

基于主客观赋权的企业专利组合质量评价

刘冉¹, 尤筱玥², 林辉³, 夏明¹

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 同济大学 中德工程学院, 上海 200092; 3. 扬州大学 商学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 为解决质量视角下企业专利组合的评价问题, 结合三角模糊数、多目标优化法和两阶段优化法提出了一个企业专利组合质量评价模型。从规模性、创新性、稳定性、经济性和战略性 5 个方面选取企业专利组合质量的评价指标, 采用三角模糊数和多目标优化方法计算指标的主观权重, 采用两阶段优化方法计算指标的客观权重, 通过主客观赋权确定指标的综合权重。随后根据指标评价价值和指标权重对专利组合质量进行排序, 并将提出的模型应用于动力电池企业的专利组合评估。研究表明: 该方法综合了专家决策信息和客观数据, 可对企业专利组合进行有效评估。

关键词: 专利组合; 质量评价; 多目标优化; 三角模糊数; 动力电池企业

中图分类号: C931

文献标志码: A

Firm Patent Portfolio Quality Evaluation Based on Combinatorial Weighting Method

LIU Ran¹, YOU Xiaoyue², LIN Hui³, XIA Ming¹

(1. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Sino - German College of Applied Sciences, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. School of Business, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: A model constructed by combining the triangular fuzzy number, multi-objective optimization method, and two-stage optimization method is proposed to evaluate firm patent portfolio quality. First, the evaluation index of firm patent portfolio quality is determined from five aspects: scale, innovation, stability, economy, and strategy. Second, the triangle fuzzy number and multi-objective optimization method are used to determine the subjective weight of the index, and two-stage optimization method is used to determine the index weight objectively. Then the comprehensive weight of the evaluation index is determined. Moreover, the patent portfolio quality of firms is ranked according to the

index value and index weight. The proposed model is applied to the patent portfolio evaluation of power battery firms. The results show that the model integrates expert decision-making information and objective data, and the firm's patent portfolio can be effectively evaluated.

Key words: patent portfolio; quality evaluation; multi-objective optimization; triangular fuzzy number; power battery firms

专利是保护创新成果的重要载体, 专利质量是创新质量的重要表现。企业作为创新主体, 提高企业的专利质量, 助力高水平科技自立自强, 是推动经济高质量创新的必然要求。然而, 随着知识产权制度的不断完善, 企业之间的专利竞争逐渐转向专利组合主导的竞争^[1]。为了更全面地保护核心技术发明, 企业会选择将技术成果分解为一系列的技术方案分别申请专利, 这些由相同的专利权人申请的用于解决相同技术问题一组专利被定义为专利组合^[2]。专利组合的规模和保护范围更大、竞争优势更强, 其整体价值大于单件专利的价值之和, 反映了企业的创新实力和市场竞争力^[3]。综上, 企业专利组合质量的提升对推进高质量创新具有重要意义。

如何评判企业专利组合质量呢? 文献梳理发现, 学者们从多样化的视角对企业专利组合进行了评价。Holger Ernst^[4]提出一种可视化的专利组合分析方法帮助企业评估自身的技术实力; Grimaldi 等^[5]提出了一个多维度的专利组合价值评估框架以分析企业的专利组合现状; Schneider^[6]提出了一个专利竞争模型评估专利组合的防御功能。既往研究从专利的竞争力和价值等方面分析了企业专利组合的差异, 但是缺乏基于质量视角的深入探讨, 这提供了一个可以继续深入研究的空间。

为此, 本文在确定企业专利组合质量评价指标

收稿日期: 2023-02-21

基金项目: 上海市青年科技英才扬帆计划资助(21YF1449500)

第一作者: 刘冉(1994—), 女, 博士生, 主要研究方向为创新与知识产权。E-mail: liuran9410@163.com



论文
拓展
介绍

的基础上,结合三角模糊数、多目标优化法和两阶段优化法提出了一种组合赋权方法以确定指标权重,从而构建了一个企业专利组合质量评价模型,并通过6家动力电池企业专利组合的分析来验证模型的可行性和实用性。通过专利组合质量分析,有助于企业了解自身和其竞争对手的专利布局和技术竞争力,辅助企业的专利管理。

1 企业专利组合质量的评价指标

选取质量评价指标首先要明确企业专利组合的质量维度。专利是一种承载着先进技术和知识的产品,基于产品视角,刘冉等^[7]将专利质量定义为“专利在形成过程中满足其固有质量特性和企业需求的属性组合的程度”,并将专利的质量属性总结为创新性、稳定性、经济性和战略性。专利组合是一系列专利的集合,具有明显的规模属性,本文企业专利组合的质量属性归纳为规模性、创新性、稳定性、经济性和战略性。

