台赋能机制的理论模型
Fig. 2 Theoretical Model of Embedded Innovation Ecosystem Platform Empowerment Mechanism

根据图2,考虑到嵌入式创新生态系统中成员企业多为科技企业创业企业,在独立状态下因企业制度、技术、资源等多种综合因素产生管理正熵,企业内部效率较低,往往不具备独立的盈利能力。成员企业接受赋能后,产生管理负熵抵消正熵,提高了企业内部有序性。本质上讲,核心企业与成员企业资源碰撞并经过复杂的、非线性的剧烈作用后,成员企业盈利水平得到增强,呈指数上升。突破临界值后发生质变,成员企业获得盈利能力。

3 数值仿真与假设检验

研究利用 Matlab 进行数值模拟仿真实验,直观反映嵌入式创新生态系统平台赋能的门槛效应与边际递增规律。仿真三维曲面图如图3所示,X轴表示成员企业接受平台赋能所形成的管理负熵的绝对值 $|S_e|$, Y轴表示成员企业的管理正熵 S_i , Z轴表示成员企业的盈利能力 E_T 。检验假设过程中对相关参数和

取值进行赋值后,得到赋值得分(如坐标轴数值所示)。

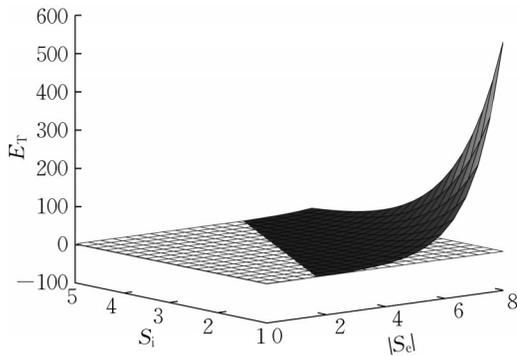


图3 嵌入式创新生态系统平台赋能门槛效应与变化趋势仿真
 Fig. 3 Threshold effect and trend simulation of embedded innovation ecosystem platform empowerment

图3中空网格平面为嵌入式创新生态系统成员企业盈利能力 $E_T=0$ 的横截面,横截面以上的部分表示成员企业具有盈利能力。可以看出随着成员企业管理正熵 S_i 的增大,平台赋能曲面图与 $E_T=0$ 的横截面的交点对应的 $|S_e|$ 增大。这说明,对于初始状态下不具备独立盈利能力的成员企业而言,只有当平台赋能对成员企业产生的管理负熵的绝对值达到一定阈值时,成员企业才能具备盈利能力,并且该门

槛值的大小关于成员企业的管理正熵递增,H1得到验证。

由图3还可以看出,在成员企业管理正熵 S_i 一定的条件下,随着平台赋能对成员企业产生的管理负熵的绝对值 $|S_e|$ 的提高,成员企业的盈利能力呈指数递增趋势,并且,递增幅度受到成员企业的管理正熵 S_i 的反向调节。这表明平台赋能总体水平 $|S_e|$ 对成员企业盈利能力的作用具有边际递增规律,增速与成员企业管理正熵负相关,H2得到验证。

平台赋能的根本驱动是核心企业平台的资源赋能,为了研究平台各维度资源赋能之间的规律,在基本参数取值既定的基础上,针对H3设置相应的参数取值与变量取值范围,利用Matlab分别进行单一维度与多维度资源赋能数值模拟仿真实验,直观反映平台各维度资源赋能之间的系统效应以及数据赋能维度的权重因素在其中的调节作用。由于各维度资源赋能作用规律具有一定的相似性,以数据赋能维度为代表的数值模拟仿真实验能够代表和反映其他维度的赋能规律,故不再重复进行其他维度的数值模拟仿真实验。平台资源赋能系统效应的仿真三维曲面图如图4所示,X轴表示核心企业平台数据赋能水平 $|S_e|$,Y轴表示数据赋能维度的权重 K_1 ,Z轴表示成员企业的盈利能力 E_T 。

