

基于 CiteSpace 的技术预测研究的可视化分析

王翠波,熊坤,刘文俊

(中南民族大学 管理学院,武汉 430074)

摘要:基于科学知识图谱软件 CiteSpace,对从中国知网(CNKI)数据库中获取的技术预测科学文献,从文献维度、内容维度等角度进行可视化共现及聚类分析,探索技术预测研究现状及发展趋势。相关分析表明:①技术预测合作研究主要限于学科领域内部;②技术预测研究方法主要包括 TRIZ 理论、文献计量、文本挖掘和知识图谱等,呈现出从定性向定量、从数字化向知识化发展的特征;③技术预测研究方向主要包括新兴技术主题识别、技术机会识别、颠覆性技术预测、技术态势探索等,呈现出深化实证应用的发展趋势。

关键词:技术预测;科学知识图谱;CiteSpace;可视化分析

中图分类号:G321.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)6—0147—08

识别技术现状、感知技术动态一直是技术预测实践及理论研究的重要内容,而当前动态、复杂的技术环境则对潜在新兴技术预测研究提出了更高要求。面对技术垄断化、技术国界化等当前国际环境,国内知识密集型企业及政府部门能否有效突破技术壁垒、识别技术机会、预测技术涌现并促进颠覆性技术的发展,将直接影响企业、产业及整个国家的技术创新竞争力。构建有效的、大数据与决策目标整合驱动下的技术评估与预测模型,有助于提升技术创新管理能力^[1]。为系统梳理技术预测研究现状并探索其发展趋势,本文基于科学知识图谱软件 CiteSpace,对从中国知网(CNKI)数据库中获取的技术预测科学文献,从文献维度、内容维度等角度进行可视化共现及聚类分析,以期和技术预测相关研究及技术创新管理实践提供理论支撑。

一、数据采集与研究方法

(一)数据采集

本研究中数据采集流程如图1所示,主要包括关键词筛选、CNKI数据库检索、数据清洗与格式化等环节。

(1)关键词筛选组合。为了提升文献采集的完整性和准确性,本研究基于专家访谈,选择了“技术机会”“新兴技术”“颠覆性技术”“技术预测”“技术机会识别”基本关键词组合作为主题检索入口词。

(2)CNKI数据库检索。本研究重点对国内研究现状进行相关分析,因此选择CNKI学术期刊、博硕论文、会议及报纸数据源进行跨库主题检索。其中,关键词选用上述流程(1)中所示的相关术语。采集年限为2008—2018年。

(3)数据清洗。将流程(2)中检索结果导入Excel中,经使用“数据-删除重复项”功能,及人工筛选剔除不相关的文献后,得到有效文献379篇。

(4)数据导入及格式化。本研究使用的可视化分析工具为CiteSpace。CiteSpace是一款国内外学术领域使用量较高的科学知识图谱软件^[2]。该环节主要根据CiteSpace软件使用规范,进行数据抽取和标识等格式化操作,为后续可视化分析提供标准数据集。

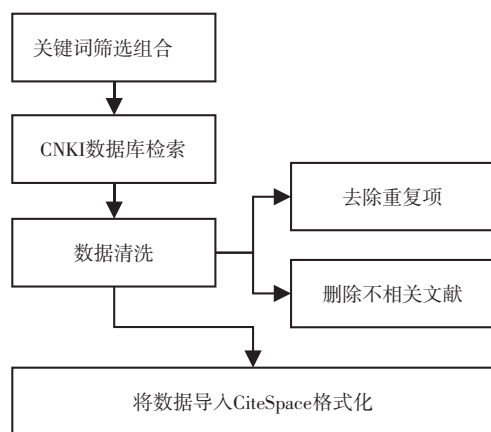


图1 数据采集流程

收稿日期:2020—01—21

基金项目:国家社会科学基金青年项目“基于实时大数据的潜在新兴技术敏捷预测机制研究”(14CTQ017)

作者简介:王翠波(1980—),女,湖北天门人,博士,中南民族大学管理学院副教授,研究方向:面向技术创新的决策支持;熊坤(1994—),男,湖北黄冈人,中南民族大学管理学院硕士研究生,研究方向:技术预测;刘文俊(1981—),男,湖北赤壁人,中南民族大学管理学院讲师,博士,研究方向:大数据分析。

(二)研究方法

本研究主要运用了文献计量和科学知识图谱分析方法。

(1)文献计量法是一种采用文献数量关系、结构分布特征来表征、描述和评价科学技术发展状况的科学方法^[3]。通过计量分析的结果可以确定技术预测领域的学术研究现状和发展趋势。

(2)科学知识图谱是一种揭示科学技术的发展进程与信息关联的可视化分析方法^[4]。其中关键词共现、知识网络是科学知识图谱常见的分析手段。本研究可视化分析工具选用 CiteSpace, 相关分析流程规范参照《CiteSpace 知识图谱的方法论功能》一文^[5]: 时区选择环节, 设置值为 1 年, 即按年度对数据进行切割; 数据筛选阶段的阈值选择采用“Top N”策略, 即选择出现频率最高的前 N 个值作为节点; 节点功能选择中, 受 CNKI 数据库特性所限, 主要进行作者机构合作图谱分析和关键词共现聚类分析。

