

基于场理论的企业创新生态伙伴选择研究

占永志

(景德镇学院 经济管理学院,江西 景德镇 333000)

摘要:企业伙伴选择是一个具有时序性、信息模糊性的多属性决策过程。以正交投影、时间度与直觉模糊多属性决策理论相结合建立决策方法,以协同创新能力为基础构建伙伴选择的能力场模型,设计企业创新生态伙伴选择过程,对伙伴企业进行择优和淘汰。最后,通过实例对该方法的有效性和优越性做了验证。

关键词:创新生态系统;生态伙伴;协同创新;伙伴选择;场理论

中图分类号:F270.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)11-0077-08

互联网技术的广泛使用从根本上改变了企业创新资源的整合方式、创新协作关系以及创新价值传递过程。企业的创新活动不断突破原有边界,正在步入多企业融合共创的创新生态系统时代^[1]。企业创新生态系统是指企业在激烈的市场竞争中为了满足客户不断升级的个性化、复杂化需求,与其他组织或个人合作创新产品或服务而形成的具有共生关系的开放式和动态性经济共同体^[2]。系统中的核心主体、服务主体以及推动主体等围绕共同价值主张,开展互惠共赢的协同创新活动^[3]。国内外的海尔、苹果等企业通过各自的创新生态系统,促进了成员企业间的信息交互与资源共享,取得了显著创新成果并形成了企业的核心竞争优势。

然而,实践中 40%~70% 的技术合作研发活动均以失败告终^[4],其原因虽有多种,但核心企业未能选择正确的创新生态伙伴是关键原因,决定了合作的成败^[5]。因此,建立一套科学有效的伙伴企业选择方法,是企业创新模式生态化发展亟须解决的问题。

现有关于企业伙伴选择的文献比较丰富,按研究主体分类,主要有虚拟企业^[6]、制造业企业^[7]、产业技术创新联盟^[8]等不同类型主体的伙伴选择。按研究视角分类,主要有从知识管理视角研究知识协同伙伴的选择^[9]、从技术发展视角研究技术创新合作伙伴的选择^[10]、从组织文化视角研究企业合作伙伴的选择^[11]、从合作网络视角研究网络合作伙伴的选择^[12]、按伙伴选择方法分类,目前学者们提出的

主要方法有层次分析法^[13]、TOPSIS(technique for order preference by similarity to an ideal solution)法^[14]、模糊综合评价法^[15]、ANP(analytic network process)法^[16]、数据包络分析法^[17]、记分函数法^[18]等。

已有文献提供了可行思路与方法借鉴,但在研究方法上,多局限于从静态视角以单一时间点的评价结果作为伙伴企业选择依据,综合不同时间点的评价结果研究伙伴选择的文献较少,而在选择备选合作伙伴的同时对原有合作伙伴引入淘汰机制的文献更少。

鉴于此,考虑创新资源互补性,将直觉模糊决策理论与场理论相结合,构建企业创新生态系统原有伙伴以及备选伙伴评价选择模型,分析备选伙伴的选入以及系统原有伙伴的退出过程,以期为企业创新生态伙伴选择提供决策依据。

1 直觉模糊动态多属性决策模型

1.1 直觉模糊集

定义 1^[19] 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为一非空集合,则 $A = \{x, u_A(x), v_A(x) \mid x \in X\}$ 称为 X 上的直觉模糊集,其中 $u_A(x) \in [0, 1]$ 为 x 属于 X 的隶属度, $v_A(x) \in [0, 1]$ 为非隶属度,且 $0 \leq u_A(x) + v_A(x) \leq 1, \forall x \in X$ 。

定义 2^[20] 设 $a_j = [u_{A_j}(x), v_{A_j}(x)] (j = 1, 2, \dots, n)$ 是一个直觉模糊数; $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T, \omega_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1 (j = 1, 2, \dots, n)$, 则直觉模糊加权

收稿日期:2022-12-12

基金项目:江西省高校人文社会科学研究项目(GL21116)。

作者简介:占永志(1976—),男,江西景德镇人,景德镇学院经济管理学院,副教授,博士,研究方向为企业管理。

平均算子 IFWA 为

$$\text{IFWA}_\omega(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n \omega_j a_j = \left\{ 1 - \prod_{j=1}^n [1 - u_{A_j}(x)]^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n v_{A_j}(x)^{\omega_j} \right\} \quad (1)$$

定义 3^[20] 设 $a(t) = [u_{A(t)}(x), v_{A(t)}(x)]$ 为直觉模糊数, $a_{tk} = [u_{tk}(x), v_{tk}(x)] (k=1, 2, \dots, n)$ 为 t_k 时序的直觉模糊数, 且 $\eta(t) = [\eta(t_1), \eta(t_2), \dots, \eta(t_n)]^T$ 为时序 t_k 的权重向量, $\eta(t_k) \in [0, 1]$, $\sum_{k=1}^n \eta(t_k) = 1$, 则动态多维直觉模糊加权几何算子为

$$\text{DIFWG}_{\eta(t)}(a_{t1}, a_{t2}, \dots, a_{tn}) = \sum_{k=1}^n a_{tk}^{\eta(t_k)} = \prod_{k=1}^n (u_{tk}^{\eta(t_k)}, 1) - \prod_{k=1}^n (1 - v_{tk})^{\eta(t_k)} \quad (2)$$

