

文章编号: 1007-5429(2024)06-0012-12

DOI: 10.19495/j.cnki.1007-5429.2024.06.002

# 基于聚类分析与多维空间专利地图的技术机会识别与评价

王金凤<sup>1</sup>, 徐 泽<sup>2</sup>, 冯奕程<sup>3</sup>, 张虎翼<sup>4</sup>

(1. 上海海事大学 中国(上海)自贸区供应链研究院, 上海 201306; 2. 上海海事大学  
经济管理学院, 上海 201306; 3. 北京高德云信科技有限公司, 北京 100102;  
4. 上海海事大学 物流科学与工程研究院, 上海 201306)

**摘要:** 随着对精准高效识别具象技术创新机会的要求日益提高, 综合运用词频-逆文档频率 (term frequency-inverse document frequency, TF-IDF) 算法、LDA (latent dirichlet allocation) 主题聚类模型、共现网络分析与多维空间专利地图, 进行了技术机会识别与评价。首先, 在搜集研究领域的相关专利文献并进行预处理的基础上, 运用 TF-IDF 算法与 LDA 模型提取了技术主题, 确定了创新维度; 其次, 通过构建共现网络优选了表征创新维度的技术主题词并确定了创新维度, 继而与创新法则迭代生成了多维空间专利地图以识别系列潜在技术机会; 然后, 基于可拓评价法计算了各技术机会的关联度以优选出最佳技术机会; 最后, 以冷藏集装箱技术机会识别为例, 验证了该方法的可行性。结果表明, 构建的技术机会识别方法能够为目标企业精准高效、低成本开展技术创新提供可资借鉴的理论参考依据。

**关键词:** 技术机会识别; 共现网络分析; 多维空间专利地图; 冷藏集装箱  
**中图分类号:** G 304 **文献标识码:** A

## Technology Opportunity Identification and Evaluation Based on Cluster Analysis and Multi-dimensional Spatial Patent Map

WANG Jinfeng<sup>1</sup>, XU Ze<sup>2</sup>, FENG Yicheng<sup>3</sup>, ZHANG Huyi<sup>4</sup>

(1. China Institute of FTZ Supply Chain, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China;  
2. School of Economics and Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China;  
3. Beijing Gaode Yunxin Technology Co., Ltd., Beijing 100102, China;  
4. Institute of Logistics Science and Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Based on the increasingly high demand for accurate and efficient identification of concrete technological innovation opportunities, the TF-IDF algorithm, LDA topic clustering model, co-occurrence network analysis, and multi-dimensional patent map were used comprehensively to identify and evaluate technological opportunities. Firstly, based on the collection and preprocessing of relevant patent literature in the research field, the TF-IDF algorithm and LDA model were used to extract technical topics and determine the innovation dimension. Secondly, by constructing a co-occurrence network, the technical subject words representing the innovation dimension were optimized and the

收稿日期: 2023-12-11

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFF0608700); 国家自然科学基金面上项目(72371155); 上海市科技计划项目(20040501300)

作者简介: 王金凤(1963—), 河南焦作人, 教授, 博士, 主要研究方向为工业工程与创新方法。E-mail: wangjinfeng@shmtu.edu.cn。

— 12 —

innovation dimension was determined, and then the multi-dimensional spatial patent map was iteratively generated with the innovation rule to identify a series of potential technology opportunities. Then, based on the extension evaluation method, the correlation degree of each technical opportunity was calculated to select the best technical opportunity. Finally, the feasibility of this method was verified by taking the opportunity identification of refrigerated container technology as an example. The results indicate that the technology opportunity identification method constructed in this article can provide a theoretical reference for the target enterprise to carry out precise, efficient, and low-cost technological innovation.

**Key words:** identification of technical opportunities; co-occurrence network analysis; multi-dimensional spatial patent map; refrigerated container

## 1 引言

产品与技术生命周期的日趋缩短使得企业的技术创新活动日趋活跃<sup>[1]</sup>,如何快速突破传统技术的束缚、精准识别具有发展前景的技术创新机会,成为企业实现可持续发展的重中之重<sup>[2]</sup>。鉴于专利数据所蕴含的丰富技术信息<sup>[3]</sup>,众多学者就如何对专利数据进行分析继而识别技术创新机会开展了深入的研究。

YOON等<sup>[4]</sup>基于专利数据挖掘了相关关键词,通过生成式拓扑映射法进行了技术空白和技术机会的研判。KIM等<sup>[5]</sup>基于专利引文的离群专利挖掘,识别了潜在的技术机会。PARK和YOON<sup>[6]</sup>通过建立不同技术领域的专利引文,并采用链路预测方法分析了不同领域间的技术机会。MA等<sup>[7]</sup>通过对专利数据进行主题建模并进行SAO语义分析,识别了潜在的技术创新机会。LEE等<sup>[8]</sup>基于可视化专利地图,识别了技术创新机会。王金凤等<sup>[9]</sup>基于形态分析法以及多维空间专利地图识别了技术机会。王金凤等<sup>[10]</sup>将LDA主题聚类模型与多维空间专利地图融合,进行了潜在技术创新机会的识别。

尽管目前众多学者基于文本聚类 and 主题模型等专利数据分析方法能够挖掘语义信息,从而对技术要素本身特点开展分析,但是较少针对技术要素之间的内在联系进行分析,难以深入揭示文本信息、技术主题、技术要素之间的关联,继而可能对基于技术主题识别的潜在技术机会造成影响。

基于上述分析,本文提出一种基于TF-IDF算法、LDA模型、共现网络分析与多维空间专利地图相结合的技术机会识别方法。首先,在搜集相关专利的基础上经由TF-IDF算法及LDA模型挖掘技术要素,并基于多维空间专利地图中的创新维度表征,进行技术主题聚类,以提高技术机会分析的全

面性;其次,构建不同创新维度下的共现网络,分析网络中各节点的特征值,进行技术关键词重要度划分,以提高技术机会识别的客观性;然后,构建多维空间专利地图,以生成潜在技术机会;最后,运用可拓评价方法进行技术机会优选,进而为目标企业精准高效开展技术创新提供科学的参考依据。

## 2 研究方法

### 2.1 共现网络分析

共现通常指文本特征信息共同出现的现象,此处的特征信息主要包括标题、摘要和关键词等<sup>[11]</sup>。共现网络分析通过分析共现现象,旨在揭示信息之间的内在关联及特征信息隐含的知识<sup>[12]</sup>。构建关键词共现矩阵和共现网络,能够高效快捷地分析技术主题之间的联系<sup>[13]</sup>。因此,许多学者应用共现网络分析开展了技术机会识别研究。