二、技术预测研究领域的文献维度分析

本部分从文献维度对技术预测研究领域进行计量与图谱分析。分析维度主要包括: 文献的数字特征、研究人员的数字特征以及研究机构的数字特征。

(一)研究文献的数字特征

基于数据采集环节得到的相关文献数据集及 CiteSpace 运行状态报告, 绘制出近 10 年相关研究的时序分布图(图 2)。从该时序图可知: 2008—2011 年为萌芽期, 该时期技术预测领域的相关研究数量维持在相对较低的水平; 2012—2014 年为增长期, 此阶段研究文献的数量随着时间的推移逐年快速增长; 2015—2018 年论文的数量经过急剧增长之后趋于平稳, 可以看出技术预测研究领域正在由增长期向成熟期过渡。

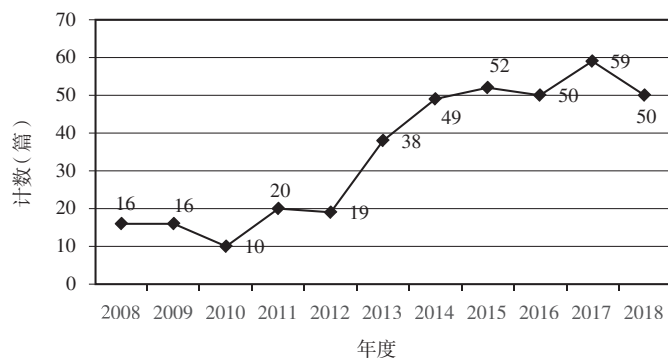


图 2 2008—2018 年文献量的时序分布

(二)研究人员的数字特征

这里以作者为统计节点, 在 CiteSpace 中将每年排名前 50 的节点纳入统计范围, 共生成节点数 N 为 60 的研究人员合作共现知识图谱, 如图 3 所示。图中的每个节点表征一位技术预测领域的研究学者; 点的大小代表该研究人员发表相关研究文献的数量; 点与点之间的连线代表学者之间所存在的合作关系, 其粗细代表合作关系的强弱。根据统计信息, 60 个高频节点间存在 54 条连线, 经人工查找、舍弃同对节点间的多条连线, 计算后仅余 40 个节点之间存在连线, 即约 67% 的研究人员之间存在着合作关系。透过点间连线的分布可见, 研究人员之间的合作关系呈簇状结构。经过后续对簇状结构中的研究人员所属研究机构的进一步分析可知, 每一个簇状结构中的研究人员基本出自同一个研究机构, 即技术预测领域的合作研究主要限于同一学科领域内部。图 3 右下角所嵌入的统计频次表, 汇总展示出技术预测研究领域 2008—2018 年部分核心高产科研工作者。

(三)研究机构的数字特征

以研究机构为网络节点, 在 CiteSpace 中将每年排名前 50 的节点纳入统计范围, 可以得到节点数 N 为 33 的研究机构合作知识图谱(图 4)。图中每个节点代表不同的研究机构, 点的大小表示机构发表论文数量的多少。点与点间的连线代表不同研究机构之间的合作关系, 其粗细代表合作关系的强弱。由图 4 统计信息可知, 33 个节点间存在 10 条连线, 多数研究机构均为独立节点。即在技术预测领域, 这 33 个研究机构之间仅存在少量合作关系。图 4 右下角所嵌入的统计频次表, 汇总展示出技术预测研究领域 2008—2018 年部分核心高产科研机构。