1.2 属性权向量与时序权向量

定义 4^[21] 根据直觉模糊熵法, 设 $a_{ij}(t_k) = [u_{ij t_k}(x), v_{ij t_k}(x)]$ 为直觉模糊数, 则 t_k 时段目标属性直觉模糊熵为

$$E_j(t_k) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left\{ 1 - \sqrt{[1 - \kappa_{ij}(t_k)]^2 - u_{ij}(t_k)v_{ij}(t_k)} \right\} \quad (3)$$

式中: $\kappa_{ij}(t_k) = 1 - u_{ij}(t_k) - v_{ij}(t_k)$, 称为犹豫度。

令 $\omega_j(t_k)$ 为 t_k 时段目标属性权向量, 且 $\sum_{j=1}^n \omega_j(t_k) = 1$, 据此构建目标属性直觉模糊熵最小的优化模型, 在此模型基础上, 可构建如下拉格朗日函数:

$$L = \sum_{j=1}^n \omega_j(t_k)^2 E(t_k) + 2\delta \left[\sum_{j=1}^n \omega_j(t_k) - 1 \right], \text{ 对其中 } \omega_j(t_k) \text{ 与 } \delta \text{ 分别求偏导数, 并令其为 } 0, \text{ 可得模型为}$$

$$\begin{cases} 2\omega_j(t_k)E_j(t_k) + 2\delta = 0 \\ 2\left[\sum_{j=1}^n \omega_j(t_k) - 1\right] = 0 \end{cases} \quad (4)$$

求解该模型, 可得 t_k 时段目标属性权向量 $\omega_j(t_k)$ 为

$$\omega_j(t_k) = \frac{[E_j(t_k)]^{-1}}{\sum_{j=1}^n [E_j(t_k)]^{-1}} \quad (5)$$

定义 5^[21] 设 $\theta = \sum_{k=1}^n \frac{p-k}{p-1} \eta_k$, 则称 θ 为 $\eta_k = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$ 的时间度。 $\theta (0 \leq \theta \leq 1)$ 用以反映决策者对当前信息与过去信息的偏好程度, $\theta = 0$ 表明决策者只偏好当前信息, $\theta = 1$ 则表明决策者偏好时间序列中最早信息。 $d(\eta', \eta'')$ =

$\sqrt{\sum_{k=1}^n (\eta'_k - \eta''_k)^2}$ 表示两个时间权向量 η', η'' 之间的距离, 则任意时间权向量 $\eta_k = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$ 与正、负理想时间权向量的距离分别为 $d(\eta, \eta^+) = \sqrt{\sum_{k=1}^n \eta_k^2 + (1 - \eta_n)^2}$, $d(\eta, \eta^-) = \sqrt{(1 - \eta_1)^2 + \sum_{k=1}^n \eta_k^2}$ 。于是可得时间权向量对理想时间权向量的贴近度为 $f(\eta) = \frac{d(\eta, \eta^-)}{d(\eta, \eta^+) + d(\eta, \eta^-)}$, 根据灰熵与时间度确定时序权向量, 即在给定时间度条件下使得 $f(\eta)$ 最大化, 从而建立非线性规划模型式(6), 求解该模型可得到序时权向量。

$$\begin{cases} \max f(\eta) = \frac{\sqrt{(1 - \eta_1)^2 + \sum_{k=1}^n \eta_k^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n \eta_k^2 + (1 - \eta_n)^2} + \sqrt{(1 - \eta_1)^2 + \sum_{k=1}^n \eta_k^2}} \\ \text{s. t. } \theta = \sum_{k=1}^n \frac{p-k}{p-1} \eta_k, \sum_{k=1}^n \eta_k = 1, \\ \eta_k = 1, \eta_k \in [0, 1] \end{cases} \quad (6)$$

1.3 运用正交投影法的直觉模糊决策过程

正交投影法是通过计算不同备选方案与理想解的贴近度大小对各方案进行优劣排序, 它克服了 TOPSIS 方法中欧氏距离的不足, 进一步优化了方案的选优决策过程^[22], 具体步骤如下:

1) 对决策矩阵中各元素 (ϵ_{ij}) 进行规范化处理, 得到如下规范化多阶段综合决策矩阵 V 为

$$V = (v_{ij})_{m \times k} = \frac{\epsilon_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \epsilon_{ij}^2}} \quad (7)$$

2) 计算时间加权规范化矩阵 $B = (b_{ij})_{m \times k}$, 将矩阵 B 的坐标原点向理想解点平移, 可得理想解 $S^+ = (S_j^+ | j = 1, 2, \dots, k)$, 平移后的矩阵记为 $A = (a_{ij})_{m \times k}$ 。其中, 如果 $j \geq [k/2] + 1$, 属于近期型决策阶段, $S_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} \{r_{ij}\}$; 如果 $j \leq [k/2]$, 则属于远期型决策阶段, $S_j^+ = \min_{1 \leq i \leq m} \{r_{ij}\}$ 。此时, $a_{ij} = b_{ij} - S_j^+ (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, k)$ 。