(1)规模性。专利组合包含多项专利,具有明显的规模性特征。组合中相互关联的专利可以加强彼此的权利要求,形成比非相关的单项专利更广泛的保护范围^[2]。组合规模越大,专利的整体保护质量越高。

(2)创新性。满足法定授权标准的专利技术发明要求相对于现有技术具备一定程度的新颖性、创造性和进步性,因此专利固有的质量属性一般认为包含技术创新性^[8]。

(3)稳定性。高质量的专利组合能够对核心技术发明形成有效保护,提高保护的稳定性,降低侵权概率,减少侵权诉讼^[9]。

(4)经济性。企业可通过专利技术的产业化、转让、质押融资等途径获取经济收益^[10],高质量的专利组合能够为企业创造更多的经济价值。因此,经济性也是企业专利组合的固有质量属性。

(5)战略性。企业布局专利组合的动机除了传统的保护技术发明,还包括战略层面的需求^[11],例如提高技术进入壁垒^[11]、阻止竞争者申请相关专利^[12]和提高议价能力^[13]等。

梳理既有文献,根据企业专利组合的各质量维度选取评价指标,具体指标及测量见表1。

2 模型构建

结合三角模糊数、多目标优化法和两阶段优化法提出了一种组合赋权方法,用于企业专利组合质

表 1 企业专利组合质量的评价指标

Tab.1 The evaluation indicators of patent portfolio quality

评价指标	子指标	指标测量
规模性 C_1	专利总量 C_{11}	组合内的专利总量
	发明专利占比 C_{12}	组合内发明专利数量/专利总量
创新性 C_2	技术影响力 C_{21}	组合内专利被后续专利引用的次数总和/专利总量
	技术复杂性 C_{22}	组合内专利的说明书中引用的专利数量总和/专利总量
稳定性 C_3	技术进步性 C_{23}	组合内专利的说明书中引用的非专利文献总和/专利总量
	保护范围 C_{31}	组合内专利的独立权利要求数量总和/专利总量
经济性 C_4	防御能力 C_{32}	组合内专利的从属权利要求数量总和/专利总量
	保护稳定性 C_{33}	组合内专利的说明书页数总和/专利总量
战略性 C_5	市场收益 C_{41}	组合内专利的维持时间总和/专利总量
	市场竞争力 C_{42}	组合内的美欧日专利数量
国际化程度 C_{53}	市场潜力 C_{43}	组合内专利覆盖的IPC小组数量总和/专利总量
	战略布局 C_{51}	组合内专利申请授权的国家数量总和/专利总量
国际化程度 C_{53}	市场规模 C_{52}	组合内的同族专利数量总和/专利总量
	国际化程度 C_{53}	组合内的PCT专利数量

量的评价模型构建,研究思路如图1所示。具体思路为:首先,采用三角模糊数获取专家们对各指标权重的模糊评价数据。三角模糊数可以提高决策者在模糊环境下评价信息的准确性^[14]。随后利用多目标优化方法确定指标的主观权重。多目标优化法的前提假设是指标的最优权重应使得被评价对象之间的差异最大,差异越大的指标应赋予越大的权重,采用该方法量化专家的主观模糊偏好信息所隐藏的各目标权重,专家决策的权重结果更加客观合理^[15]。其次,根据各质量指标评价值,采用两阶段优化方法确定各指标的客观权重。针对含有较多决策方案的指标赋权问题,Lin等^[16]提出的两阶段优化法可以从评价对象和决策指标的局部和全局两个层面分别建立两个目标规划模型,通过求解评价指标的综合权重,解决评价对象较多带来的评估复杂性,从而提高评价结果的区分度。然后,综合主客观赋权结果计算各指标的组合权重,以提高权重确定的科学性。最

后,计算专利组合的质量得分,对企业专利组合质量 进行评价和排序。

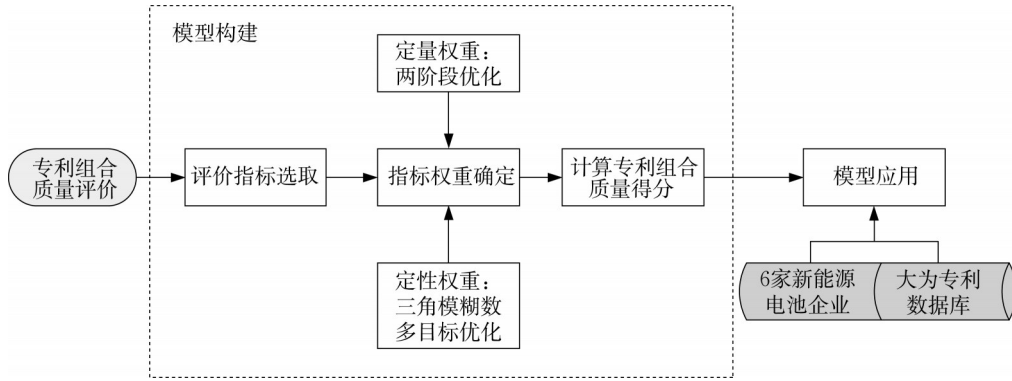


图1 模型构建思路

Fig.1 The way of model construction

评价模型的具体构建过程如下:

(1)计算评价指标的主客观权重

设 $\{e_1, e_2, \dots, e_q\}$ 为一个有限专家集, $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 为一个有限评价对象集, $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 为一个有限评价指标集,在指标 $C_j (j=1, 2, \dots, n)$ 下有一个有限子指标集 $\{C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jp}\}$ 。

为了降低专家评价的模糊性,引入三角模糊数作为专家评语。设三角模糊数 $\tilde{r}=(r^L, r^M, r^U)$,其中 $0 \leq r^L \leq r^M \leq r^U \leq 1$, r^L 和 r^U 分别为 \tilde{r} 的模糊上界和下界, r^M 为 \tilde{r} 的中值,即最有可能的取值。 \tilde{r} 的隶属函数为

$$\mu_{\tilde{r}}(x) = \begin{cases} \frac{x - r^L}{r^M - r^L}, & r^L \leq x \leq r^M \\ \frac{r^U - x}{r^U - r^M}, & r^M \leq x \leq r^U \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

设三角模糊判断矩阵 $B=(\tilde{b}_{ij})_{n \times n}$,其中 $\tilde{b}_{ij}=(b_{ij}^L, b_{ij}^M, b_{ij}^U)$, $\tilde{b}_{ji}=(b_{ji}^L, b_{ji}^M, b_{ji}^U)$ 。对于任意 $i, j \in N$,有 $b_{ij}^L + b_{ji}^U = b_{ij}^M + b_{ji}^M = b_{ij}^U + b_{ji}^L = 1$, $0 \leq b_{ij}^L \leq b_{ij}^M \leq b_{ij}^U \leq 1$, $(b_{ii}^L, b_{ii}^M, b_{ii}^U)=(0.5, 0.5, 0.5)$,则称矩阵 \tilde{B} 是三角模糊互补判断矩阵。

步骤1:获取专家评价的三角模糊互补判断矩阵

包括专家 e_k 对评价指标 $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 的互补判断矩阵 $\tilde{Y}^k=(\tilde{y}_{ij}^k)_{n \times n}$,其中 $\tilde{y}_{ij}^k=(y_{ij}^{kL}, y_{ij}^{kM}, y_{ij}^{kU})$, $(i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, q)$ 。以及子指标的互补判断矩阵 $\tilde{T}^{jk}=(\tilde{t}_{ab}^{jk})_{p \times p}$,其中, $\tilde{t}_{ab}^{jk}=(t_{ab}^{jkl}, t_{ab}^{jkm}, t_{ab}^{jku})$, $(a, b=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, n, k=1, 2, \dots, q)$ 。为了最大化保留专家意见,专家所给出的指标和子指标两两比较的判断

矩阵无需更改,故不对其进行一致性修正。

步骤2:获取群体三角模糊互补判断矩阵

假设专家权重向量为 $\tilde{\omega}=(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q)^T$,然后将每个专家在指标 $C_j (j=1, 2, \dots, n)$ 下的子指标的三角模糊互补判断矩阵 \tilde{T}^{jk} 集结成群体三角模糊互补判断矩阵如下:

$$\tilde{T}^j=(\tilde{t}_{ab}^j)_{p \times p}=(\sum_{k=1}^q \omega_k \tilde{t}_{ab}^{jk})_{p \times p}=(\sum_{k=1}^q \omega_k t_{ab}^{jkl}, \sum_{k=1}^q \omega_k t_{ab}^{jkm}, \sum_{k=1}^q \omega_k t_{ab}^{jku}) \quad (1)$$

类似的,将互补判断矩阵 \tilde{Y}^k 转化成群体三角模糊互补判断矩阵为

$$\tilde{Y}=(\tilde{y}_{ij})_{n \times n}=(\sum_{k=1}^q \omega_k \tilde{y}_{ij}^k)_{n \times n}=(\sum_{k=1}^q \omega_k y_{ij}^{kL}, \sum_{k=1}^q \omega_k y_{ij}^{kM}, \sum_{k=1}^q \omega_k y_{ij}^{kU}) \quad (2)$$