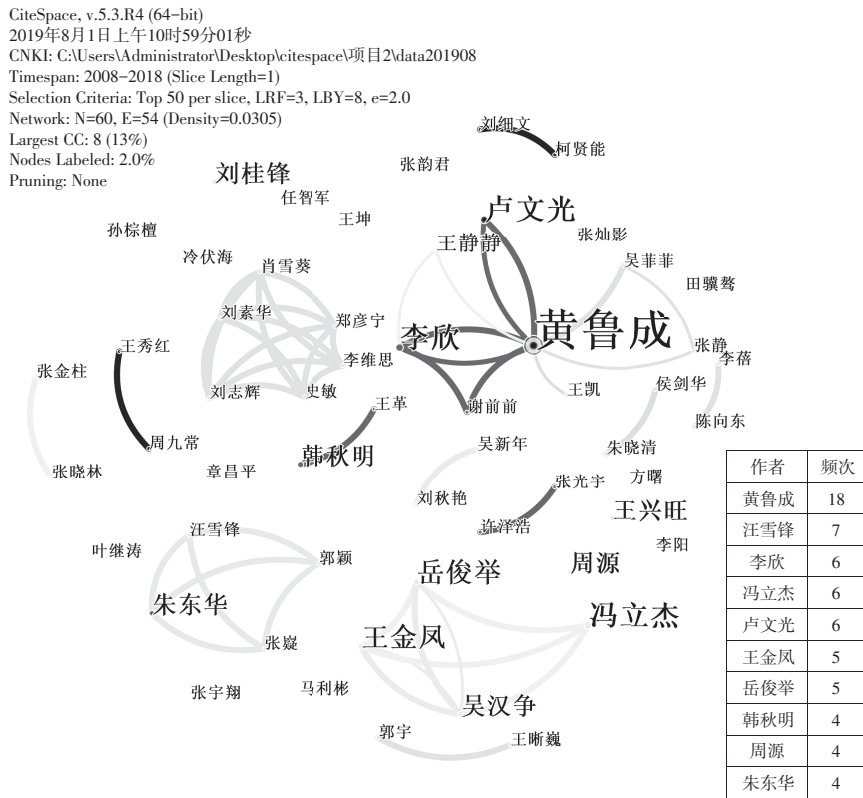


图3 作者合作共现知识图谱

CiteSpace, v.5.6.R2 (64-bit)
February 16, 2020 5:07:49 PM CST
WoS: D:\TF_Project\data
Timespan: 2008-2018 (Slice Length=1)
Selection Criteria: Top 50 per slice, LRF=3.0, LBY=8, e=2.0
Network: N=33, E=10 (Density=0.0189)
Largest CC: 3 (9%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: None