3) 确定矩阵 A 的负理想解为 $H^- = (H_j^- | j = 1, 2, \dots, k)$, 理想解为 $(0, 0, \dots, 0)$, 其中 $H_j^- = a_{ij}$, 同时规定 $|a_{ij}| \geq |b_{ij} - b_j^+|$ 。

4) 确定各备选方案与理想解的“垂面”距离 D_i , “垂面”距离是指以正、负理想解之间两点连线为法向量的平面间的距离^[22]。 A_i 表示矩阵 A 中第 i

个行向量,于是可得其“垂面”距离 D_i 为 $D_i = |H^- \cdot A_i| = \sum_{j=1}^k H_j^- \cdot a_{ij}$ 。据此,各方案优劣性排序可由 D_i 取值确定, D_i 取值越小,表明备选方案 i 与理想解“垂面”距离越小,则该方案越优;反之,则方案越差。

2 基于场理论的企业创新生态伙伴选择模型

物理学中场理论的本质是整体论和物质间相互作用的连续性,企业创新生态系统在其运营过程中体现着焦点企业与上下游伙伴间关系的整体性、持续性与稳定性特征,各创新生态伙伴之间构成了一个资源互补、风险共担、收益共享的利益共同体。因此,借鉴越龙凯和陈康^[11]将场理论引入到企业创新生态伙伴选择的研究。

2.1 协同创新能力质量

设场源为 O ,表示当前企业创新生态系统。系统的协同创新体现为各生态伙伴之间的互利合作关系,其合作基础是各伙伴的创新资源能实现优势互补。系统的协同创新能力质量描述了当前企业创新生态系统自身的资源情况,具体可用资源向量和资源利用率来描述。用 $M = (m_1, m_2, \dots, m_n)$ 表示当前企业创新生态系统的资源向量,其中 n 表示资源空间的维度,对任意一项资源有 $m_i \in [0, 1]$, $m_i = 1$ 表示该项资源满足协同创新需求,反之 $m_i = 0$ 表示不满足。资源利用率用 P 表示, $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$, $p_i \in [0, 1]$ 表示 m_i 的可利用程度。受系统中各创新生态伙伴自身因素以及市场需求等因素变化的影响,不同时期创新资源供给会出现动态变化,因此引入时间向量 $T = (t_1, t_2, \dots, t_n)$,则当前企业创新生态系统的协同创新能力质量 Q_T 为^[6]

$$Q_T = M \times P_T = \sum_{i=1}^n m_i p_i \quad (8)$$

式中: P_T 为时间周期 T 期间的资源利用率。

备选创新生态伙伴进入当前企业创新生态系统,是因为能够提供实现其创新活动所需的互补性资源,因此设备选创新生态伙伴资源向量为 $H = (h_1, h_2, \dots, h_n)$,为体现备选创新生态伙伴与当前企业创新生态系统的资源互补性,引入备选创新生态伙伴的资源需求向量 U 与资源空间饱和向量 $Z = (\overbrace{1, 1, \dots, 1}^n)$,于是可求得备选创新生态伙伴的协同创新能力质量 q_T 为^[6]

$$q_T = [(U \oplus Z) \cap H] \times P_T = \sum_{i=1}^n [(1 \oplus m_i) \wedge h_i] p_i \quad (9)$$

2.2 协同创新能力场强和引力

企业创新生态系统的协同创新能力场强用以描述某创新生态伙伴在企业创新生态系统的协同创新能力场的某处受到场源影响的强度大小,离场源越近,场强越大,反之则越小^[23]。协同创新能力场强 E 的方向是由备选创新生态伙伴指向场源,计算公式为

$$E_T = \frac{K_T Q_T}{R_T^2} \quad (10)$$

式中: R_T 为协同创新能力半径; K_T 为当前企业创新生态系统与备选创新伙伴合作将产生的协同创新能力效应,描述的是备选创新生态伙伴加盟当前企业创新生态系统后,单位资源产生的协同创新能力质量增加量,若总增加量为 I_T ,则有

$$K_T = \frac{I_T}{Q_T + q_T} \quad (11)$$

协同创新能力引力描述场源对场中备选创新生态伙伴协同创新能力的认可程度或吸引程度,则协同创新能力引力 F_T 表达式为

$$F_T = E_T q_T = \frac{I_T Q_T q_T}{(Q_T + q_T) R_T^2} \quad (12)$$

2.3 协同创新能力半径

协同创新能力半径 R 的计算主要考虑两方面,一是备选创新生态伙伴的品质,二是备选创新生态伙伴的能力。品质是建立在以往经历或者经验基础上形成的相对稳定的静态特征,能力则描述了备选创新生态伙伴进入当前企业创新生态系统后的发展潜力。

协同创新能力半径的计算实质是考察备选创新生态伙伴的品质和能力,以此作为决策评价的属性指标。借鉴现有研究成果^[24-25],结合企业创新生态系统协同创新特点,品质维度的创新生态伙伴评价指标主要包括资源互补水平、信息化水平、知识共享水平、声誉与信任等方面;能力维度的指标主要包括合作协同能力、合作研发能力、合作相容能力等方面。

设场源的品质和能力为 C_i ,备选创新生态伙伴的品质和能力为 C ,则系统的协同创新能力半径为 $R_T = 1 + C_i - C$, $C \in [0, 1]$ 。作为场源的当前企业创新生态系统有理由认为自身的品质和能力为 1,即 $C_i = 1$,因此,协同创新能力半径为 $R_T = 2 - C$ 。