步骤3:计算各指标的综合重要度

指标 $C_j (j=1, 2, \dots, n)$ 下各个子指标的综合重要度为

$$\tilde{z}_a^j=\sum_{b=1}^p \omega_{jb} \tilde{t}_{ab}^j=(\sum_{b=1}^p \omega_{jb} t_{ab}^{jL}, \sum_{b=1}^p \omega_{jb} t_{ab}^{jM}, \sum_{b=1}^p \omega_{jb} t_{ab}^{jU}) \quad (3)$$

类似的,指标 $C_i=C_j (i, j=1, 2, \dots, n)$ 的综合重要度为

$$\tilde{z}_i=\sum_{j=1}^n \omega_j \tilde{y}_{ij}=(\sum_{j=1}^n \omega_j y_{ij}^L, \sum_{j=1}^n \omega_j y_{ij}^M, \sum_{j=1}^n \omega_j y_{ij}^U) \quad (4)$$

步骤4:采用多目标优化法计算各评价指标的最优权重

设 $\hat{\omega}=(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 表示 n 项指标的权重向量, $\hat{\omega}_j=(\omega_{j1}, \omega_{j2}, \dots, \omega_{jp})^T$ 表示第 j 个指标下第 p 项子指标的权重向量,分别满足 $\sum_{j=1}^n \omega_j=1$ 且

$\omega_j \in [0, 1]$, $\sum_{b=1}^{p^j} \omega_{jb} = 1$ 且 $\omega_{jb} \in [0, 1]$, 其中 $b = 1, 2, \dots, p^j$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。由于指标和子指标权重完全未知,在指标 $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 下需要找到子指标权重 $(\omega_{j1}, \omega_{j2}, \dots, \omega_{jp^j})^T$ 使得子指标 $C_{ja} = C_{jb} (j = 1, 2, \dots, n; a, b = 1, 2, \dots, p^j)$ 的综合重要性最大。

为了比较三角模糊数,需要计算其得分,得分函数为^[17]

$$S(\tilde{r}) = \frac{(r^L + 2r^M + r^U)}{4} \quad (5)$$

则:

$$\begin{aligned} \max \theta_a^j &= S(\tilde{z}_a^j), a = 1, 2, \dots, p^j; j = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \omega_{jb} \geq 0, b = 1, 2, \dots, p^j \\ \sum_{b=1}^{p^j} \omega_{jb}^2 = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

在指标 $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 下每个子指标都是不可忽视且非劣的,并且每个子指标都有相同的约束条件,因此多目标优化模型可转换成单目标优化模型如下:

$$\begin{aligned} \max \theta^j &= \frac{1}{p^j} \sum_{a=1}^{p^j} S(\tilde{z}_a^j), j = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \omega_{jb} \geq 0, b = 1, 2, \dots, p^j \\ \sum_{b=1}^{p^j} \omega_{jb}^2 = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

根据式(5),上述优化模型可转换为

$$\begin{aligned} \max \theta^j &= \frac{1}{4p} \sum_{a=1}^{p^j} \sum_{b=1}^{p^j} (t_{ab}^{jL} + 2t_{ab}^{jM} + t_{ab}^{jU}) \omega_{jb} \\ & j = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \omega_{jb} \geq 0, b = 1, 2, \dots, p^j \\ \sum_{b=1}^{p^j} \omega_{jb}^2 = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

求解模型(8),得到指标 C_j 下最优子指标权重

$$\omega_{jb}^* = \frac{\sum_{a=1}^{p^j} (t_{ab}^{jL} + 2t_{ab}^{jM} + t_{ab}^{jU})}{\sqrt{\sum_{a=1}^{p^j} \left(\sum_{b=1}^{p^j} (t_{ab}^{jL} + 2t_{ab}^{jM} + t_{ab}^{jU}) \right)^2}}, \text{其中}$$

$$j = 1, 2, \dots, n; a, b = 1, 2, \dots, p^j.$$

然后,对 ω_{jb}^* 进行标准化,标准化步骤为

$$\omega_{jb}^{*c} = \frac{\sum_{a=1}^{p^j} (t_{ab}^{jL} + 2t_{ab}^{jM} + t_{ab}^{jU})}{\sum_{a=1}^{p^j} \sum_{b=1}^{p^j} (t_{ab}^{jL} + 2t_{ab}^{jM} + t_{ab}^{jU})} \quad (9)$$

其中, $j = 1, 2, \dots, n$; $b = 1, 2, \dots, p^j$, 标准化后的子指标权重向量为 $\widehat{\omega}_j^{*c} = (\omega_{j1}^{*c}, \omega_{j2}^{*c}, \dots, \omega_{jp^j}^{*c})^T$ 。