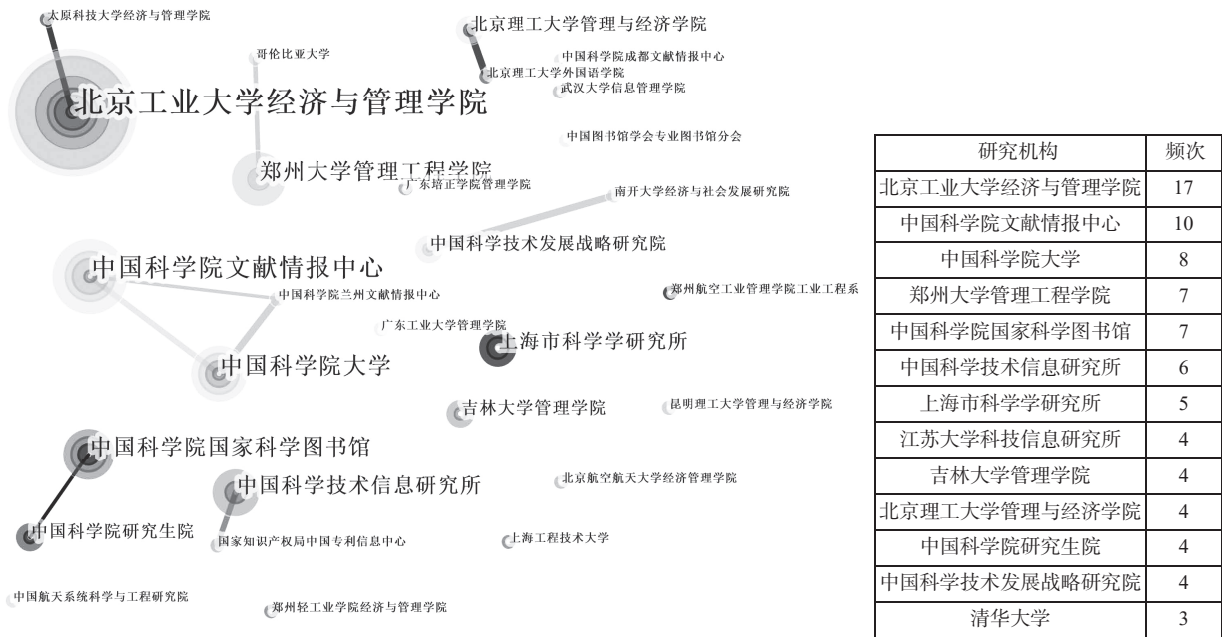


图4 研究机构共现知识图谱

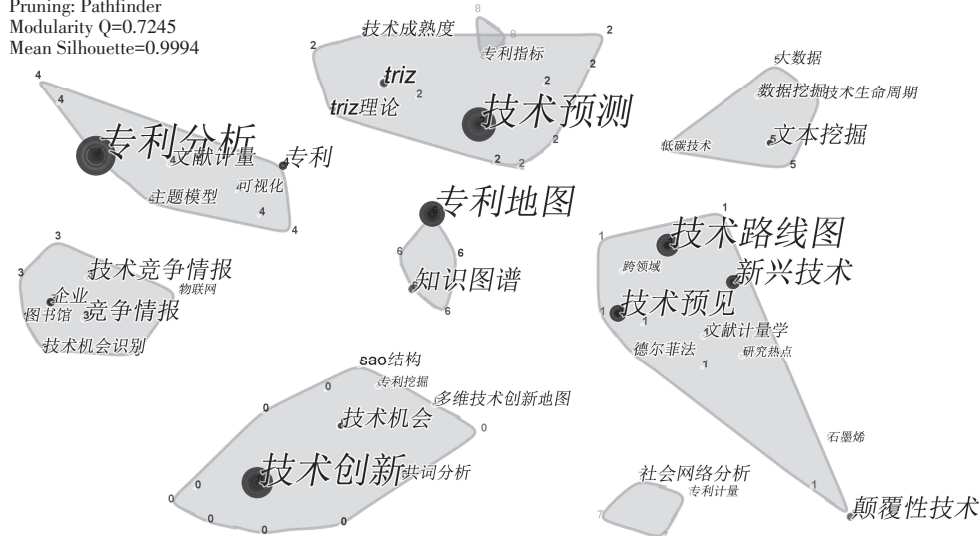
三、技术预测研究领域的的内容维度分析

为提升科技成果被检索和引用的频次,科技工作者和期刊编辑在科技论文撰写中,会仔细提炼、选用具有较高领域认同度的术语作为关键词,并进行规范化标引设置^[6]。鉴于关键词可集中体现文献的核心内容,本节将以文献所含关键词作为待分析节点,通过关键词共现图谱及聚类分析,提炼技术预测领域的主要研究方向和研究方法。

关键词共现分析的具体操作环节主要包括:①将所采集到的文献数据集按年度进行切分;②根据关键词年度内的出现频次,将位于前 50 位的关键词进行独立统计,并合并汇总得到关键词列表;③根据 Cosine 余弦相似性,计算关键词节点之间的连接强度;④基于“Pathfinder”剪枝算法,按时间片和整体相结合策略对网络结构进行修剪,生成关键词共现网络;⑤对关键词共现网络进行聚类,进一步识别共现网络结构的有效性。

经过上述 5 个步骤处理,在 CiteSpace 中生成节点数为 78、链接数为 105 的关键词共现聚类图谱,如图 5 所示。①关键词共现网络结构的模块值 Q 为 0.7245,高于基准值 0.3,表征该共现网络聚类结构具备较高显著度;网络结构平均轮廓值 S 为 0.9994,高于基准值 0.5,表征该共现网络聚类结构具备较高合理性;②78 个关键词节点共划分为 9 个聚类,各聚类模块边沿标注为 0~8;③图右嵌入式列表按频次值(count)高低统计了主要核心关键词,其中频次值表示该关键词出现频度,中心度(centrality)表示该关键词与其他关键词之间的关联强度;④各聚类模块显示了模块内的核心关键词,关键词字体大小及前面的圆圈标识大小,与频次正相关。

CiteSpace, v.5.6.R2 (64-bit)
February 16, 2020 3:42:19 PM CST
WoS: D:\TF_Project\data
Timespan: 2008-2018 (Slice Length=1)
Selection Criteria: Top 50 per slice, LRF=3.0, LBY=8, e=2.0
Network: N=78, E=105 (Density=0.035)
Largest CC: 76 (97%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder
Modularity $Q=0.7245$
Mean Silhouette=0.9994



cited references	count	centrality
专利分析	75	0.24
技术预测	59	0.53
技术创新	47	0.44
技术路线图	42	0.31
专利地图	40	0.27
技术预见	23	0.36
新兴技术	21	0.20
知识图谱	15	0.05
颠覆性技术	14	0.05
TRIZ	12	0.09
专利	12	0.29
技术竞争情报	12	0.20
文本挖掘	11	0.14
竞争情报	11	0.11
技术机会	10	0.15
TRIZ 理论	8	0.44
文献计量	8	0.24
企业	6	0.25
社会网络分析	6	0.44
技术成熟度	6	0.05
文献计量学	5	0.20
技术机会识别	5	0.00
数据挖掘	5	0.09
主题模型	5	0.00
共词分析	5	0.32
多维技术创新地图	5	0.10
SAO 结构	5	0.01

图 5 关键词共现聚类知识图谱

图 5 所展现的聚类结构与核心关键词列表,在一定程度上代表了技术预测领域的研究热点,主要包括:0#技术创新(技术机会、SAO 结构);1#技术路线图(新兴技术、颠覆性技术、技术预见、跨领域);2#技术预测[(技术成熟度、发明问题解决理论(TRIZ 理论)];3#技术竞争情报(技术机会识别);4#专利分析(可视化);5#文本挖掘(数据挖掘、大数据、技术生命周期);6#专利地图(知识图谱);7#社会网络分析(专利计量);8#专利指标。对聚类标签进一步分析可知,各类内部关键词大致可分为两种:一种主要展现出相关的研究方法,如 0#“SAO 结构”、1#“技术路线图”、2#“TRIZ 理论”、4#“可视化”、5#“文本挖掘”、6#“知识图谱”、7#“专利计量”;另一种主要展现出研究方向与目标,如 0#技术创新、1#新兴与颠覆性技术预测、2#技术成熟度分析与预测、3#技术机会识别、4#专利分析、5#技术生命周期分析。接下来,将围绕研究方法和主要研究方向目标,进行融合分析。

（一）技术预测的主要研究方法

根据图 5 可知,技术预测以专利文本或科技文献作为研究的主要出发点,所使用的研究方法主要包括:TRIZ 研究方法、文献计量研究方法、文本挖掘研究方法以及知识图谱研究方法。