令 R_1 处品质和能力为 C_1 , R_2 、 R_3 处的品质和能力分别为 C_2 、 C_3 ,则系统的协同创新能力场按照协同创新能力半径大小可分为四个不同圈层,即 $(0,$

$R_1]$ 为强协同创新能力圈层, $(R_1, R_2]$ 为中协同创新能力圈层, $(R_2, R_3]$ 为弱协同创新能力圈层, (R_3, ∞) 为无协同创新能力圈层, 如图 1 所示 (σ_i 表示备选伙伴 i 的协同创新能力, $i=1, \dots, 8$)。

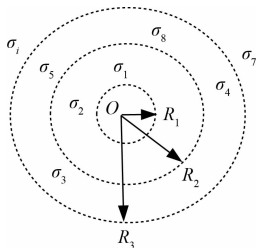


图 1 企业创新生态系统的协同创新能力场模型

意愿阻力是备选创新生态伙伴加入企业创新生态系统的机会成本 (D_1) 和风险成本 (D_2), 则备选创新生态伙伴意愿阻力为^[14]

$$F_{TW} = D_1 + D_2 \tag{13}$$

备选创新生态伙伴所处半径圈层需小于半径阈值 ϵ_T , 即 $R_T \leq \epsilon_T$, 同时还需满足协同创新能力引力 $F_T > \zeta_T$ 且同时大于意愿阻力 F_{TW} , 即 $F_T \geq \zeta_T$ 且 $F_T \geq F_{TW}$, 这也是备选创新生态伙伴进入或退出当前企业创新生态系统的触发点。

2.4 企业创新生态伙伴的动态性分析

在企业创新生态系统形成和发展过程中, 为保证系统协同创新能力提升, 创造更大的创新绩效, 系统必须动态更新创新生态伙伴, 淘汰品质、能力及资源互补等方面不能满足协同创新要求的生态伙伴, 引入满足条件的备选伙伴。在这个选择过程中, 由于选择标准的不同变化, 引起系统协同创新能力质量、场强等发生改变。

1) 设 N_T 表示 t 时刻退出企业创新生态系统的生态伙伴的协同创新能力质量, 则企业创新生态系统协同创新能力质量可以表示为^[6]

$$Q_{t+1} = Q_t + q_t - N_t \tag{14}$$

2) 企业创新生态系统在 $t+1$ 时刻协同创新能力场强发生的动态变化为^[6]

$$E_{t+1} = \frac{K_{t+1}(Q_t + q_t - N_t)}{R_{t+1}^2} \tag{15}$$

此时, 系统协同创新能力场的圈层密度也发生了如图 2 所示的变化。

3) 处于企业创新生态系统内部圈层的生态伙伴, 具有较强的协同创新能力场强, 通过企业创新生态系统的资源整合, 其协同创新能力质量不断提升, 而其意愿阻力^[6] [$F_{(t+1)W} = \gamma Q_{t+1}$] 将产生倍数增加效应。对于企业创新生态系统外部的备选创新

生态伙伴, 也受到系统协同创新能力引力 F_T 与意愿阻力 F_{TW} 的共同影响, 如图 3 所示。

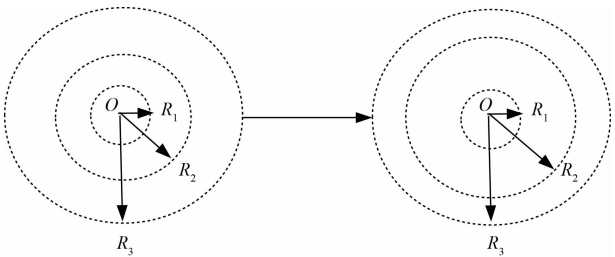


图 2 企业创新生态系统协同创新能力场圈层密度的变化

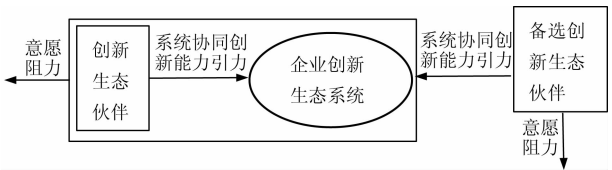


图 3 企业创新生态系统内外部受力情况

3 企业创新生态伙伴选择过程

基于场理论的企业创新生态伙伴选择步骤如下。

1) 基于创新资源的初步搜索。按照建立协同创新关系所需求的创新资源进行初步选择, 筛选出与当前企业创新生态系统在资金、技术、产品、市场等方面具有异质互补性资源的企业、高校、科研院所等伙伴。这些创新伙伴与当前企业创新生态系统能够实现优势资源互补, 将其列入备选协同创新生态伙伴集中。

2) 基于协同创新能力圈层的初步筛选。通过对当前企业创新生态系统内部创新生态伙伴及备选创新伙伴品质和能力的评价, 计算各创新生态伙伴的协同创新能力半径, 结合当前企业创新生态系统自身情况设定半径阈值 ϵ_T 。判断各创新生态伙伴的协同创新能力半径是否小于阈值, 若满足条件, 则进入步骤 3, 否则淘汰。