张振刚和罗泰晔<sup>[14]</sup>在共现网络分析专利基础上,运用K-means聚类法对专利进行了划分,并识别了特定领域的技术机会。肖明等<sup>[15]</sup>在利用统计学将主题划分为内容与方法两大类后进行了共现分析,为精准开展统计学相关的科学活动提供了导引。

然而,现有相关研究也存在一定的局限:通过共现网络分析识别技术机会的研究大多聚焦于技术主题,较少对具体技术机会进行深入分析,导致技术机会识别的效率和准确性不高。基于此,本文将通过计算不同创新维度下技术关键词的特征值,实现对不同创新维度下技术关键词的筛选,进而提高技术关键词提取的准确性。

### 2.2 多维空间专利地图

多维空间专利地图是通过对专利数据进行创

新维度识别和创新法则划分,进而通过“维-法”耦合迭代变换,识别出系列潜在技术机会的创新方法<sup>[16]</sup>。创新维度主要包括:动力体系维、结构维、功能维、空间维、环境维、机理维、材料维、时序维和人机关系维等。创新法则主要包括:替代、局部优化、

友好化、智慧化、组合与集成、自服务、分解与去除、动态化和柔性化等<sup>[16]</sup>。

以创新维度为导向,将创新维度与创新法则进行“维-法”耦合,进而具象化技术创新方案,如图 1 所示。

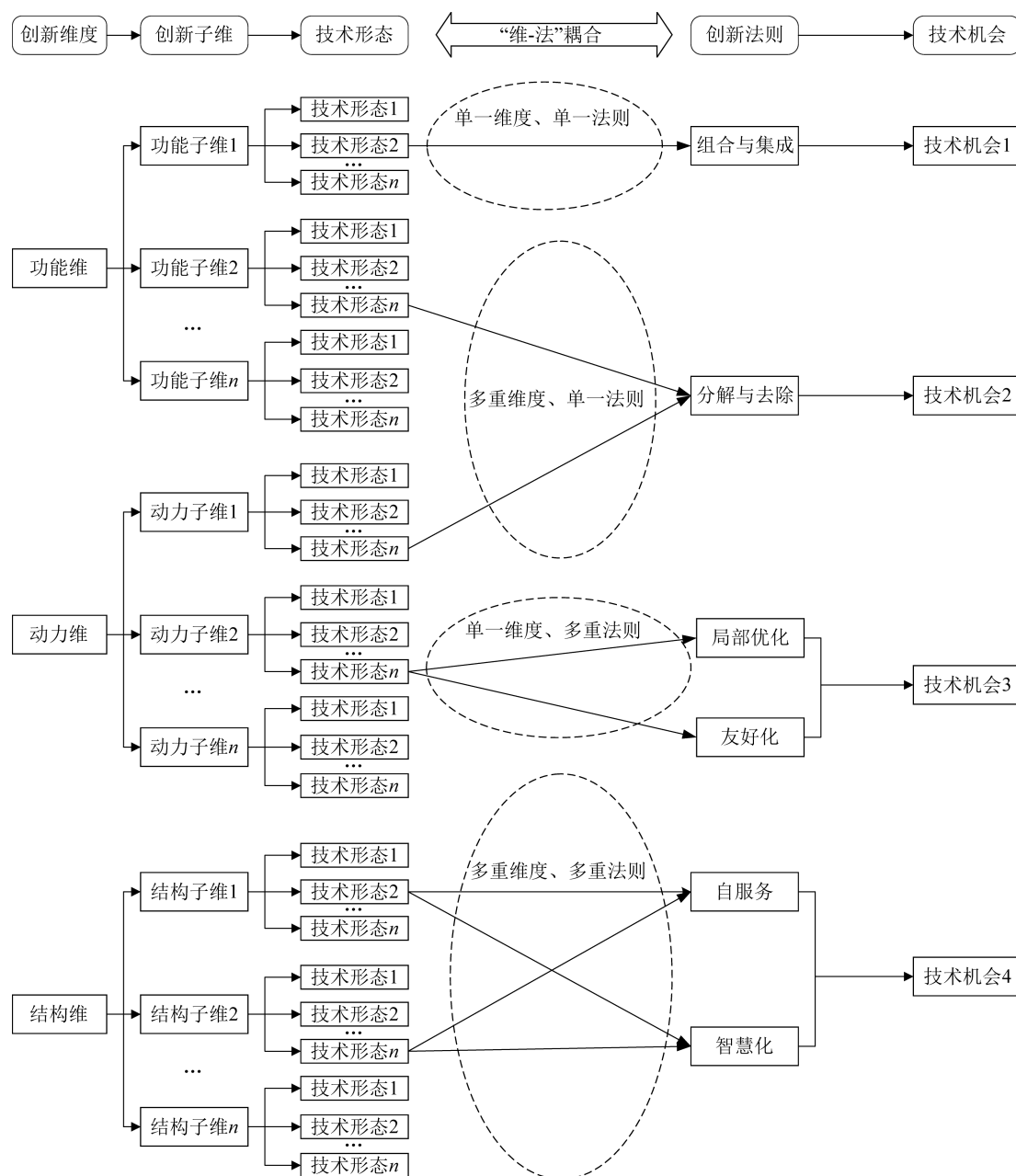


图1 “维-法”耦合原理

“维-法”耦合的变换具体包括:单一维度与单一法则、多重维度与单一法则、单一维度与多重法则和多重维度与多重法则,由此可以得出系列不同的技术创新机会。

多维空间专利地图具有操作简单、耦合迭代结果直观、适用性广和兼容性高等优点,所以被广泛应用于钛白粉浆料制备的技术机会识别<sup>[17]</sup>、潜水电

机技术创新方案的挖掘<sup>[18]</sup>等多个领域。

## 2.3 可拓评价法

可拓评价法是基于物元分析、可拓学和相似计算等理论,构建一个完整的物元研究事物之间相关性的综合评价方法<sup>[19]</sup>。其中,一个完整的物元一般包括评价对象、描述评价对象的评价指标以及不同

指标的具体取值。物元可拓则为本文评价技术机会提供了新的研究思路,因为该方法可通过计算关联度的大小,定量描述不同技术方案的优劣。

可拓评价法的具体步骤如下:

(1) 根据评价需求将评价对象划分为若干评价等级(如好、较好、一般、较差和差等5个等级),并确定对应的评价指标。

(2) 根据德尔菲法或数据处理等方法确定各个评价指标对于不同评价等级的取值范围。

(3) 依据关联函数计算评价指标在不同评价等级中的关联度大小,综合考虑关联度值的大小关系,最终确定最优评价对象<sup>[20-21]</sup>。

可拓评价法因具有适用性广、评价过程直观准确等优点,在各领域得到了广泛的应用,学者们对此也开展了深入的研究。刘华云和耿旭<sup>[22]</sup>运用可拓评价法对公共部门进行了绩效评估。徐璞磊

等<sup>[23]</sup>基于改进的可拓评价法对智能汽车进行了分析。

综上所述,本文拟首先采用 TF-IDF 算法和 LDA 模型提取创新维度与技术关键词,通过共现网络分析对技术关键词进行筛选;其次,将技术关键词具象化至多维空间专利地图,通过“维-法”耦合变换生成系列技术方案;最后,通过可拓评价法选取最佳技术方案。此方法不仅优化了数据处理的效率,提高了关键词提取的准确性,而且能够使生成的技术机会更加直观具体。

### 3 技术机会识别框架的构建

本文构建的技术机会识别框架主要包括:数据的收集及预处理、基于 TF-IDF 和 LDA 的目标技术主题聚类、共现网络的构建及分析、技术机会识别和技术机会评价。具体框架如图2所示。

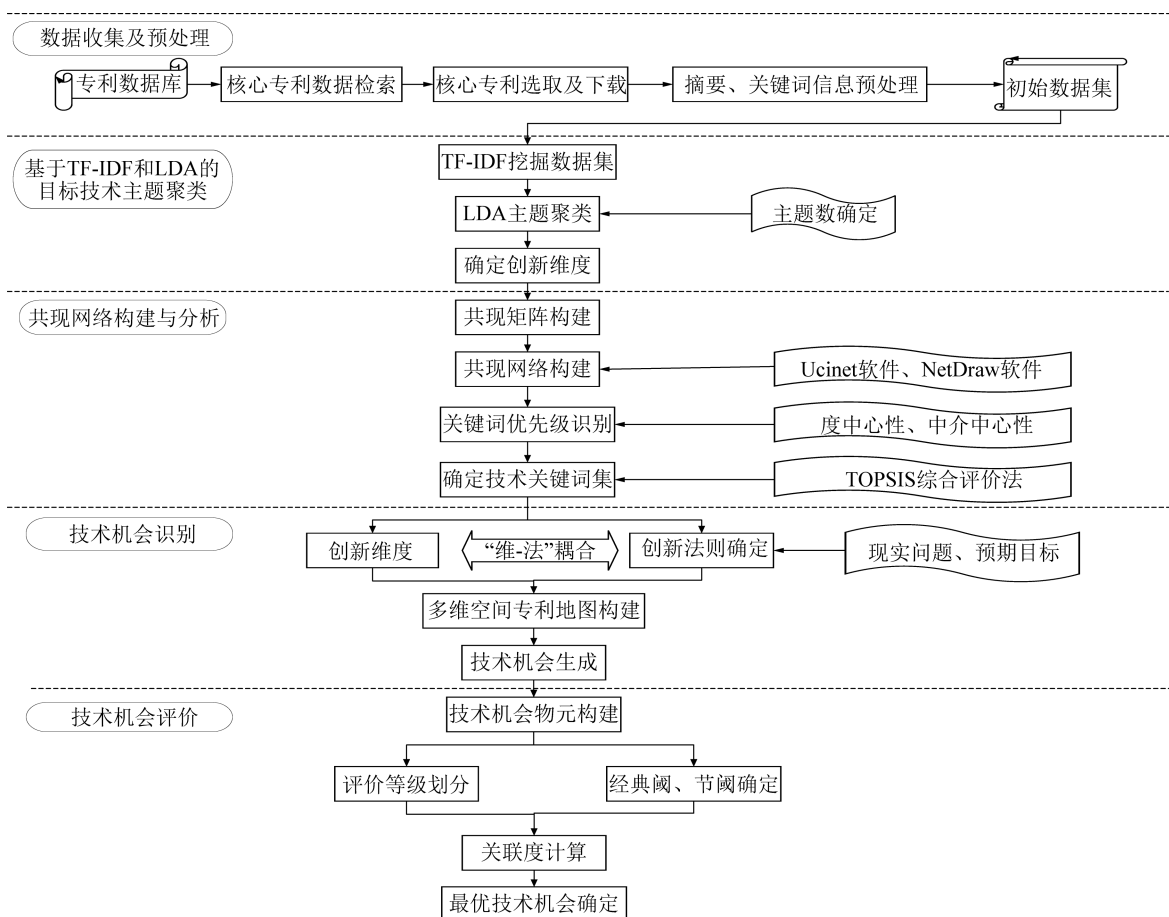


图2 技术机会识别路径研究框架

#### 3.1 数据的收集及预处理

专利数据因蕴含有大量的技术信息,通常被作为技术机会识别的重要数据源<sup>[24]</sup>,在此基础上对目标领域的专利数据进行预处理,可以为后续提取技

术关键词并进行共现网络分析奠定基础。对专利数据进行收集及预处理主要包括:

(1) 目标技术创新领域的确定。不同具体技术创新领域的专利数据的不同,蕴含的知识信息不尽



相同,由此得到的技术机会也会不同。因此,首先应明确具体技术创新领域。

(2) 专利的甄选。针对前述选定的目标技术创新领域,在特定的专利检索平台搜集相关数据,剔除与目标技术创新领域关联性较低的专利文本后,可得到表征目标领域技术机会的专利数据。

(3) 专利的预处理。对所选专利数据进行清洗、分词和筛选等预处理,进而可得到目标技术创新领域的初始数据集。

### 3.2 基于 TF-IDF 和 LDA 的目标技术主题聚类

鉴于前述专利的初始数据集大多以文本形式呈现,因此如何借助文本挖掘技术高效识别和提取专利中的信息尤为重要。本文选用 TF-IDF 算法与 LDA 主题聚类模型结合的方法从专利信息中提取技术关键词,旨在为后续构建共现网络奠定基础<sup>[25]</sup>。基于 TF-IDF 与 LDA 的目标技术主题聚类过程主要包括:

(1) 运用 TF-IDF 算法挖掘相关数据集。利用 TF-IDF 算法进行文本挖掘,通过计算不同词或短语出现的频次,实现对数据集高效快捷地筛选。

(2) 构建 LDA 主题聚类模型进行主题聚类。通过计算困惑度以确定最优主题数,并基于 TF-IDF 算法得到的数据信息,构建 LDA 主题聚类模型可得到技术关键词信息<sup>[26]</sup>,以此提高技术关键词选取的客观性和准确性。