1. 基于 TRIZ 理论的方法

TRIZ 理论是由前苏联专家针对数百万专利发明的研究提炼出的一套系统化技术创新方法理论体系^[7]。TRIZ 理论是将人们的思考解决问题的过程进行科学化处理,然后为问题的解决提供正确的探索方向。其包含了冲突矩阵、产品进化论等多种科学且具有可操作性的思维方法^[8]。我国在 20 世纪 90 年代末期引入 TRIZ 理论并且得到了迅速发展^[9]。经典 TRIZ 理论的 S 曲线包含 4 个阶段:婴儿期、产品的成长期、产品技术的成熟期以及最后的衰退期。基于 TRIZ 四阶段预测理论对专利组合方法进行优化,能够建立不同技术领域的进化模型^[10]。

TRIZ 理论在技术预测中的应用途径主要体现在两个方面:一方面,技术预测领域运用 TRIZ 理论对技术预测中难题进行系统分析,确定具体问题并发现问题的主要矛盾,针对不同矛盾类型提出不同的解决问题方案,然后对多种不同方案进行评估,选择出最优的解决方案;另一方面,TRIZ 理论 S 曲线可判断技术成熟度。企业在新技术、新产品的研发中,只有熟悉当前产品的技术状态,准确地判断技术生命周期及预测未来的发展趋势,才能制定正确的研发决策降低技术研发的风险。

2. 基于文献计量的方法

文献计量法作为研究科技文献外部特征的定量方法,应用十分广泛。它对科技文献中的作者、关键词、引文、年限等多种可计量的数据进行分析,探索科学技术的发展规律和特征。文献计量极大地提升了技术预测的准确性和可信度。在技术预测、专利质量评估等研究中文献计量法经常被使用到。文献计量法的数学建模步骤主要包括:①明确目标,通过调研分析需要测度的目标;②建立指标体系,探索目标的影响因素,将影响因素转化为互相独立的维度,建立指标体系;③量化指标,对每个指标分别进行量化计算;④综合指标,将所有的指标进行一定的权重分配计算综合得分即为综合指标。为了提高分析结果的准确性,需要在建模的过程中不断检验模型修正参数,使得建立的模型尽可能接近真实状态^[11]。

基于文献计量法,合理地设计量化指标体系进行系统预测,在一定程度上可提高技术预测的客观性。技术预测中指标体系的构建既可以选择单一指标也可以综合多个指标考虑。基于不同的视角可构建不同的技术预测指标体系。①单一视角的指标体系:基于专利引用视角建立的指标,如引用频次、影响力指数、科学关联度、技术生命周期、专利交叉引用指数和共同引用指数等^[12];基于专利计量视角建立的指标,如专利数量、专利等级、专利分类号等;②多视角的指标体系:从技术本身以及技术外部环境两个角度构造指标体系,其中技术本身包括技术新颖性、技术成熟度、技术的影响力等,技术外部环境包括技术的竞争环境、潜在市场、竞争对手的技术能力等。

3. 基于文本挖掘的方法

文本挖掘是指从具有丰富语义的大规模文本中获取潜在有用的信息,又被称为文本知识发现或文本数据挖掘^[13]。专利文献作为技术预测研究的主要数据来源,不仅包含结构化的数据,如申请日期、公布日期、分类号等,还包括非结构化数据,如标题、摘要、权利要求、技术背景等。结构化的数据可以采用文献计量法进行分析,而非结构化数据则需要基于文本挖掘从庞大的数据中获取有价值的信息。

文本挖掘方法在技术预测领域的应用十分广泛。常见的文本挖掘方法主要包括共词分析、文本语义结构提取、情感分析等。共词分析是文本挖掘中使用较频繁的方法。其基本原理是通过提取统计文献中词汇的共现频次,来反映关键词之间的关联强度,进而确定这些关键词所代表的研究热点^[14]。共词分析提取的关键词是单个词语,而单个关键词具有一定的语义局限性,不适合进行语义层面的深入分析。因此,在以专利文献为核心数据源的技术预测领域,需要引入语义分析方法,提取具有语义关联、且在一定程度上能表达专利实质内容的术语结构。设计基于 SAO (Subject-Action-Object) 的语义结构提取方法,是一种较好的途径,它能够识别技术信息中的主题及其关联。SAO 结构提取可用于技术供需信息语义分析,有助于揭示技术功效关系,识别潜在的技术机会和发展趋势^[15]。基于文本挖掘的情感分析,可通过识别情感极性,了解用户对新技术的接受程度,评估技术的市场价值潜力^[16]。

4. 基于知识图谱的方法

知识图谱是数据与信息可视化结合的产物,它将科学知识的发展进程与结构关系以可视化的方式展现^[17]。技术预测领域的知识图谱分析方法主要有两种:一种是技术路线图,另一种是专利地图。

技术路线图是一种以科学知识为基础的技术路径分析图^[18]。技术路线图通过分析技术随时间的动态发展,梳理其脉络,可预测发展方向,帮助企业更好地认识市场并做出理性的技术投资决策^[19]。