3) 基于协同创新能力引力的进一步筛选。依次计算各生态伙伴的协同创新能力引力, 比较各生态伙伴的协同创新能力引力 F_T 是否大于阈值 ζ_T , 若满足则进入步骤 4, 否则淘汰。

4) 基于协同创新能力引力与意愿阻力相互作用的最终筛选。计算各生态伙伴的意愿阻力, 对满足步骤 3 筛选条件的生态伙伴进行 $F_T \geq F_{TW}$ 检查, 若条件不满足, 则筛选失败。

企业创新生态系统协同创新生态伙伴的选择过程如图 4 所示, 其中圈内数字代表创新生态伙伴编号。

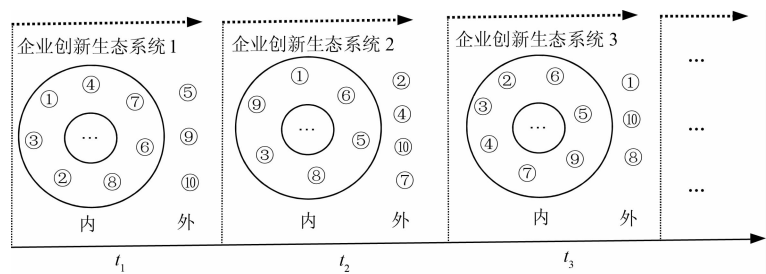


图 4 企业创新生态伙伴选择过程

4 实例分析

以国内某知名智能手机企业 A 的创新生态系统为例,该企业开展人工智能移动物联网领域的联合研发攻关项目。A 企业决定对当前创新生态系统已有合作伙伴进行调整以更好适应新项目研发要求,一方面从系统内部的 3 家生态伙伴 R_1 、 R_2 、 R_3 中选择两家参与新研发项目合作,剩下的一家将被淘汰;另一方面寻找新的生态伙伴加盟,实现资源共享和优势互补,重构当前企业创新生态。

首先,通过市场调研,依据相关性定量指标,初步选出 5 家备选创新生态伙伴,记为 $S = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5)$ 。接下来,邀请了 10 位智能移动物联网领域专家组成评估小组,依据前文构建的指标体系对每个备选生态伙伴开展匿名评估,考虑到不同时间评估结果可能存在差异,匿名评价分别在 3 个不同时期进行,经过 3 轮综合评估与反馈,最后每位专家的多次评估结果趋于一致。其次,根据项目开发要求,专家从所需的 7 类资源 ($y_1 \sim y_7$) 对各个备选生态伙伴的资源优势进行互补性评价,评价结果的原始数据如表 1 和表 2 所示,表 2 中的“1”表示该类资源满足项目合作要求,“0”表示不满足要求。

4.1 基于时间度与正交投影的 A 企业创新生态系统的协同创新能力评估

首先,基于前文所构建的非线性规划模型 M [式(6)],设定时间度为 0.4,通过 Lingo 软件求解

出决策方案在各个时间段的属性权重和时序权重;其次,利用直觉模糊决策矩阵与动态直觉模糊加权几何算子计算动态直觉模糊综合决策矩阵;在此基

表 1 各时间段的直觉模糊评价矩阵

时间	生态伙伴	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
t_1	R_1	(0.7,0.2)	(0.6,0.4)	(0.9,0.1)	(0.6,0.5)	(0.8,0.2)
	R_2	(0.6,0.4)	(0.5,0.4)	(0.6,0.2)	(0.6,0.4)	(0.6,0.5)
	R_3	(0.5,0.6)	(0.7,0.4)	(0.8,0.1)	(0.5,0.4)	(0.7,0.1)
	S_1	(0.5,0.6)	(0.6,0.5)	(0.7,0.2)	(0.6,0.5)	(0.5,0.6)
	S_2	(0.8,0.1)	(0.7,0.4)	(0.6,0.4)	(0.5,0.6)	(0.8,0.1)
	S_3	(0.8,0.2)	(0.6,0.2)	(0.6,0.5)	(0.8,0.1)	(0.6,0.4)
	S_4	(0.4,0.6)	(0.6,0.4)	(0.5,0.5)	(0.6,0.4)	(0.7,0.2)
	S_5	(0.7,0.1)	(0.5,0.4)	(0.8,0.1)	(0.7,0.4)	(0.6,0.5)
t_2	R_1	(0.5,0.6)	(0.7,0.2)	(0.6,0.5)	(0.6,0.4)	(0.6,0.2)
	R_2	(0.7,0.4)	(0.6,0.5)	(0.7,0.2)	(0.5,0.6)	(0.8,0.2)
	R_3	(0.6,0.4)	(0.5,0.4)	(0.6,0.4)	(0.7,0.1)	(0.6,0.4)
	S_1	(0.7,0.4)	(0.7,0.2)	(0.5,0.6)	(0.7,0.4)	(0.6,0.2)
	S_2	(0.6,0.5)	(0.6,0.4)	(0.7,0.4)	(0.6,0.2)	(0.5,0.5)
	S_3	(0.5,0.5)	(0.7,0.2)	(0.8,0.1)	(0.6,0.4)	(0.6,0.5)
	S_4	(0.8,0.1)	(0.6,0.4)	(0.6,0.5)	(0.6,0.5)	(0.5,0.6)
	S_5	(0.6,0.4)	(0.8,0.2)	(0.6,0.4)	(0.5,0.6)	(0.6,0.4)
t_3	R_1	(0.6,0.2)	(0.5,0.6)	(0.7,0.4)	(0.6,0.2)	(0.6,0.5)
	R_2	(0.6,0.4)	(0.7,0.1)	(0.5,0.5)	(0.7,0.4)	(0.6,0.2)
	R_3	(0.7,0.4)	(0.6,0.4)	(0.6,0.5)	(0.6,0.5)	(0.8,0.1)
	S_1	(0.5,0.4)	(0.5,0.6)	(0.6,0.1)	(0.6,0.2)	(0.5,0.5)
	S_2	(0.7,0.2)	(0.6,0.2)	(0.6,0.4)	(0.5,0.6)	(0.5,0.4)
	S_3	(0.6,0.2)	(0.8,0.2)	(0.5,0.4)	(0.6,0.4)	(0.7,0.2)
	S_4	(0.5,0.6)	(0.7,0.4)	(0.6,0.2)	(0.7,0.2)	(0.5,0.6)
	S_5	(0.6,0.5)	(0.6,0.5)	(0.5,0.5)	(0.6,0.5)	(0.6,0.2)