(3) 创新维度的确定。根据 LDA 聚类结果以及相关领域专家意见,确定目标技术主题的创新维度。

### 3.3 共现网络构建与分析

共现网络分析法是基于数据集中不同词语共同出现的情况确定彼此的关系。统计一组数据中的主题词共同出现的频次,可形成由这些词对关联所组成的共现网络,由此可映射出网络内节点之间的关系。共现网络构建与分析主要包括:

(1) 共现矩阵的构建。基于前述技术关键词,通过 Python 可构建共现矩阵。

(2) 共现网络的构建。利用 Ucinet 软件对前述共现矩阵进行分析,而后通过 NetDraw 软件将其进行转化和可视化表达。

(3) 关键词优先级的识别。对前述构建的共现网络各节点的重要度进行划分,以确定关键词的优先级,从而为后续精准识别技术机会奠定基础。

(4) 技术关键词集的确定。基于关键词的优先级指标,结合 TOPSIS 综合评价法确定最终的技术关键词集。

上述步骤中,利用 Ucinet 软件计算网络节点的度中心性、中介中心性并进行分析,研判技术关键词重要度的具体流程如下:

首先,计算节点度中心性。节点的度中心性是在共现网络中衡量不同节点中心性最直接的指标<sup>[27]</sup>。如果某一节点的度中心性越高,则该节点在网络中就越重要,计算公式如下:

$$C_D(N_i) = \sum_{j=1}^g x_{ij} (i \neq j) \quad (1)$$

其中:  $C_D(N_i)$  表示节点  $i$  的度中心性,用于计算节点  $i$  与其他  $g-1$  个  $j$  节点 ( $i \neq j$ ) 的联系。节点度中心性仅是将节点  $i$  在网络中所对应的行或列单元格的加和,因此还需综合考虑其他指标。

其次,计算节点中介中心性。节点的中介中心性是衡量网络中经过某个节点的最短路径数目指标<sup>[28]</sup>。如果某个节点充当其他两个节点之间“中介”的次数越多,则说明其中介中心性越高。计算公式如下:

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}} \quad (2)$$

其中:  $\sigma_{st}(v)$  表示经过节点  $v$  的  $s \rightarrow t$  的最短路径数目,  $\sigma_{st}$  表示  $s \rightarrow t$  的最短路径数目。节点中介中心性能够从整体角度衡量节点在网络中的重要性<sup>[29]</sup>。

因此,综合考虑节点的度中心性、中介中心性所得到的关键节点,可以提高技术关键词选取的准确性以及技术机会识别的可靠性。

### 3.4 技术机会识别

基于目标技术领域亟待解决的问题及预期目标可确定创新法则,并根据上述创新维度及对应的技术关键词进行“维-法”耦合变换,进而可构建多维空间专利地图,并识别出潜在的技术创新机会。技术机会识别过程主要包括:

(1) 创新法则的确定。基于目标技术主题领域亟待解决的技术问题以及预期目标,结合领域专家意见,确定相关创新法则。

(2) 多维空间专利地图的构建。根据“维-法”耦合原则,将迭代变换的结果映射至多维空间,由此可构建多维空间专利地图。

(3) 技术机会的生成。由多维空间专利地图,可导出经规范化表达的系列潜在技术创新机会。

### 3.5 技术机会评价

在提高技术机会识别效率的同时,为了缩减不必要的技术创新成本,还需在对上述系列潜在技术创新机会评价基础上,运用可拓评价法进一步优化。技术机会评价过程主要包括:

(1) 技术机会物元的构建。基于杨春燕和蔡文<sup>[30]</sup>对物元及其变化规律的研究成果,可将物元表述为  $R=(N, F, V)=(\text{评价对象}, \text{评价指标}, \text{量值})$ , 本文对待评技术机会  $i$  构建了如下物元矩阵:

$$R_i = \begin{bmatrix} N_i & F_{1i} & V_{1i} \\ N_i & F_{2i} & V_{2i} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_i & F_{mi} & V_{mi} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中:  $N_i$  表示待评的技术机会  $i$ ,  $F_{mi}$  表示第  $i$  个技术机会的第  $m$  个评价指标 ( $m=1, 2, \dots, n$ ),  $V_{mi}$  表示第  $m$  个评价指标的量值。

(2) 评价等级的划分。基于多维空间专利地图和 TRIZ<sup>[31]</sup>, 可将技术机会划分为 5 大等级, 以表征不同技术创新机会的潜在价值, 即 A 级(优)、B 级(次优)、C 级(中)、D 级(良)和 E 级(差)。

(3) 经典阈和节阈的确定。在确定评价等级后, 还需根据不同评价等级确定经典阈和节阈, 为后续进一步开展技术机会评价提供依据。

经典阈的计算公式如下:

$$R_j = (N_j, F_j, V_j) = \begin{bmatrix} N_j & F_1 & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ N_j & F_2 & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ \dots & \dots & \dots \\ N_j & F_n & \langle a_{jn}, b_{jn} \rangle \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中:  $R_j$  表示经典阈,  $N_j$  表示第  $j$  个评价指标的等级分类,  $F_j$  表示经典阈中所有评价指标的量值,  $V_j$  表示  $F_j$  在  $N_j$  所提出的量值范围。

节阈的计算公式如下:

$$R_u = (N_u, F_u, V_u) = \begin{bmatrix} N & F_1 & \langle a_{u1}, b_{u1} \rangle \\ N & F_2 & \langle a_{u2}, b_{u2} \rangle \\ \dots & \dots & \dots \\ N & F_n & \langle a_{un}, b_{un} \rangle \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中:  $R_u$  表示节阈,  $N_u$  为所有评价指标的等级分类,  $F_u$  表示节阈中所有评价指标的量值,  $V_u$  表示  $F_u$  在全部等级所提出的量值范围。

(4) 关联度的计算。基于关联函数可确定待评对象在不同评价指标下的具体值, 关联函数表达式如下:

$$K_j(x_i) = \frac{\rho(x_i, X_{ji})}{\rho(x_i, X_i) - \rho(x_i, X_{ji})} \quad (6)$$

$$\rho(x_i, X_{ji}) = \left| x_i - \frac{m+n}{2} \right| - \frac{n-m}{2} \quad (7)$$

$$\rho(x_i, X_i) = \left| x_i - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{b-a}{2} \quad (8)$$

其中:  $K_j(x_i)$  表示评价等级中第  $i$  个与第  $j$  个评价指标之间的关联函数,  $\rho(x_i, X_{ji})$  表示第  $j$  个评价指标对评价等级的距,  $\rho(x_i, X_i)$  表示所有评价指标对评价等级的距,  $(m, n)$  示第  $j$  个评价指标对应评价等级的值域上下限,  $(a, b)$  表示全部评价等级的值域上下限。