专利地图是一种针对专利情报的可视化分析方法。它将专利情报中的技术信息、法律信息等以各种直观的图表形式反映出来,使其具有与地图类似的指引导向功能^[20]。专利地图的表现形式多样,常见有:①时间序列变化趋势,通过将技术随时间变化的状态进行分析,清晰地展现技术动态发展过程;②专利分类号,国际专利分类号是采用功能和应用相结合的分类方式,通过专利分类号分析,不仅可以得知某项专利技术的核心应用领域以及潜在技术领域,而且可用于发现潜在的竞争对手;③引证关系分析,专利与专利并非独立存在的,相互之间还存在引用关系,通过分析专利技术之间的引用关系可快速地找出专利地图中的关键节点,这些节点在技术发展历程中起着至关重要的作用。但是专利引用具有滞后性,时间越早的文献被引用的机会更大,而越晚发表的文献被引用的机会更少。为了克服这个缺点,有学者引入引证网络中节点重要性,通过计算节点的重要性来判断该节点所代表的专利技术的重要性^[21]。

(二)技术预测的主要研究方向

根据图5有关技术预测领域研究方向的聚类属性可知,研究方向主要涵盖以下4个方面:新兴技术主题识别、技术机会识别、颠覆性技术预测、技术态势的探索。本部分将围绕上述主要研究方向,并结合相关研究方法进行具体研究内容的深入分析。

1. 新兴技术主题识别

新兴技术是指那些可能创造一个新行业或是改变某个老行业的高新技术。新兴技术对企业模式、对产业结构、经济形态均将产生重大的影响^[22]。但新兴技术的市场、技术、管理的不确定性、定义模糊性使得其识别难度大、准确度低。如何提高新兴技术主题识别的准确性一直以来都是技术预测领域的重难点问题。近年来,很多研究人员通过构建知识网络,结合技术指标、市场指标等定量评价指标体系开展新兴技术的识别研究。例如,黄璐等^[23]将文献计量和知识图谱方法结合引入BP神经网络构建加权共词网络,通过层次聚类获取技术主题,并以专利技术出现时间衡量技术的新颖性,以网络中心性衡量技术主题的影响力,识别出特定领域的新兴技术主题。黄鲁成和卢文光^[24]在指标选取时不仅考虑了技术指标,还通过市场规模、市场增长速度等方面将市场指标也考虑在内,基于专家调查和打分,使用层次分析法方法为指标赋予权重,识别新材料技术。

2. 技术机会识别

众多企业乃至国家将技术机会识别摆在研发核心位置,技术机会的重要性日益凸显^[25]。狭义上的技术机会是指技术发展过程中与之息息相关的技术发展趋势^[26]。而广义上的技术机会不仅仅是对技术发展趋势的探索,而且包括新的技术以及新的技术组合。具体而言,技术机会识别主要包含识别新技术、识别技术创新组合和识别技术新应用^[27]。

(1)识别新的技术和产品。岳俊举等^[25]基于文本挖掘的方法从创新要素提取、关联规则挖掘、技术机会识别3个方面构建技术机会识别路径,并结合专家意见将路径运用在煤层气开采技术创新机会的识别过程中,为企业提供了新的研发计划。

(2)识别已有技术的创新组合。皇甫晶等^[10]使用基于TRIZ的研究方法对已有技术进行排列组合,运用技术成熟度预测理论对专利组合方法进行优化,识别出了具有潜力的射频识别(RFID)技术的专利组合。张娴等^[28]利用文本挖掘和知识图谱方法,挖掘技术特征,判断专利相似度,进一步探索到化学专利子领域有潜力的专利组合。

(3)识别已有的技术新的应用领域。马婷婷等^[29]将文献计量法与专利地图方法相结合,构建了从技术分析到竞争环境分析再到潜在市场分析的三层架构,探索到染料敏化太阳能电池在新的子领域具有发展优势。

受人力、时间等资源稀缺性的制约,企业、国家需要准确地将有限的科研力量集中于有价值的关键技术^[30]。识别技术机会,有助于提升技术创新效率。

3. 颠覆性技术预测

颠覆性技术是指以预料之外的方式取代现有主流技术的技术^[31]。它作为技术创新的重要组成部分,自

20 世纪 90 年代被提出以来广受学者关注^[32-33]。颠覆性技术的出现往往不遵循常规技术的发展方式和技术路线。其出现必将打破现有的市场法则,形成对现存产业链的重组。这对企业来说既是机遇也是挑战,若能及早掌握颠覆性技术必能为企业带来核心竞争力。

颠覆性技术往往具有成本更低廉、性能更优越、功能更齐全的特点。利益关联者的参与以及技术市场的不确定性都是识别颠覆性技术的障碍^[34]。国内外学者较关注探索高效且准确的颠覆性技术预测方法,其常用方法大致可归为 4 类:基于专家评议的方法、基于技术演化的方法、基于多指标模型的方法、基于文献关联分析的方法等^[35]。孙建广等^[36]基于 TRIZ 理论构建了新市场颠覆性创新和低端市场颠覆性创新的预测模型,识别出空调技术领域的潜在颠覆性技术。黄鲁成等^[32]以颠覆性技术的属性为基础,通过语义分析绘制技术路线图,结合物种入侵理论研判石墨烯技术将成为汽车电池领域的颠覆性技术。