表 2 A 企业原创新生态伙伴与备选创新生态伙伴的协同创新资源情况

生态伙伴	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
R_1	1(0.76)	1(0.87)	0(0.36)	0(0.25)	1(0.76)	0(0.25)	1(0.87)
R_2	1(0.87)	0(0.36)	0(0.66)	1(0.76)	0(0.36)	1(0.76)	0(0.25)
R_3	1(0.76)	0(0.15)	1(0.76)	1(0.87)	0(0.36)	0(0.66)	0(0.25)
S_1	1(0.76)	0(0.25)	0(0.36)	1(0.87)	1(0.76)	0(0.66)	0(0.25)
S_2	0(0.25)	1(0.76)	0(0.36)	1(0.76)	0(0.66)	0(0.25)	0(0.66)
S_3	1(0.76)	0(0.36)	0(0.25)	1(0.87)	0(0.36)	0(0.66)	1(0.87)
S_4	1(0.76)	0(0.25)	1(0.76)	0(0.66)	1(0.76)	0(0.36)	0(0.25)
S_5	0(0.15)	1(0.87)	1(0.76)	0(0.36)	0(0.25)	1(0.76)	1(0.76)

础上,运用正交投影法计算各方案与理想解的距离,由此可得 A 企业当前创新生态伙伴与备选创新生态伙伴的协同创新能力为

$$D_{R_i} = (0.034\ 7, 0.108\ 9, 0.116\ 9), D_{S_i} = (0.122\ 9, 0.147\ 2, 0.177\ 0, 0.093\ 8, 0.106\ 2)。$$

4.2 基于场理论的创新生态伙伴选择

根据 4.1 节的求解结果,评估 A 企业当前创新生态伙伴与备选创新生态伙伴的协同创新能力。求解 A 企业当前创新生态伙伴与备选创新生态伙伴的协同创新能力质量 Q_T 和 q_T ,结果如表 3 所示。对每个参与评选的当前创新生态伙伴与备选创新生态伙伴进行排序:首先,由专家组对半径阈值 ϵ_T 进行设定,并求解引力阈值 ζ_T 。借鉴赵龙凯和陈康^[11],专家组设定的半径阈值 $\epsilon_T = 1.9$,备选创新生态伙伴的协同创新能力场引力阈值 $\zeta_T = 0.153\ 5$,相关指标的计算结果如表 3 所示。其次,淘汰部分备选创新生态伙伴,并选择新的创新生态伙伴加入 A 企业创新生态系统。具体步骤如下。

1)基于 A 企业创新生态系统协同创新能力场半径 R_T 的选择。表 3 中,由于 $R_T(R_1) = 1.912 > 1.9$,因此可初步淘汰当前创新生态伙伴 R_1 ;又由于 $R_T(S_4) = 1.908 > 1.9$,因此可初步淘汰备选创新生态伙伴 S_4 ;其他 5 个参与评选的生态伙伴均处在中协同创新能力圈层以内,待做下一步选择。

2)基于 A 企业创新生态系统协同创新能力引力 F_T 的选择,求解各个备选创新生态伙伴的协同创新能力引力。由表 3 可知,A 企业当前创新生态系统协

同创新能力引力大小排序为: $R_3 > R_2$;外部备选生态伙伴协同创新能力引力的大小排序为: $S_3 > S_5 > S_2 > S_1$,备选生态伙伴中 S_5 、 S_3 和 S_2 的协同创新能力引力均大于阈值 0.153 5,继续做下一步选择。

3)基于 A 企业创新生态系统协同创新能力引力 F_T 与意愿阻力 F_{TW} 的合力 F 的最终选择。为保证加入 A 企业创新生态系统的生态伙伴的质量以及系统生态的稳定性,需要考虑加入系统的生态伙伴的意愿阻力 F_{TW} ,各生态伙伴意愿阻力与自身拥有的资源存量成正比,即 $F_{TW} = \gamma Q_T$,设系数 $\gamma = 0.1^{[6]}$,于是可得意愿阻力 F_{TW} 及合力 F 取值($F = F_T - F_{TW}$),如表 3 所示。由于 A 企业当前创新生态系统内部以及外部备选生态伙伴的协同创新能力引力均大于意愿阻力,均满足条件。再根据合力 F 取值大小进行排序,其结果为: $R_3 > R_2 > S_3 > S_2 > S_1 = S_5$ 。因此,经过上述选择过程,A 企业创新生态伙伴的构成进行了调整,其中内部生态伙伴 R_1 被淘汰,系统外部的备选生态伙伴 S_3 与 S_2 加入系统,图 5 描述了 A 企业创新生态伙伴的选择变化过程。