同理,求解指标 C_j 的权重,构建优化模型如下:

$$\begin{aligned} \max \theta_i &= S(\tilde{z}_i), i = 1, 2, \dots, n \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \omega_j^2 = 1. \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

进一步的,将上述优化模型转换为

$$\begin{aligned} \max \theta &= \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ij}^L + 2y_{ij}^M + y_{ij}^U) \omega_j \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \omega_j^2 = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

求解上述方程,得到标准化后的最优化指标权重向量, $\widehat{\omega}^{*c} = (\omega_1^{*c}, \omega_2^{*c}, \dots, \omega_n^{*c})^T$, 其中, $\omega_j^{*c} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij}^L + 2y_{ij}^M + y_{ij}^U)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ij}^L + 2y_{ij}^M + y_{ij}^U)}$ 。

由于专家对指标和子指标进行两两对比,所以指标和子指标权重受到专家偏好信息的影响,产生了指标主观带偏好的权重向量 $\widehat{\omega}^{*s} = (\omega_1^{*s}, \omega_2^{*s}, \dots, \omega_n^{*s})^T$ 和子指标权重向量 $\widehat{\omega}_j^{*s} = (\omega_{j1}^{*s}, \omega_{j2}^{*s}, \dots, \omega_{jp^j}^{*s})^T$, 即 \tilde{t}_{ab}^j 越大, ω_{jb}^{*s} 越小; 同理, \tilde{y}_{ij} 越大, ω_j^{*s} 越小。从而,可得

$$\omega_{jb}^{*s} = \frac{1/\omega_{jb}^{*c}}{\sum_{b=1}^{p^j} (1/\omega_{jb}^{*c})}, \omega_j^{*s} = \frac{1/\omega_j^{*c}}{\sum_{j=1}^n (1/\omega_j^{*c})}.$$

(2) 计算评价指标的客观权重

由于专家知识的有限性和专利组合质量评价问题的复杂性,专家给出的指标主观权重向量可能与实际情况有差异,因此还需要结合实际数据,确定各指标的客观权重。本文采用 Lin 等^[16]所构建的两阶段优化模型分别求解指标客观权重向量 $\widehat{\omega}^{*o} = (\omega_1^{*o}, \omega_2^{*o}, \dots, \omega_n^{*o})^T$ 和子指标客观权重向量 $\widehat{\omega}_j^{*o} = (\omega_{j1}^{*o}, \omega_{j2}^{*o}, \dots, \omega_{jp^j}^{*o})^T$ 。

(3) 确定评价指标的综合权重

根据主客观权重结果计算指标的组合同权重,设各指标的综合权重向量 $\widehat{\omega}^{*c} = (\omega_1^{*c}, \omega_2^{*c}, \dots, \omega_n^{*c})^T$, 子指标综合权重向量 $\widehat{\omega}_j^{*c} = (\omega_{j1}^{*c}, \omega_{j2}^{*c}, \dots, \omega_{jp^j}^{*c})^T$ 。

$$\omega_j^{*C} = \alpha\omega_j^{*S} + (1 - \alpha)\omega_j^{*O} \quad (12)$$

$$\omega_{jb}^{*C} = \alpha\omega_{jb}^{*S} + (1 - \alpha)\omega_{jb}^{*O} \quad (13)$$

其中, $\alpha \in [0, 1]$ 表示权重结果主观偏好系数, 当 $\alpha > 0.5$, 权重结果偏主观; 当 $\alpha < 0.5$, 权重结果偏客观; 一般情况下取 $\alpha = 0.5$, 权重结果偏中立。

(4) 计算企业专利组合的质量得分

根据指标评价数据和权重系数, 计算各子指标标准化后的评价值与指标权重的乘积之和, 得到企业专利组合的综合质量得分。

3 模型应用

3.1 样本和数据来源

动力电池行业是具有代表性的技术密集型行业, 本文选取2020年全球动力电池行业装机量排名前10中的6家企业, 包括宁德时代(CATL)、比亚迪(BYD)和国轩高科(GHT)3家国内企业, 以及三星SDI(SSDI)、丰田(TOYOTA)和LG化学(LGC)3

家国外企业, 作为实例分析对象, 以锂电子电池的相关技术为例, 即IPC主分类号为“HO 1M10/0525”的专利, 评价和分析各企业的专利组合质量。

所有专利数据均来源于大为全球专利数据库。以各企业名称作为关键词进行检索, 检索时间截止至2021年7月18日, 同时, 对专利数据进行筛选, 确保专利的授权年为2015—2020年, 法律状态为有效状态, 最终收集到6家企业共305项专利。为了进一步分析企业专利组合的变化, 本文将企业专利组合分为两个阶段, 即2015—2017年和2018—2020年, 对两个阶段各企业的专利组合质量进行对比分析。