4. 技术态势探索

技术预测不单单只是关注现在的技术形态,还需要关注技术的历史演变过程,从历史发展中寻找规律,在技术演进中识别技术优缺点,探索出该项技术的未来发展趋势。因此,技术态势的探索包括对技术现状的挖掘和技术前景的预测。

冯立杰等^[37]基于文献计量法,剖析了我国煤层气开采的技术发展现状,并进一步采用文本挖掘方法提取技术的核心关键词,绘制出核心技术的发展趋势图,预测我国煤层气开采的未来关键技术。绘制技术路线图不仅可以帮助企业或者产业探索未来成功中所需的关键技术,还可以为某一项技术领域的企业发展和研发人员确定技术方向提供帮助^[38]。文庭孝等^[39]利用技术路线图进行专利技术文本的信息挖掘,绘制无线鼠标技术的关键词技术路线图和引证技术路线图,通过可视化工具展示无线鼠标行业的技术发展和演变过程,为行业确定技术发展方向。李欣等^[40]构建了基于 SAO 语义聚类的新兴技术演化轨迹分析方法,深入剖析材料应用、结构设计等不同层面技术主题的演化规律及其特征。

四、结论与展望

相关分析表明技术预测研究方法主要呈现出定量化、多样化、知识化、跨机构、跨学科等特征;技术预测研究方向的主要特征表现为:以新兴及颠覆性技术为研究对象、以动态感知与趋势研判为研究目标。①研究方法的定量化主要体现为技术预测方法由主观性较强的专家预测法、德尔菲法、头脑风暴法等向定性与定量相结合的方法转变,如文献计量、数据挖掘等方法;②研究方法的多样性主要体现为多种方法的扬长避短、有机融合;③研究方法的跨机构、跨学科将呈现深层次融合特性。当前技术预测研究领域的国内外前沿学者们正致力于技术预测方法的优化与多领域的实证应用研究。例如,Li 等^[41]紧密结合纳米发电机技术,构建引文分析和文本主题建模相融合的技术演进分析框架,识别科学文献与专利技术之间所存在的主题发展差异,并融入专家知识预测技术发展趋势;Joung 和 Kim^[42]将新兴技术识别引入生物化学,使用关键词模型监控、预测电化学葡萄糖生物传感器的技术动态。更期待,随着技术预测研究的进一步发展,技术预测研究方法输出为标准化的流程体系,成为技术领域专家的生产力源泉。

参考文献

- [1] 朱东华,张巍,汪雪锋,等.大数据环境下技术创新管理方法研究[J].科学学与科学技术管理,2013,34(4):172-180.
- [2] CHEN C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.
- [3] 郑文晖.文献计量法与内容分析法的比较研究[J].情报杂志,2006(5):31-33.
- [4] 陈悦,刘则渊.悄然兴起的科学知识图谱[J].科学学研究,2005(2):149-154.
- [5] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [6] 唐宏伟.学术论文关键词标引的检索意义[J].青海大学学报(自然科学版),2008(1):91-93.
- [7] 张简一,郭艳玲,杨树财,等.基于 TRIZ 理论的产品创新设计[J].机械设计,2009,26(2):35-38.
- [8] 王克奇,于江涛,李海英. TRIZ 理论在专利检索系统中的应用研究[J].情报科学,2011,29(2):231-234,240.
- [9] 牛占文,徐燕申,林岳,等.发明创造的科学方法论——TRIZ[J].中国机械工程,1999,10(1):84-89.
- [10] 皇甫晶,刘国俊,邢战雷.基于 TRIZ 理论的专利组合分析方法[J].图书情报导刊,2019,4(7):73-79.
- [11] 朱亮,孟宪学.文献计量法与内容分析法比较研究[J].图书馆工作与研究,2013(6):64-66.
- [12] 刘桂峰.国内专利情报分析方法体系构建研究[J].情报杂志,2014,33(3):16-21.
- [13] 胡阿沛,张静,雷孝平,等.基于文本挖掘的专利技术主题分析研究综述[J].情报杂志,2013,32(12):88-92,61.
- [14] 李纲,巴志超.共词分析过程中的若干问题研究[J].中国图书馆学报,2017,43(4):93-113.