4.3 对比分析

为进一步验证本文所介绍的方法的有效性,现将该方法与 TOPSIS 方法、记分函数法进行对比分析,具体结果如表 4 所示。

由表 4 可知,3 种方法最终选出的创新生态伙伴均为 R_2 、 R_3 、 S_2 和 S_3 ,验证了本文方法的科学性。但从全部排序结果来看,记分函数法、TOPSIS 方法均与本方法所得排序结果存在差异。记分函数法产

表 3 A 企业创新生态系统协同创新能力场相关指标值

变量	R_1	R_2	R_3	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Q_T	0.768	0.739	0.778	0.758	0.746	0.744	0.598	0.783
E_T	0.179	0.186	0.197	0.194	0.196	0.201	0.148	0.196
R_T	1.912	1.841	1.834	1.828	1.804	1.776	1.908	1.843
F_T	0.179	0.186	0.197	0.152	0.154	0.158	0.116	0.155
F_{TW}	0.077	0.074	0.078	0.076	0.075	0.075	0.060	0.079
F	0.102	0.112	0.120	0.076	0.078	0.083	0.056	0.075

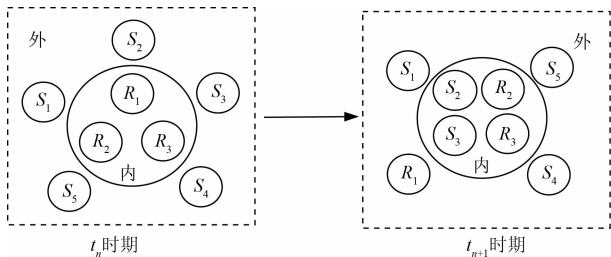


图 5 A 企业创新生态伙伴选择状态变化

表 4 不同评价方法的比较

生态伙伴	记分函数		TOPSIS 法		正交投影法	
	结果	排序	结果	排序	结果	排序
R_1	-0.634	3(N)	0.177	3(N)	0.102	3(N)
R_2	-0.625	2(Y)	0.285	2(Y)	0.112	2(Y)
R_3	-0.604	1(Y)	0.307	1(Y)	0.120	1(Y)
S_1	-0.652	7(N)	0.146	7(N)	0.076	6(N)
S_2	-0.632	5(Y)	0.177	5(Y)	0.078	5(Y)
S_3	-0.593	4(Y)	0.296	4(Y)	0.083	4(Y)
S_4	-0.655	8(N)	0.126	8(N)	0.056	8(N)
S_5	-0.651	6(N)	0.150	6(N)	0.075	7(N)

注:Y 表示选入,N 表示淘汰。

生差异主要由于备选生态伙伴 S_1 的品质和能力评分较低,但是其与 A 企业当前创新生态系统的资源互补性优于 S_5 , 因此出现 $S_1 > S_5$ 的排序结果,由此表明,本方法在生态伙伴的选择过程中,充分考虑了资源互补性对创新生态伙伴进行协同创新的重要性,从而更有利于实现企业创新生态伙伴的“优胜劣汰”。TOPSIS 法产生差异的原因,一是由于备选生态伙伴 S_1 的协同创新能力引力较低,但与企业创新生态系统的资源互补性较高,协同创新的意愿强烈,协同创新能力合力超过 S_5 , 从而出现 $S_1 > S_5$ 的排序结果;二是本文在方案贴近度的计算中用“垂面距离”替换 TOPSIS 法中“欧式距离”,进一步优化了排序结果。

5 结语

良好的创新生态体系是企业开展创新活动的重要基础,通过与生态伙伴组建创新联盟可以实现资源共享、风险共担,并不断提升持续创新能力。企业创新实践也一再证明合作伙伴对企业创新联盟成功的重要性。因此,科学、合理地选择合作伙伴对企业技术创新至关重要。考虑到企业伙伴选择是一个具有时序性、信息模糊性的多属性决策过程,本文将动态直觉模糊多属性决策方法与场理论相结合,以协同创新能力为基础构建企业伙伴选择的能力场模型,通过模型分析完成了对创新生态伙伴的选择过程。本文的主要贡献有如下四个方面:①以企业创新生态伙伴的选择为研究对象,基于时间度与正交投影法提出了企业创新生态伙伴择优的评价模型。该模型引入了直觉模糊理论与场理论,实现了企业创新生态伙伴准入与退出选择机制;②本模型能够充分摄取参与评选的生态伙伴的客观信息,尤其是将主体之间的创新资源互补性作为重要决策条件,进而实现对创新生态伙伴的择优;③同类方法的对比分析验证了本文所构建模型的有效性,并且,该模型克服了其他方法存在的一些不足,因而能更好地实现创新生态伙伴的“优胜劣汰”;④本模型拓宽了直觉模糊理论和场理论在企业创新生态系统中的应用范畴,为企业创新生态伙伴选择提供了一种可行决策方法。

参考文献

[1] 战睿,王海军,孟翔飞. 基于核心能力的企业创新生态系统构建:中集案例研究[J]. 中国科技论坛, 2022(3): 109-119.