3.2 计算与比较

(1) 获取专利组合质量各指标评价值

通过大为专利数据库, 获取2015—2017和2018—2020两个阶段各企业的专利组合的各项质量指标的原始评价值, 并采用极差法将指标数据标准化, 结果见表2和表3。

表2 企业专利组合质量综合评价矩阵(2015-2017)

Tab.2 The synthetic evaluation matrix of firm patent portfolio quality (2015-2017)

	C ₁₁	C ₁₂	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃
CATL	0.526	0	1.000	0	0.134	0.197	0.545	0.537	0.150	0	0	0.101	0.015	0
SSDI	0.474	1.000	0	0.847	1.000	0.567	0.908	0.841	0.989	0.882	0.385	0.927	0.472	0
BYD	1.000	0.673	0.791	0.854	0	0.422	0.717	0.481	0.761	0.118	0.447	0.056	0.052	0.160
TOYOTA	0.421	0.717	0.013	1.000	0.305	0.033	0.582	1.000	0.414	0.118	0.593	0.735	0.437	0.240
GHT	0	1.000	0.067	0.779	0.980	0	0	0	0	0.412	0.977	0	0	0.280
LGC	1.000	0.673	0.243	0.815	0.264	1.000	1.000	0.755	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

表3 企业专利组合质量综合评价矩阵(2018-2020)

Tab.3 The synthetic evaluation matrix of firm patent portfolio quality (2018-2020)

企业	C ₁₁	C ₁₂	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃
CATL	1.000	0.586	0.714	0.936	0.210	0.368	0.387	0.438	0.235	0	0	0.246	0.255	0.390
SSDI	0.130	1.000	0.716	0.980	0.531	1.000	0.613	1.000	1.000	0.250	0.370	0.942	0.821	0
BYD	0.296	0.634	1.000	0.138	0.160	0.956	1.000	0.573	0.454	0.025	0.244	0.129	0.189	0.146
TOYOTA	0.370	1.000	0	0.542	0	0	0.244	0.754	0.447	0.250	0.467	0.954	0.863	0.146
GHT	0.537	0	0.600	0	1.000	0.070	0	0	0	1.000	0.095	0	0	1.000
LGC	0	1.000	0.311	1.000	0.373	0.934	0.387	0.402	0.630	0.150	1.000	1.000	1.000	0.171

(2) 计算各评价指标的组合权重

邀请来自知识产权领域的学者和动力电池行业的研发主管共4名专家, 对各评价指标的重要性进行评价, 各位专家在知识产权行业均有10年以上的从业背景。其中, 专家权重向量为 $\hat{w} = (0.2, 0.25, 0.35, 0.2)^T$ 根据式(1)~(11), 计算专利组合质量各评价指标的主观权重; 同时, 根据表2和表3中的指标数据计算指标的客观权重; 随后, 根据式(12)~(13)确定指标的组合权重, 其中, 主观偏好系数为 $\alpha = 0.5$ 。指标权重的计算结果见表4。

(3) 计算各企业专利组合质量的综合得分

根据各指标的权重系数和指标评价数据, 计算各企业专利组合的质量得分, 结果见表5。

3.3 结果分析

为了进一步了解各企业在锂电池制造技术领域的专利组合质量的变化, 对2015—2017年和2018—2020年两个阶段的专利组合质量评价结果进行对比分析。图2和图3分别展示了2015—2017年以及2018—2020年企业的专利组合在各质量属性的评价值。

表4 专利组合质量评价指标的组合权重

Tab.4 The combination weights of evaluation indicators of firm patent portfolio quality

一级指标	综合权重	二级指标	组合权重	加权组合权重
C ₁	0.176	C ₁₁	0.585	0.103
		C ₁₂	0.415	0.073
C ₂	0.208	C ₂₁	0.300	0.062
		C ₂₂	0.334	0.069
		C ₂₃	0.366	0.076
C ₃	0.182	C ₃₁	0.294	0.054
		C ₃₂	0.390	0.071
		C ₃₃	0.316	0.058
C ₄	0.209	C ₄₁	0.342	0.071
		C ₄₂	0.313	0.066
		C ₄₃	0.345	0.072
C ₅	0.225	C ₅₁	0.319	0.072
		C ₅₂	0.382	0.086
		C ₅₃	0.299	0.067