(5) 最优技术机会的确定。通过德尔菲法可确定相关权重 ( $W_k$ ), 而后计算各技术机会的关联度以确定技术创新的等级, 进而确定最优技术机会。

首先, 计算各技术机会的关联度。计算公式如下:

$$K_j(R_i) = \sum_{k=1}^n W_k K_j(x_i) \quad (9)$$

其中:  $K_j(R_i)$  表示第  $j$  个技术机会的关联度,  $W_k$  表示不同评价指标对应的权重。

其次, 选取最大关联度对应的技术机会作为最优技术创新机会。计算公式如下:

$$K_j(R_i)^* = \max \{ K_j(R_i) \} \quad (10)$$

其中:  $K_j(R_i)^*$  表示最优技术机会。

## 4 应用研究——以冷藏集装箱技术为例

### 4.1 背景分析

冷藏集装箱泛指具有良好隔热功能, 并且能够维持设定的低温要求, 适用于各类易腐食品的运输、储存的特殊集装箱。作为冷链物流中的重要环节, 探究其潜在技术机会对冷链物流企业精准高效开展技术创新至关重要。

基于此, 将本文的研究成果应用于冷藏集装箱技术创新, 不仅能够精准高效识别冷藏集装箱的技术创新机会, 而且能够为冷链物流企业通过消减盲目创新风险降低技术创新成本, 提供可资借鉴的决策参考依据。

### 4.2 冷藏集装箱技术专利数据的收集及预处理

首先, 确定专利检索的表达式, 并在国家知识产权局检索平台进行冷藏集装箱技术专利数据的检索。具体检索方案见表 1。

其次, 对检索到的专利文本进行初步筛选。剔除专利名称、摘要、关键词中不含冷藏集装箱、冷链物流等相关专利, 最终得到 1 060 条有效专利文本数据, 可作为研究对象开展后续的技术机会识别。

表1 冷藏集装箱技术的专利检索方案

检索项目	内容
检索平台	国家知识产权局专利信息服务平台( <a href="https://www.patent.com.cn">https://www.patent.com.cn</a> )
检索专利范围	中国发明专利、中国实用新型专利、中国外观设计专利
检索范围	2010年—2022年
检索表达式	名称、摘要、关键词=“冷藏”or“冷藏集装箱”or“冷链物流”

4.3 冷藏集装箱技术创新维度的确定

运用TF-IDF算法与LDA主题聚类模型,完成对冷藏集装箱技术专利数据的挖掘,进而提取出技术关键词。

首先,运用TF-IDF算法分析冷藏集装箱技术的专利文本创新要素(见表2),并根据领域专家意见选定出现频次最高的45个技术关键词作为冷藏集装箱领域的技术关键词(见表3)。

表2 冷藏集装箱技术专利文本创新要素(部分)

序号	专利标题	关键词
1	一种改进的冷藏集装箱	电池板、风机、蒸发器、控制箱、膨胀阀、冷凝器、压缩机、保温层、盘管
2	装配式冷藏集装箱的连接结构	顶板、蒸发器、压缩机、电源、墙板、水泵、电动机、分离器、控制器、保温板
3	保鲜冷藏设备管理服务器	制冷机、电压、显示器、报警器、温度传感器、除霜、电路板、减速器、风扇
4	恒温、恒压、恒湿多用途冷藏集装箱	真空泵、蒸发器、保温层、风机、制冷机、电池板、电热丝、翅片、单向阀
5	小型冷藏集装箱	控制器、压缩机、空气幕、编码器、蒸发器、截止阀、加湿器、散热器、冷冻机

其次,绘制出主题数目在1~9之间对应的困惑度曲线,继而确定LDA主题聚类模型的最优主题数为3。图3为冷藏集装箱技术领域不同主题数目对应的困惑度。

最后,运用LDA主题聚类模型进行聚类分析,聚类结果如图4所示。依据多维空间专利地图对创新维度的定义,结合上述得到的有关冷藏集装箱技术关键词的特征,可将其划分为动力体系维、结构维和功能维,具体划分结果见表4。

4.4 冷藏集装箱技术共现网络的构建与技术关键词集的确定

(1) 共现网络的构建

通过构建冷藏集装箱技术关键词之间的共现矩阵,并借助Ucinet、NetDraw软件进行可视化表

表3 冷藏集装箱技术词频排序的前45个关键词

序号	关键词	词频	序号	关键词	词频	序号	关键词	词频
1	温度传感器	242	16	压缩机	89	31	对电极	50
2	冷冻机	233	17	风道	84	32	浮球阀	48
3	雾化器	217	18	散热器	84	33	隔热层	47
4	风幕机	214	19	继电器	81	34	顶板	46
5	电池组	163	20	发电机	80	35	内燃机	44
6	蓄电池	146	21	温控器	69	36	截止阀	40
7	光传感器	145	22	节流阀	68	37	真空阀	37
8	送风机	144	23	单向阀	66	38	柴油机	35
9	电池板	108	24	换热器	62	39	电源板	34
10	冷水机组	108	25	冷风机	54	40	电动机	33
11	无刷电机	107	26	液压泵	53	41	膨胀机	28
12	蒸发器	106	27	参比电极	53	42	盘管	24
13	单片机	103	28	橡胶垫	52	43	化学电池	24
14	冷却器	91	29	减压阀	51	44	分水器	22
15	泡沫	91	30	控制器	51	45	加湿器	11

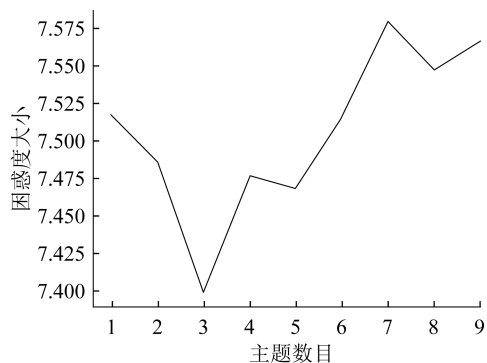


图3 冷藏集装箱技术领域专利不同主题数目对应的困惑度

达,能够为后续更精准、更直观地识别技术机会奠定基础。具体步骤如下:

首先,构建冷藏集装箱的全领域技术关键词共现网络,如图5所示。

其次,根据冷藏集装箱不同创新维度下关键词的共现关系,分别构建动力体系维、结构维和功能维等3个创新维度的共现网络,如图6所示。

(2) 技术关键词重要性的研判

基于冷藏集装箱不同维度的技术关键词共现网络,可利用Ucinet软件计算各个节点的度中心性和中介中心性,具体计算结果如表5和表6所示。

(3) 技术关键词集的确定

由于技术关键词度中心性与中介中心性的排序结果不一致,因此还需运用TOPSIS综合评价法对不同创新维度下的技术关键词进行排序,具体评价结果如表7所示。







表 5 冷藏集装箱技术不同创新维度技术关键词的度中心性

序号	动力体系维关键词	度中心性	序号	结构维关键词	度中心性	序号	功能维关键词	度中心性
1	蓄电池	954	1	雾化器	727	1	减压阀	985
2	电池板	874	2	盘管	699	2	温度传感器	956
3	电池组	869	3	风幕机	664	3	隔热层	907
4	单片机	794	4	送风机	608	4	冷却器	863
5	液压泵	716	5	冷风机	558	5	光传感器	862
6	无刷电机	714	6	蒸发器	536	6	浮球阀	733
7	继电器	687	7	风道	478	7	冷冻机	687
8	参比电极	631	8	压缩机	437	8	真空泵	673
9	发电机	628	9	控制器	404	9	泡沫	649
10	电源板	613	10	换热器	401	10	橡胶垫	614
11	内燃机	548	11	顶板	377	11	散热器	551
12	对电极	501	12	膨胀机	315	12	节流阀	470
13	化学电池	377	13	冷水机组	250	13	温控器	382
14	电动机	376	14	分水器	247	14	单向阀	338
15	柴油机	358	15	加湿器	221	15	截止阀	262

表 6 冷藏集装箱技术不同创新维度技术关键词的中介中心性

序号	动力体系维关键词	中介中心性	序号	结构维关键词	中介中心性	序号	功能维关键词	中介中心性
1	电池板	9.532	1	风幕机	9.545	1	温度传感器	9.532
2	蓄电池	9.525	2	雾化器	9.452	2	冷却器	9.525
3	电池组	9.452	3	送风机	8.849	3	光传感器	9.452
4	单片机	9.290	4	盘管	8.480	4	减压阀	8.849
5	液压泵	8.146	5	冷风机	8.291	5	隔热层	8.313
6	发电机	7.849	6	换热器	7.870	6	浮球阀	8.146
7	对电极	7.849	7	压缩机	7.595	7	节流阀	7.615
8	电源板	7.569	8	加湿器	7.606	8	真空泵	7.176
9	化学电池	7.069	9	膨胀机	7.392	9	单向阀	7.069
10	参比电极	6.747	10	蒸发器	6.571	10	温控器	6.849
11	内燃机	6.616	11	控制器	6.396	11	泡沫	6.791
12	无刷电机	6.414	12	分水器	6.042	12	橡胶垫	6.629
13	电动机	6.249	13	冷水机组	5.583	13	截止阀	6.389
14	继电器	5.644	14	顶板	5.052	14	散热器	5.571
15	柴油机	5.543	15	风道	5.013	15	冷冻机	5.414

基于此,本文从冷藏集装箱的现存问题出发,经专家迭代,选择了替代、局部优化、友好化、智慧化、组合与集成、自服务创新法则,如表 9 所示。

(2) 多维空间专利地图的构建

根据“维-法”耦合原理对前述冷藏集装箱的创新维度与创新法则进行迭代变换,进而可构建多维空间专利地图,并识别潜在的技术创新机会。构建的多维空间专利地图如图 7 所示。

(3) 技术机会的生成

基于构建的多维空间专利地图,通过邀请相关领域专家对九大维度、九大法则进行迭代变换,识别出潜在技术机会,通过筛选得出 4 种技术机会。具体技术创新机会如表 10 所示。

4.6 技术机会评价

首先,从技术和市场两方面选取技术创新性( $X_{1i}$ )、经济效益( $X_{2i}$ )、社会效益( $X_{3i}$ )、技术可实现性( $X_{4i}$ )等 4 方面内容作为评价指标体系,并基于物元可拓思想构建物元矩阵,进而完成对冷藏集装箱

表7 冷藏集装箱技术不同创新维度技术关键词的TOPSIS综合评价结果

排序	动力体系维关键词	综合得分指数	排序	结构维关键词	综合得分指数	排序	功能维关键词	综合得分指数
1	电源板	0.730	1	送风机	0.690	1	温度传感器	0.769
2	蓄电池	0.691	2	盘管	0.639	2	冷却器	0.677
3	电池组	0.586	3	风幕机	0.593	3	光传感器	0.614
4	电池板	0.540	4	雾化器	0.567	4	减压阀	0.612
5	液压泵	0.526	5	冷风机	0.521	5	冷冻机	0.571
6	发电机	0.480	6	冷水机组	0.513	6	隔热层	0.523
7	对电极	0.474	7	压缩机	0.481	7	节流阀	0.496
8	单片机	0.463	8	加湿器	0.478	8	真空泵	0.476
9	内燃机	0.462	9	风道	0.473	9	单向阀	0.468
10	电动机	0.439	10	蒸发器	0.472	10	温控器	0.464
11	柴油机	0.436	11	控制器	0.435	11	散热器	0.436
12	无刷电机	0.435	12	分水器	0.429	12	橡胶垫	0.423
13	参比电极	0.406	13	换热器	0.362	13	截止阀	0.403
14	继电器	0.394	14	顶板	0.341	14	泡沫	0.399
15	化学电池	0.346	15	膨胀机	0.266	15	浮球阀	0.398

表8 冷藏集装箱技术关键词集

创新维度	技术关键词
动力体系维	蓄电池、电池组、电源板、电池板、液压泵
结构维	送风机、盘管、风幕机、雾化器、冷风机
功能维	冷却器、温度传感器、光传感器、减压阀、冷冻机

表9 现存问题及对应创新法则

现存问题	预期目标	创新法则
制冷效果差	增强制冷效果	替代、局部优化
耗能严重	降低能耗、节约能源	友好化、智慧化、组合与集成
自动化程度低	提高自动化水平	自服务、智慧化
功能单一	增加其他功能	组合与集成、局部优化