[2] 战睿,王海军,孟翔飞. 企业创新生态系统的研究回顾与展望[J]. 科学学与科学技术管理, 2020, 41(5): 179-197.

[3] 孙静林,穆荣平,张超. 创新生态系统价值共创:概念内涵、行为模式与动力机制[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(2): 1-10.

[4] 张运生,田继双. 高科技企业创新生态系统合作伙伴选择研究[J]. 科技与经济, 2011, 24(5): 21-26.

[5] FERRIGNO G, DAGNINO G B, PAOLA N D. R&D alliance partner attributes and innovation performance: a fuzzy set qualitative comparative analysis [J]. Journal of Business & Industrial Marketing, 2021, 54(3): 21-36.

[6] 田俊峰,王闫杰. 虚拟企业伙伴选择的信任场模型[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(12): 3250-3259.

[7] HUANG B, BAI L H, ROY A, et al. A multi-criterion partner selection problem for virtual manufacturing enterprises under uncertainty[J]. International Journal of Production Economics, 2018, 196(2): 68-81.

[8] 王发明,刘丹. 产业技术创新联盟中焦点企业合作共生伙伴选择研究[J]. 科学学研究, 2016, 34(2): 246-252.

[9] 郑景丽,龙勇. 知识保护能力对联盟伙伴关系选择的影响——基于不同联盟动机的分析[J]. 科研管理, 2016, 37(4): 102-109.

[10] 王海军. 面向开放式协同创新的合作伙伴能力评价研究[J]. 科学学研究, 2017, 35(11): 1726-1736.

[11] 赵龙凯,陈康. 国有还是非国有? ——基于文化的合资伙伴选择[J]. 管理世界, 2017, 33(1): 112-127.

[12] 袁华,刘耘,钱宇,等. 基于合作网络的虚拟企业伙伴选择研究[J]. 管理工程学报, 2016, 30(1): 80-87.

[13] BOZANIC D, PAMUCAR D, BOJANIC D. Modification of the analytic hierarchy process (AHP) method using fuzzy logic: fuzzy AHP approach as a support to the decision making process concerning engagement of the group for additional hindering[J]. Serbian Journal of Management, 2015, 10(2): 151-171.

[14] 李柏洲,高硕. 企业合作型原始创新互惠共生伙伴选择研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2019, 40(7): 1367-1374.

[15] BUYUKZKAN G, GULERYUZ S. A new integrated intuitionistic fuzzy group decision making approach for product development partner selection[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 102(12): 383-395.

[16] RAZMI J, RAFIEI H. An integrated analytic network process with mixed-integer non-linear programming to supplier selection and order allocation[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, 49(9): 1195-1208.

[17] 卢纪华,李艳. 基于 DEA/AHP 的虚拟企业合作伙伴选择研究[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2008, 29(11): 1661-1664.

[18] HONG D H, CHOI C H. Multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 103-113.

[19] ATANASSOV K T. Intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.

[20] XU Z S. Intuitionistic fuzzy aggregation operators[J].

IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2007, 15 (6): 1179-1187.

[21] YANG Z L, LI J Q, HUANG L C, et al. Developing dynamic intuitionistic normal fuzzy aggregation operators for multiattribute decision -making with time sequence preference[J]. Expert Systems with Applications, 2017, 82(10): 344-356.

[22] 陈伟, 李金秋, 杨早立. 一种基于“垂面”距离和 IFE 的直觉模糊多属性决策方法[J]. 运筹与管理, 2017, 26(9): 7-12, 20.

[23] 郭萌, 陈冬林. 基于利润场的云联盟合作伙伴动态选择机制研究[J]. 计算机应用研究, 2017, 34(5): 1367-1370, 1383.

[24] 马文聪, 叶阳平, 徐梦丹, 等. “两情相悦”还是“门当户对”: 产学研合作伙伴匹配性及其对知识共享和合作绩效的影响机制[J]. 南开管理评论, 2018, 21(6): 95-106.

[25] BECER A M, LUNNAN R, HUEME R L. Trustworthiness, risk, and the transfer of tacit and explicit knowledge between alliance partners[J]. Journal of Management Studies, 2008, 45(4): 691-713.

Research on the Selection of Enterprise Innovation Ecological Partners Based on Field Theory

ZHAN Yongzhi

(School of Economics and Management, Jingdezhen University, Jingdezhen 333000, Jiangxi, China)

Abstract: The selection of partners for enterprise is a multi-attribute decision-making process with timing and fuzzy information. The decision-making method was established by combining orthogonal projection, time degree and intuitionistic fuzzy multi-attribute decision-making theory, the capability field model of partner selection was constructed based on collaborative innovation capability, and the process of partner selection for enterprise innovation ecology was designed to select and eliminate partner enterprises. Finally, the effectiveness and superiority of this method are verified by an example.

Keywords: innovation ecosystem; ecological partner; collaborative innovation; partner selection; field theory