表5 各企业专利组合质量得分和排序

Tab.5 The score and ranking of firms' patent portfolio quality

企业	2015—2017		2018—2020	
	质量得分	排序	质量得分	排序
CATL	0.226	6	0.426	4
SSDI	0.663	2	0.647	1
BYD	0.475	4	0.403	5
TOYOTA	0.476	3	0.444	3
GHT	0.322	5	0.312	6
LGC	0.846	1	0.587	2

由表5可知,在2015—2017年,LG化学的专利组合质量得分最高(0.846)。LG化学于1995年成立电池事业部,开始在锂电池领域进行专利布局。在2011年正式进军动力电池行业后,申请了大量的相关专利,且均为发明专利。由图2可知,LG化学在锂电池领域专利组合的规模性、稳定性、经济性以及战略性均处于领先水平。专利组合质量得分排在第2至第5的分别是三星SDI(0.663)、丰田(0.476)、比亚迪(0.475)和国轩高科(0.322)。宁德时代(0.226)的专利组合质量最低,明显低于其他四家企业。图3的结果显示,在2018至2020年,企业专利组合质量得分最高的是三星SDI(0.647),其次是LG化学(0.587)。丰田、宁德时代和比亚迪的专利组合质量得分相当,分别为0.444,0.426和0.403。专利组合质量得分最低的是国轩高科(0.312)。

对比分析图2和图3可知,宁德时代的专利组合质量得分从0.226(2015—2017年)提高至0.426(2018—2020年),从第6提高至第6,表明宁德时代

在锂电池领域发展非常迅速,技术实力显著提升。宁德时代的成立时间较晚,虽然企业自成立之初就在锂电池领域开始专利布局,但是在2012—2017年间宁德时代的专利组合的规模仍然较小,且此阶段其专利布局的重心在国内,国际化专利布局刚起步,专利组合在经济性和战略性维度的表现较差。但是在2018—2020年间,宁德时代的专利组合规模迅速扩大,大幅度领先于另外5家企业,同时,专利组合的创新性也非常高,因而其专利组合质量明显提升。此外,在2018—2020年间,三星SDI、比亚迪、国轩高科、丰田和LG化学的专利组合质量得分相比2015—2017年均有不同程度的降低。其中,LG化学专利组合质量的下降程度最高,质量得分从0.846降低至0.587。由图2和图3可知,下降的主要原因在于LG化学的专利组合规模的大幅缩减和专利组合的法律稳定性的下降。

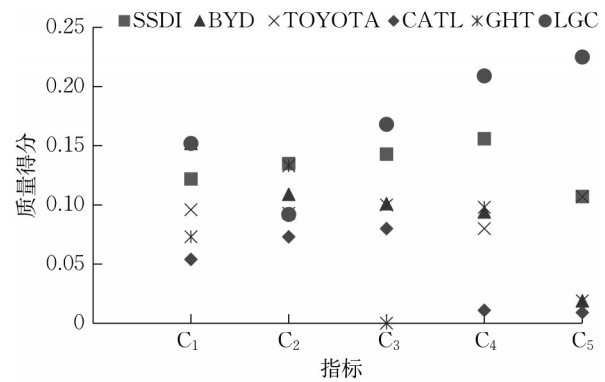


图2 企业专利组合的各质量指标分析(2015—2017)

Fig.2 Analysis of quality indicators of firm patent portfolio (2015—2017)

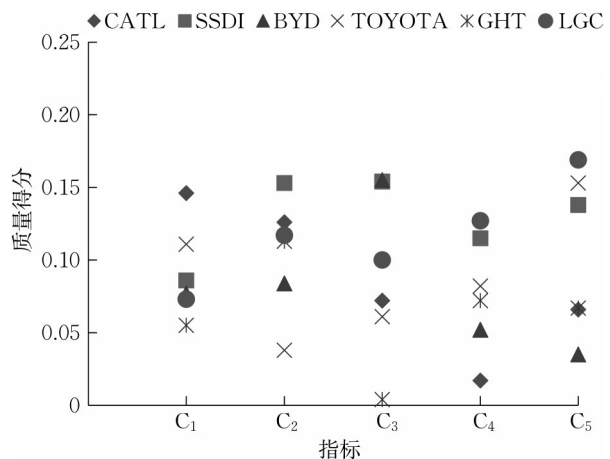


图3 企业专利组合的各质量指标分析(2018—2020)

Fig.3 Analysis of quality indicators of firm patent portfolio (2018—2020)