- [15] 何喜军, 马珊, 武玉英. 基于本体和 SAO 结构的线上技术供需信息语义匹配研究[J]. 情报科学, 2018, 36(11): 95-100.
- [16] SONG K, KIM K, LEE S. Identifying promising technologies using patents: A retrospective feature analysis and a prospective needs analysis on outlier patents[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 128: 118-132.
- [17] 梁秀娟. 科学知识图谱研究综述[J]. 图书馆杂志, 2009, 28(6): 58-62.
- [18] 李雪凤, 仝允桓, 谈毅. 技术路线图——一种新型技术管理工具[J]. 科学学研究, 2004, 22(21): 89-94.
- [19] 韩晓琳, 张庆普. 技术路线图在知识管理中的应用[J]. 预测, 2007, 26(2): 41-47.
- [20] 张娴, 高利丹, 唐川, 等. 专利地图分析方法及应用研究[J]. 情报杂志, 2007(11): 22-25.
- [21] 张琨, 李配配, 朱保平, 等. 基于 PageRank 的有向加权复杂网络节点重要性评估方法[J]. 南京航空航天大学学报, 2013, 45(3): 429-434.
- [22] 赵振元, 银路. 实物期权思维及其在新兴技术管理中的若干应用[J]. 预测, 2005(2): 20-24.
- [23] 黄璐, 朱一鹤, 张焱. 基于加权网络链路预测的新兴技术主题识别研究[J]. 情报学报, 2019, 38(4): 335-341.
- [24] 黄鲁成, 卢文光. 基于属性综合评价系统的新兴技术识别研究[J]. 科研管理, 2009, 30(4): 190-194.
- [25] 岳俊举, 冯立杰, 冯奕程, 等. 基于多维技术创新地图与关联规则挖掘的技术机会识别方法研究[J]. 情报学报, 2017, 36(8): 798-808.
- [26] PORTER A L, DETAMPEL M J. Technology opportunities analysis [J]. Technological Forecasting and Social Change, 1995, 49(3): 237-255.
- [27] 寇翠翠, 金金, 吴亚坤, 等. 基于技术相似性和技术能力分析的中小型企业技术机会识别[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(8): 104-109.
- [28] 张娴, 许海云, 方曙, 等. 专利技术组合机会与合作潜力研究[J]. 情报杂志, 2015, 34(7): 39-46.
- [29] 马婷婷, 汪雪锋, 朱东华, 等. 基于专利的技术机会分析方法研究[J]. 科学学研究, 2014, 32(3): 334-342, 383.
- [30] 冯仁涛, 余翔, 金泳锋. 基于专利情报的技术机会与区域技术专业化分析[J]. 情报杂志, 2012, 31(6): 13-18.
- [31] 卢光松, 卢平. 技术路线图与颠覆性技术创新[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(3): 11-15.
- [32] 黄鲁成, 成雨, 吴菲菲, 等. 关于颠覆性技术识别框架的探索[J]. 科学学研究, 2015, 33(5): 654-664.
- [33] 苏敬勤, 刘建华, 王智琦, 等. 颠覆性技术的演化轨迹及早期识别——以智能手机等技术为例[J]. 科研管理, 2016, 37(3): 13-20.
- [34] 卢光松, 卢平. 企业颠覆性技术路线图制定研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(11): 81-86.
- [35] 白光祖, 郑玉荣, 吴新年, 等. 基于文献知识关联的颠覆性技术预见方法研究与实证[J]. 情报杂志, 2017, 36(9): 38-44.
- [36] 孙建广, 檀润华, 江屏. 基于技术进化理论的破坏性创新预测与实现模型[J]. 机械工程学报, 2012, 48(11): 11-20.
- [37] 冯立杰, 吴汉争, 王金凤, 等. 基于专利挖掘的煤层气开采技术发展趋势研究[J]. 情报杂志, 2015, 34(12): 101-105, 169.
- [38] 汤勇力, 林鑫, 杨勇, 等. 产业技术路线图后期应用与管理阶段的知识互动活动及其支持系统研究[J]. 技术经济, 2019, 38(9): 8-15.
- [39] 文庭孝, 李俊, 杜林. 基于技术路线图的专利技术信息挖掘实证研究——以无线鼠标技术为例[J]. 大学图书馆学报, 2019, 37(1): 7-13.
- [40] 李欣, 谢前前, 黄鲁成, 等. 基于 SAO 结构语义挖掘的新兴技术演化轨迹研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2018, 39(1): 17-31.
- [41] LI X, FAN M J, ZHOU Y, et al. Monitoring and forecasting the development trends of nanogenerator technology using citation analysis and text mining[J/OL]. Nano Energy, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104636>.
- [42] JOUNG J, KIM K. Monitoring emerging technologies for technology planning using technical keyword based analysis from patent data[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017, 114: 281-292.

Visual Analysis about the Research of Technology Forecasting Based on CiteSpace

Wang Cuibo, Xiong Kun, Liu Wenjun

(School of Management, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper aims to explore the status quo and trends of technology forecasting(TF)research. Literatures about TF are extracted from CNKI and imported into CiteSpace. Based on CiteSpace, the scientific knowledge map software, the paper carries out visual co-occurrence and cluster analysis from the perspectives of document dimensions and content dimensions. The results show as follows. The cooperative researches in TF are almost limited to the same discipline. The research method about TF mainly includes TRIZ theory, Bibliometrics, text mining and knowledge map, and reflects the development characteristics from qualitative to quantitative and then from digital to knowledge. The research direction of TF mainly includes topic identification of emerging technology, technology opportunity discovery, disruptive technology forecasting and situation exploration, and reflects the development trend of deepening empirical application.

Keywords: technology forecasting; scientific knowledge map; CiteSpace; visual analysis