技术机会的评价。以下是基于相关领域专家打分情况构建的各技术机会待评物元矩阵 $R_i(i=1, 2, 3, 4)$ :

$$R_1 = \begin{bmatrix} N_1 & X_{11} & 3.31 \\ N_1 & X_{21} & 4.14 \\ N_1 & X_{31} & 3.57 \\ N_1 & X_{41} & 4.40 \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} N_2 & X_{12} & 3.76 \\ N_2 & X_{22} & 4.18 \\ N_2 & X_{32} & 3.79 \\ N_2 & X_{42} & 4.02 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} N_3 & X_{13} & 4.17 \\ N_3 & X_{23} & 3.61 \\ N_3 & X_{33} & 3.54 \\ N_3 & X_{43} & 3.57 \end{bmatrix}, R_4 = \begin{bmatrix} N_4 & X_{14} & 3.54 \\ N_4 & X_{24} & 3.96 \\ N_4 & X_{34} & 3.62 \\ N_4 & X_{44} & 3.68 \end{bmatrix}$$

其次,通过式(6)~式(8)计算各技术机会评价指标与评价等级间的关联度。由于在计算最高等级关联度时分母为零,计算结果没有意义,故本文对此不予考虑,具体计算结果如表11所示。

再次,根据德尔菲法邀请相关领域专家对上述4大评价指标打分,并根据各评价指标权重和为1的要求,最终确定评价指标的权重矩阵为  $W=[0.4, 0.2, 0.1, 0.3]$ ,而后代入式(9)计算出各技术机会的关联度  $K_i(R_i)$ ,具体计算结果如下:

$$\begin{aligned} K_j(R_1) &= [0.171, -0.253, -0.610, -0.394] \\ K_j(R_2) &= [0.075, -0.463, -0.642, -0.731] \\ K_j(R_3) &= [0.118, -0.191, -0.404, -0.605] \\ K_j(R_4) &= [0.185, -0.408, -0.605, -0.704] \end{aligned}$$

此外,根据式(10)可得出各技术机会关于不同评价等级的最大关联度为:

$$K_j(R_i)^* = [K_1(R_1), K_2(R_1), K_3(R_1), K_4(R_1)] \\ = [0.171, 0.075, 0.118, 0.185]$$

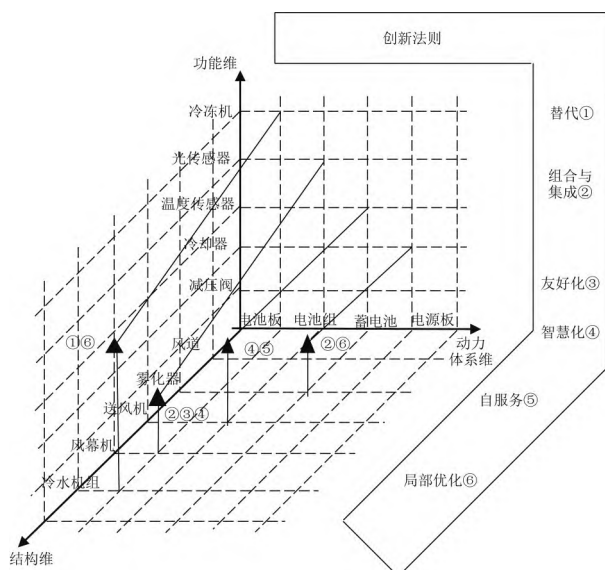


图7 技术机会1、2、3、4的多维空间专利地图

表 10 冷藏集装箱技术机会的具体描述

序号	创新法则	预期目标	具体描述
技术机会 1	替代、局部优化	增强制冷	对制冷系统中冷冻机的出风口位置进行替换,选用中底部出风以减少冷气外溢,对冷水机组进行优化,在其周围设置管道以实现热气回收,进而提高制冷效果。
技术机会 2	友好化、智慧化、组合与集成	降低能耗	选用双开式平移箱门,在冷藏集装箱门一侧设置通过光传感器控制的冷气喷放式装置。当开启箱门时光线发生变化,同时利用冷气喷放式装置喷射冷空气以形成冷气层,起到阻隔冷热空气交换的目的,进而降低能耗。
技术机会 3	自服务、智慧化	提高自动化	送风机的出风口与冷藏集装箱相连,在冷藏集装箱内部四周与顶部均匀安装多个可控的冷气喷射装置。同时安装控制器与温度传感器,以实现送风机自动将冷气均匀分布于冷藏集装箱内部的目的。
技术机会 4	组合与集成、局部优化	多功能集成	在制冷系统中增加雾化装置,同时增加多个蒸发装置,并在冷藏集装箱一侧设置凹槽,另一侧设置对应的凸起,在实现冷藏集装箱温度恒定的同时具有除霜、恒温喷雾和减震等多种功能。

表 11 冷藏集装箱各技术机会评价指标与评价等级间的关联度

等级	技术机会 1				技术机会 2			
	r <sub>11</sub>	r <sub>21</sub>	r <sub>31</sub>	r <sub>41</sub>	r <sub>12</sub>	r <sub>22</sub>	r <sub>32</sub>	r <sub>42</sub>
A	—							
B	0.690	−0.140	0.430	−0.400	0.240	−0.180	0.210	−0.020
C	−0.155	−0.570	0.285	−0.700	−0.380	−0.590	−0.395	−0.510
D	−0.437	−0.713	−0.523	−0.800	−0.587	−0.727	−0.597	−0.673
E	−0.578	0.785	−0.643	−0.850	−0.690	−0.795	−0.698	−0.755

等级	技术机会 3				技术机会 4			
	r <sub>13</sub>	r <sub>23</sub>	r <sub>33</sub>	r <sub>43</sub>	r <sub>14</sub>	r <sub>24</sub>	r <sub>34</sub>	r <sub>44</sub>
A	—							
B	−0.170	0.390	0.460	0.430	0.460	−0.040	0.380	−0.320
C	−0.585	−0.305	−0.270	−0.285	−0.270	−0.480	−0.310	−0.340
D	−0.723	−0.537	−0.513	−0.523	−0.513	−0.653	−0.540	−0.560
E	−0.793	−0.653	−0.635	−0.643	−0.635	−0.740	−0.655	−0.670

最后,根据上述最大关联度计算结果可知,技术机会 1 和技术机会 4 的创新等级较高,而技术机会 2 和技术机会 3 的创新等级较低。其中,相较于技术机会 1,技术机会 4 的组合优化结构更为简单、功能更为全面,对冷链物流企业具有更好的技术发展前景,因此具有更高的创新价值。本文最终可选择关联度最大的技术机会 4 为最优技术创新机会。

5 研究总结与展望

本文首先运用 TF-IDF 算法与 LDA 模型,对预处理后的专利文本数据信息进行了二次筛选以确定创新维度及其对应的技术关键词;其次,构建了共现网络,并通过计算各个节点的度中心性与中介中心性研判了技术关键词的重要度,确定了技术关键词集,与创新法则进行迭代变换构建了多维空间专利地图,进而生成了潜在技术机会;然后,通过构建物元矩阵并计算各技术机会的关联度对技术机