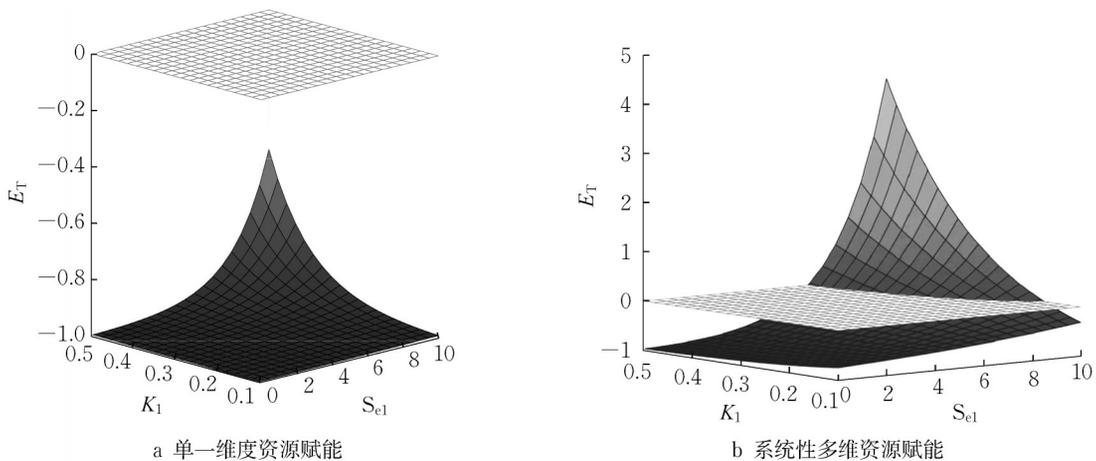


图4 嵌入式创新生态系统平台资源赋能的系统效应仿真

Fig. 4 Simulation of the system effect of resource empowerment of the embedded innovation ecosystem platform

图4a中顶部空心网格平面为嵌入式创新生态系统成员企业盈利能力 $E_T=0$ 的横截面,横截面以上的部分表示成员企业具有盈利能力。图4a显示,在单维度资源赋能即数据赋能的作用下,尽管随着数据赋能水平 $|S_e|$ 以及数据赋能权重 K_1 的增大,成员企

业亏损在减小,但仍然难以实现盈利,单维资源赋能作用有限。图4b中底部空心网格平面为成员企业盈利能力 $E_T=0$ 的横截面,横截面以上的部分表示成员企业具有盈利能力。图4b显示,在系统性多维资源赋能作用下,成员企业易发生质变,很快实现从无法

盈利到具备盈利能力的转变。因此,核心企业平台资源赋能的各个维度之间是相互依赖、共同作用的,具有系统性。此外,图4a和图4b均显示数据赋能权重 $K1$ 越大,数据赋能水平 $|S_c1|$ 对成员企业盈利能力 E_T 的促进作用越强。这表明就某一特定维度而言,该维度的权重对该维度赋能效果具有积极的调节效应。H3得到验证。

进一步研究平台各维度资源赋能的内部规律,类似于各维度之间的系统效应,各维度资源赋能的内部规律也存在一定的相似性,仅以平台数据赋能的内部规律仿真为代表,不再重复进行其他维度的数值模拟仿真实验。针对H4,利用Matlab分别进行非平衡与相对平衡结构数据赋能的数值模拟仿真实

验,直观反映资源维度内部子因素投入结构的赋能规律以及子因素权重的调节作用。资源维度内部结构赋能规律的仿真三维曲面图如下图5所示,顶部空心网格平面表示在完全平衡结构下数据资源维度所能达到的赋能水平的横截面。图5a中, X 轴表示数据资源维度中创新需求识别数据的赋能强度 Q_{11} , Y 轴表示数据赋能维度中需求量预测数据的赋能强度 Q_{12} , Z 轴表示核心企业数据资源维度的赋能水平 $|S_c1|$ 。图5b中, X 轴表示数据资源维度中创新需求识别数据的赋能强度 Q_{11} , Y 轴表示数据赋能维度中创新需求识别数据的赋能权重 w_{11} , Z 轴表示核心企业数据资源维度的赋能水平 $|S_c1|$ 。