4 结论

本文从专利组合的规模性、创新性、稳定性、经济性和战略性5个质量维度选取评价指标,结合三角模糊数、多目标优化和两阶段优化方法确定评价指标的组合权重,构建了企业专利组合质量的评价模型。该模型被应用于宁德时代、比亚迪、国轩高科、三星SDI、丰田和LG化学等6家动力电池企业的专利组合的质量评估,结果表明:

(1)在2015—2017年间,LG化学的专利组合质量最高,宁德时代的专利组合质量最低。

(2)2018—2020年间,专利组合质量最高的是三星SDI,随后是LG化学,国轩高科的专利组合质量最差。

(3)宁德时代的专利组合质量在锂电池领域技术实力的提升显著,从第6(2015—2017年)提高至第4(2018—2020年),主要原因在于专利组合规模的快速扩大和创新性的显著提升。

本研究成果有助于企业、政府或第三方机构等分析和评判企业的专利组合,但仍然存在一定的局限性。模型中的指标权重并非一成不变,专利管理者可根据分析和评判的目的借助组合赋权方法灵活修订权重。

作者贡献声明:

刘冉:数据分析,论文撰写;
尤筱玥:学术指导,论文修改;
林辉:模型构建;
夏明:论文修改。

参考文献:

- [1] HOLGERSSON M, GRANSTRAND O, BOGERS M. The evolution of intellectual property strategy in innovation ecosystems: Uncovering complementary and substitute appropriability regimes [J]. *Long Range Planning*, 2018, 51(2): 303.
- [2] GUO L, ZHANG M, DODGSON M, *et al.* An integrated indicator system for patent portfolios: evidence from the telecommunication manufacturing industry [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2016, 29(6): 600.
- [3] LI S, ZHANG X, XU H, FANG S, GARCES E, DAIM T. Measuring strategic technological strength: Patent Portfolio Model [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 157: 120119.
- [4] ERNST H. Patent portfolios for strategic R&D planning [J]. *Journal of Engineering and Technology Management*, 1998, 15: 279.
- [5] GRIMALDI M, CRICELLI L, DI GIOVANNI M, *et al.* The patent portfolio value analysis: A new framework to leverage patent information for strategic technology planning [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, 94: 286.
- [6] SCHNEIDER C. Fences and competition in patent races [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2008, 26(6): 1348.
- [7] 刘冉, 邵鲁宁, 任声策. 从产品视角解读专利质量 [J]. *上海质量*, 2019(7): 48.
LIU Ran. Interpreting patent quality from product perspective [J]. *Shanghai Quality*, 2019(7): 48.
- [8] 朱雪忠, 万小丽. 竞争力视角下的专利质量界定 [J]. *知识产权*, 2009, 19(112): 7.
ZHU Xuezhong, WAN Xiaoli. The definition of patent quality from the perspective of competitiveness [J]. *Intellectual Property*, 2009, 19(112): 7.
- [9] TSAO C C, CHANG P C, FAN C Y, *et al.* A patent quality classification model based on an artificial immune system [J]. *Soft Computing*, 2017, 21(11): 2847.
- [10] LIU W, QIAO W, WANG Y, *et al.* Patent transformation opportunity to realize patent value: Discussion about the conditions to be used or exchanged [J]. *Information Processing & Management*, 2021, 58(4): 102582.
- [11] CZARNITZKI D, HUSSINGER K, LETEN B. How valuable are patent blocking strategies? [J]. *Review of Industrial Organization*, 2019, 56(3): 409.
- [12] CHIH YI S, BOU WEN L. Attack and defense in patent-based competition: A new paradigm of strategic decision-making in the era of the fourth industrial revolution [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 167: 120670.
- [13] ZHANG G, XIONG L, DUAN H, *et al.* Obtaining certainty vs. creating uncertainty: Does firms' patent filing strategy work as expected? [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 160: 120234.
- [14] 龚艳冰, 陈森发. 三角模糊数互补判断矩阵的一种排序方法 [J]. *模糊系统与数学*, 2008, 22(1): 127.
GONG Yanbing, CHEN Senfa. A method for priority of triangle fuzzy number complementary judgment matrix [J]. *Fuzzy System and Mathematics*, 2008, 22(1): 127.
- [15] 杨宇. 多指标综合评价中赋权方法评析 [J]. *统计与决策*, 2006(13): 17.
YANG Yu. Analysis of weighting method in multi-index comprehensive evaluation [J]. *Statistics and Decision*, 2006(13): 17.
- [16] LIN H, YOU J, XU T. Evaluation of online teaching quality: an extended linguistic MAGDM framework based on risk preferences and unknown weight information [J]. *Symmetry*, 2021, 13(2): 192.
- [17] LIOU T S, WANG M J J. Ranking fuzzy numbers with integral value [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1992, 50(3): 247.