会进行了优选;最后,以冷藏集装箱技术创新为例,验证了该技术机会识别方法的可行性,为冷链物流企业精准高效、低成本开展技术创新提供了可资借鉴的参考思路。

本文具有一定的理论意义和实践意义:应用包括 TF-IDF 算法、LDA 主题聚类 and 共现网络分析等方法,量化创新维度及技术关键词优先级;在高效提高技术创新机会识别准确性与客观性的同时,运用多维空间专利地图具象潜在技术机会,具有较高的可操作性。这不仅丰富了技术机会识别方法的研究范畴,而且为相关企业精准高效开展技术创新提供了科学依据。

然而,本文也存在一定的不足之处:(1) 在对技术主题要素的提取方面,本文虽然采用聚类算法、网络分析等方法得到了技术关键词,但随着科学技术的迅猛发展,对技术领域的细化程度要求也越来越高。因此,未来研究还需要对技术关键词进行更



细粒度的筛选,以进一步提升技术机会识别的准确性。(2)在对评价指标的选取方面,本文主要依靠专家经验,可能影响分析结果的普适性及全面性。因此,未来研究还需要从多方面综合考虑,以进一步提升技术机会识别的客观性。

## 参考文献:

- [1] 慎金花,闫倩倩,孙乔宣,等.基于专利数据挖掘的技术融合识别与技术机会预测研究——以电动汽车产业为例[J].图书馆杂志,2019,38(10):95-106.
- [2] LEE C. A review of data analytics in technological forecasting[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 166: 120646.
- [3] 张振刚,罗泰晔.基于RFM模型和随机行动者导向模型的技术机会识别[J].情报学报,2021,40(1):53-61.
- [4] YOON B, PARK I, YUN D, et al. Exploring promising vacant technology areas in a technology-oriented company based on bibliometric analysis and visualisation[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2019, 31(4): 388-405.
- [5] KIM B, GAZZOLA G, YANG J, et al. Two-phase edge outlier detection method for technology opportunity discovery[J]. Scientometrics, 2017, 113(1): 1-16.
- [6] PARK I, YOON B. Technological opportunity discovery for technological convergence based on the prediction of technology knowledge flow in a citation network[J]. Journal of Informetrics, 2018, 12(4): 1199-1222.
- [7] MA T, ZHOU X, LIU J, et al. Combining topic modeling and SAO semantic analysis to identify technological opportunities of emerging technologies[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 173: 121159.
- [8] LEE S, YOON B, PARK Y. An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach[J]. Technovation, 2009, 29(6-7): 481-497.
- [9] 王金凤,吴敏,岳俊举,等.创新过程的技术机会识别路径研究——基于专利挖掘和形态分析[J].情报理论与实践,2017,40(8):82-86.
- [10] 王金凤,徐正强,冯立杰,等.基于多维空间专利地图及可拓学的技术创新路径识别与评价[J].科技管理研究,2022,42(8):8-17.
- [11] 马慧芳,邢玉莹,王双,等.融合词语共现距离和类别信息的短文本特征提取方法[J].计算机工程与科学,2018,40(9):1689-1695.
- [12] 王金凤,张芷芯,冯立杰,等.基于LDA与共现网络动态分析的技术机会识别[J].科研管理,2024,45(2):176-188.
- [13] 刘自强,岳丽欣,许海云,等.时序共词网络构建及其动态可视化研究[J].情报学报,2020,39(2):186-198.
- [14] 张振刚,罗泰晔.基于知识网络的技术预见研究[J].科学学研究,2019,37(6):961-967+985.
- [15] 肖明,商慧语,肖毅,等.基于LDA模型的统计学热门主题挖掘及知识图谱分析[J].华中师范大学学报(自然科学版),2022,56(5):781-788+802.
- [16] 冯立杰.元易创新方法:技术创新的九维九法[M].重庆:重庆大学出版社,2020:23-73.
- [17] 冯立杰,王文豪,王金凤,等.基于LDA-SNA和多维空间专利地图的核心技术主题及创新机会识别研究[J].科技管理研究,2023,43(5):165-174.
- [18] 冯立杰,尤鸿宇,王金凤.专利技术创新路径识别及其新颖性评价研究[J].情报学报,2021,40(5):513-522.
- [19] 王美月,宋婧馨,陈为东.学术虚拟社区社会化交互质量的物元可拓评价与敏感性分析[J].情报科学,2022,40(3):166-173+192.
- [20] SU Y, LIN Z Z. Extensics analysis of regional innovation coordination ability[J]. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2017, 13(12): 7875-7884.
- [21] JIANG P, LI C, LI R, et al. An innovative hybrid air pollution early-warning system based on pollutants forecasting and Extensics evaluation[J]. Knowledge-Based Systems, 2019, 164: 174-192.
- [22] 刘华云,耿旭.基于可拓评价法的公共部门绩效评估:适用性、主要步骤及应用[J].系统科学学报,2020,28(1):88-92.
- [23] 徐璞磊,蔡英凤,廉玉波,等.基于改进分层可拓理论的智能汽车AFS/DYC协调控制[J].汽车工程,2023,45(1):20-31.
- [24] 孔德婧,董放,陈子婧,等.离群专利视角下的新兴技术预测——基于BERT模型和深度神经网络[J].图书情报工作,2021,65(17):131-141.
- [25] 栾春娟,宋博文,邓思铭.全球绿色发明技术会聚与专利产出相互影响研究[J].科技进步与对策,2023,40(8):1-10.
- [26] 张霁阳,张鹏,兰月新,等.基于动态主题聚类的网络舆情反转识别模型构建与实证研究[J].情报理论与实践,2023,46(10):174-181+129.
- [27] 陈子凤,靳琪琳,贾卫峰,等. ICT技术及产业融合测度——基于高被引专利和标准必要专利的比较研究[J].情报杂志,2023,42(9):179-187.
- [28] 郑碧丽,侯剑华.边界跨越对科学论文引文量的影响:基于因果推断的分析[J].图书情报知识,2023,40(2):131-140.
- [29] 周思思,逯苗苗.“分离式集聚”还是“协同式集聚”?——高铁网络对产业分布关系的影响研究[J].软科学,2023,37(7):111-117.
- [30] 杨春燕,蔡文,涂序彦.可拓学的研究、应用与发展[J].系统科学与数学,2016,36(9):1507-1512.
- [31] 张治河,高中一,檀润华,等.突破“卡脖子”技术的思维模式——基于TRIZ的设计[J].科研管理,2022,43(12):54-68.