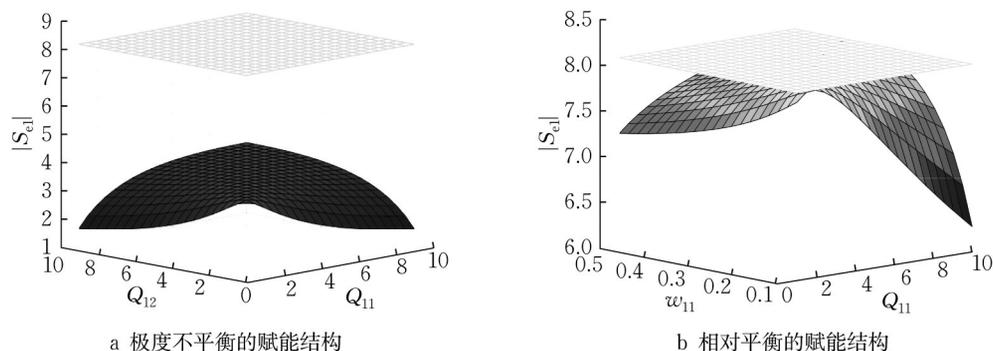


图5 资源维度内部结构的赋能规律仿真

Fig. 5 Simulation of the empowerment pattern of the internal structure of the resource dimension

图5a显示,对于数据资源维度,当其内部子因素用户画像数据、产品销售数据、用户评价数据的赋能强度很低时,即使子因素创新需求识别数据、需求量预测数据的赋能强度很高,数据资源维度的赋能水平(底部网格曲面)与完全平衡结构下数据资源维度的赋能水平(顶部网格平面)仍然存在较大差异。图5b显示,在相对平衡结构下,随着结构平衡度的提升,数据资源维度的赋能水平(上端网格曲面)逐渐接近完全平衡结构下的数据资源维度的赋能水平(顶部网格平面)直至相切。对比图5a与5b发现,相对平衡结构下的数据资源维度的赋能水平明显高于不平衡结构下的数据资源维度的赋能水平。以上分析表明对于各资源维度,其赋能水平与其内部子因素赋能结构的平衡程度正相关。此外,由图5b中三维曲面图与顶部网格平面的切线可以看出,创新需求识别数据赋能强度 Q_{11} 对数据资源维度赋能水平 $|S_c1|$ 的作用受到创新需求识别数据的权重 w_{11} 的正向调节。H4得到验证。

4 研究总结与展望

嵌入式创新生态系统中,平台赋能是核心企业吸引优秀的科技企业、降低创新风险、促进合作创新绩效提升的重要手段。平台赋能使成员企业创新产品或者服务的盈利能力倍数放大,推动成员企业高速增长。通过赋能,核心企业能够不同程度地参与合作创新的各个环节,保障了平台赋能资源与成员企业研发产品的匹配性、创新环节的连贯性以及创新合作的整体性,全面孵化与加速成员企业产品或者服务创新。本研究在分析嵌入式创新生态系统平台赋能特征的基础上,选择物理学中的熵增定律与耗散结构理论作为研究的理论基础,构建了核心企业对成员企业平台赋能作用的数学模型,着力研究嵌入式创新生态系统平台赋能的内在作用规律,有助于对其更加深入了解。主要研究结论如下:

(1)嵌入式创新生态系统平台赋能主要有三大特征:是一种全过程赋能,存在创新技术共享,具有

规模经济效应。根据能力属性的不同,作者将嵌入式创新生态系统核心企业赋予成员企业的基本能力提炼为四个维度:数据能力、连接能力、商业化能力与运营能力。核心企业向成员企业赋予的基本能力是同质化的,具有规模经济特征,这样便于核心企业在可控成本内能够向大量成员企业进行赋能。此外,核心企业会根据创新目标有针对性地的成员企业共享部分创新技术。

(2)嵌入式创新生态系统平台赋能存在如下作用规律:门槛效应、边际作用递增、系统性、结构性。对于不具备独立盈利能力的成员企业,只有当平台综合赋能达到一定水平时,成员企业才能具备盈利能力,并且成员企业的盈利能力随着平台综合赋能水平递增。平台赋能各维度资源赋能作用相互依赖,单维资源赋能作用有限。就各资源维度而言,其赋能水平受其子因素赋能结构的影响,赋能水平在子因素赋能结构平衡时达到最大。

未来的研究可以在此研究结论基础上结合企业实例进行论述和探索。在嵌入式创新生态系统中,核心企业可能会直接参与到合作企业的设计、生产和销售等全商业过程,如何向合作企业赋能成为企业重要战略之一。核心企业在平台赋能过程中要兼顾系统性与平衡性,促使系统成员拥有较快的成长速度与较强的盈利能力,从而在激烈的市场竞争中发展壮大并实现共赢。

作者贡献声明:

赵红:提出研究主题、构建研究框架以及确定行文思路和研究方法,针对研究主题提出对策建议、论文撰写与审阅;

张昆灿:完善研究方法、数据仿真和处理、模型构建、推演和改进与论文撰写;

姚鸽:参与研究框架和逻辑结构设计、确定研究方法、论文撰写、整理与修正。

参考文献:

- [1] 李晓红. 强化企业科技创新主体地位 [EB/OL]. [2023-02-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-12/26/content_5733549.htm.
LI Xiaohong. Strengthen the dominant position of enterprises in technological innovation [EB/OL]. [2023-02-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-12/26/content_5733549.htm
- [2] 谢文新. 实施创新驱动发展战略,建设科技创新中心 [EB/OL]. [2023-03-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1759674685306171349&wfr=spider&for=pc>
XIE Wenxin. Implement the innovation-driven development strategy and build a science and technology innovation center

- [EB/OL]. [2023-03-01]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1759674685306171349&wfr=spider&for=pc>
- [3] ADNER R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem [J]. *Harvard Business Review*, 2006, 84(4): 98.
- [4] 陈斯琴, 顾力刚. 企业技术创新生态系统分析 [J]. *科技管理研究*, 2008, 28(7): 453.
CHEN Siqin, GU Ligang. Analysis of enterprise technological innovation ecosystem [J]. *Science and Technology Management Research*, 2008, 28(7): 453.
- [5] 黄敏. 基于协同创新的大学学科创新生态系统模型构建的研究 [D]. 重庆: 第三军医大学, 2011.
HUANG Min. Research on the construction of university subject innovation ecosystem model based on collaborative innovation [D]. Chongqing: The Third Military Medical University, 2011.
- [6] ADOMAVICIUS G, ZHANG J. Stability of recommendation algorithms [J]. *ACM Transactions on Information Systems*, 2012, 30(4): 1.
- [7] GAWER A, CUSUMANO M A. Industry platforms and ecosystem innovation [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(3): 417.
- [8] BOSCH S, PETRA M, BOSCH J. Plays nine with others? Multiple ecosystems, various roles and divergent engagement models [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2015, 27(8): 960.
- [9] 陈健, 高太山, 柳卸林, 等. 创新生态系统: 概念、理论基础与治理 [J]. *科技进步与对策*, 2016, 33(17): 153.
CHEN Jian, GAO Taishan, LIU Xielin, et al. Innovation ecosystem: concept, theoretical basis and governance [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2016, 33(17): 153.
- [10] FIGUEIREDO P N. The role of dual embeddedness in the innovative performance of MNE subsidiaries: Evidence from Brazil [J]. *Journal of Management Studies*, 2011, 48(2): 417.
- [11] GRANOVETTER M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness [J]. *American Journal of Sociology*, 1985, 91(3): 481.
- [12] UZZI B. The sources and consequences of embeddedness for the economic performance of organizations: The network effect [J]. *American Sociological Review*, 1996(1): 674.
- [13] UZZI B. Social structure and competition in interfirm networks [J]. *Administrative Science Quarterly*, 1997, 42(1): 37.
- [14] GRANOVETTER M. Economic institutions as social constructions: A framework for analysis [J]. *Acta Sociologica*, 1992, 35(1): 3.
- [15] 范群林, 邵云飞, 唐小我, 等. 结构嵌入性对集群企业创新绩效影响的实证研究 [J]. *科学学研究*, 2010, 28(12): 1891.
FAN Qunlin, SHAO Yunfei, TANG Xiaowo, et al. An empirical study on the effect of structural embeddedness to cluster enterprise innovation performance [J]. *Studies in Science of Science*, 2010, 28(12): 1891.
- [16] 刘雪峰, 徐芳宁, 揭上锋. 网络嵌入性与知识获取及企业创新能力关系研究 [J]. *经济管理*, 2015, 37(3): 150.

- LIU Xuefeng, XU Fangning, JIE Shangfeng. Network embeddedness, knowledge acquisition and firms' innovation capabilities [J]. Business Management Journal, 2015, 37(3): 150.
- [17] SHIPILOV A., GAWER A. Integrating research on interorganizational networks and ecosystems [J]. Academy of Management Annals, 2020, 14(1): 92.
- [18] 许冠南,胡伟婕,周源,等. 创新生态系统双重网络嵌入对企业创新的影响机制[J]. 管理科学, 2022, 35(3): 73.
- XU Guannan, HU Weijie, ZHOU Yuan, *et al.* The influence mechanism of double network embedding of innovation ecosystem on enterprise innovation [J]. Management Science, 2022, 35(3): 73.
- [19] 宋娟,张莹莹,谭劲松. 创新生态系统下核心企业创新“盲点”识别及突破的案例分析[J]. 研究与发展管理, 2019, 31(4): 76.
- SONG Juan, ZHANG Yingying, TAN Jinsong. Case analysis of core enterprise innovation "blind spot" identification and breakthrough in innovation ecosystem [J]. R&D Management, 2019, 31(4): 76.
- [20] CHRISTENS B D. Toward relational empowerment [J]. American Journal of Community Psychology, 2012, 50(1): 114.
- [21] LING C L M, PAN S L, RACTHAM P, *et al.* ICT-enabled community empowerment in crisis response: social media in Thailand flooding 2011 [J]. Journal of the Association for Information Systems, 2015, 16(3): 1.
- [22] 朱勤,孙元,周立勇. 平台赋能、价值共创与企业绩效的关系研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(11): 2026.
- ZHU Qin, SUN Yuan, ZHOU Liyong. Research on the relationship between platform empowerment, value co-creation and corporate performance [J]. Studies in Science of Science, 2019, 37(11): 2026.
- [23] 万兴,杨晶. 互联网平台选择、纵向一体化与企业绩效[J]. 中国工业经济, 2017, 34(7): 156.
- WAN Xing, YANG Jing. Internet platform selection, vertical integration and enterprise performance [J]. China Industrial Economics, 2017, 34(7): 156.
- [24] 孙中伟. 从“个体赋权”迈向“集体赋权”与“个体赋能”:21世纪以来中国农民工劳动权益保护路径反思[J]. 华东理工大学学报(社会科学版), 2013(2): 10.
- SUN Zhongwei. From "individual empowerment" to "collective empowerment" and "individual empowerment": reflection on the path of protection of labor rights and interests of migrant workers in china since the 21st century [J]. Journal of East China University of Science and Technology (Social Science Edition), 2013(2): 10.
- [25] 任佩瑜,张莉,宋勇. 基于复杂性科学的管理熵、管理耗散结构理论及其在企业组织与决策中的作用[J]. 管理世界, 2001(6): 142.
- REN Peiyu, ZHANG Li, SONG Yong. Management entropy and management dissipative structure theory based on complexity science and their role in enterprise organization and decision-making [J]. Management World, 2001(6): 142.
- [26] 林进智,任佩瑜. 基于管理熵和管理耗散理论的FDI溢出效应分析——以中国信息通信企业为例[J]. 国际经贸探索, 2012, 28(1): 74.
- LIN Jinzhi, REN Peiyu. Analysis of FDI spillover effect based on management entropy and management dissipation theory—taking Chinese information and communication enterprises as an example [J]. International Economics and Trade Research, 2012, 28(1): 74.
- [27] 谷奇峰,吕廷杰. 基于熵的企业能力演进机理研究[J]. 经济研究参考, 2014(47): 75.
- GU Qifeng, LV Tingjie. Research on the evolution mechanism of enterprise capabilities based on entropy [J]. Review of Economic Research, 2014(47): 75.