

颠覆性技术识别研究综述

开 庆 窦永香

(西安电子科技大学经济与管理学院 西安 710126)

摘 要:[目的/意义]纵观世界主要国家的科技发展态势,近年来多个国家把识别和培育颠覆性技术上升为国家战略,识别潜在的颠覆性技术有助于国家和企业抢占科技先机,在国际科技竞争中保持优势或实现变轨超车。[方法/过程]首先通过主题检索和引文回溯搜集相关文献,总结颠覆性技术识别流程;然后从数据来源、技术特征及识别方法三个视角深度剖析颠覆性技术识别的研究现状及各自优缺点;最后指出现有颠覆性技术识别存在的不足之处及未来的发展方向。[结果/结论]现有的研究仍以主观数据的定性分析为主,基于文献、专利等客观数据的情报分析方法也逐渐增多,但缺乏将技术发展数据与市场趋势数据结合的分析,且事前预测能力不足。

关键词:颠覆性技术; 颠覆性创新; 国家战略; 技术识别; 技术预见; 科技创新

中图分类号:G250

Survey of Disruptive Technology Identification

Kai Qing Dou Yongxiang

(School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710126)

Abstract:[Purpose/Significance] It can be found from the development trend of science and technology in major countries that many countries have elevated the identification and cultivation of disruptive technologies to national strategies in recent years. Identifying potentially disruptive technologies will help countries and enterprises seize technological opportunities and gain advantages in international technological competition. [Method/Process] This article collects literature through subject retrieval and citation backtracking. Firstly, the process of disruptive technology identification was summarized. Then, it deeply combs the research status of disruptive technology identification from the three perspectives of data sources, identification characteristics and identification methods. Lastly, the shortcomings of disruptive technology were pointed out, and ideas for future development are proposed. [Result/Conclusion] Existing research still focuses on qualitative analysis of subjective data, and intelligence analysis methods based on objective data such as literature and patents have gradually increased, but there is a lack of analysis that combines technology development data with market trend data. What's more, it is difficult to identify technology before it matures.

Key words: disruptive technology; disruptive innovation; national strategy; technology identification; technology foresight; technological innovation

当今世界正经历百年未有之大变局,国际宏观环境变化和新技术革命给国家与企业带来了新机遇和挑战,对技术创新提出了更高的要求。纵观世界主要国家的发展态势,近年来多个国家把识别和培育颠覆性技术上升为国家战略。美国是最早开展颠覆性技术研究的国家,其国防高级研究计划局(DARPA)从军事需求出发在颠覆性技术的识别和应用上成绩斐然;英国、德国、日本等国也均把发展颠覆性创新作为国家战略重点;我国党的十九大报告也明确强调颠覆性技术创

新。颠覆性技术容易造成技术突袭、改变游戏规则,能为实现从跟跑并跑到并跑领跑的转变带来机遇。对国家而言,颠覆性技术是提升国家竞争力和国际地位的重大课题;对企业来说,颠覆性技术代表着经济效益迅速变化的机遇。

当前,颠覆性技术研究主要围绕其概念、内涵特征、影响效应以及识别预测等内容展开。因颠覆性技术的非线性发展及对经济社会的破坏性,对其识别需要将技术前瞻和技术预测有机结合,是研究与实践的

热点和难点。目前颠覆性技术的识别主要通过主观经验、文献、专利、市场信息等数据,采用主观判断法、模型法、扫描与情报分析法、情景分析和技术路线图等方法分析技术的前沿性、替代性、突变性、破坏性、跨界性等特征来研判技术的颠覆性。本文基于文献调研,在简要梳理颠覆性技术概念的基础上,从数据来源、技术特征和识别方法三个角度分析了颠覆性技术识别研究,对比和总结各自的优劣势,并探讨了现有研究存在的问题以及未来需要进一步探索的方向。

1 颠覆性技术的概念

颠覆性技术的概念可以追溯到 Christensen 教授,他认为颠覆性技术是提供与主流技术不同价值的技术,这些技术最初不如主流技术,但通常可以从低端或边缘市场切入,后随着性能提升与功能完善,将取代已有技术,形成新的市场体系^[1]。后来,一些学者将其扩展为颠覆性创新,不仅指技术上的颠覆,还涉及产品和商业模式等方面的颠覆^[2-3]。虽然一些学者认为颠覆性创新和颠覆性技术在内容上有所差异^[3],但在后续的大多研究中,这两者往往并没有被严格区分。此外,也有国内学者将基于 Christensen 理论的“disruptive technology”翻译成破坏性技术,其本质与颠覆性技术基本一致,因此下文不对颠覆性创新、颠覆性技术、破坏性创新、破坏性技术的概念加以区分。

颠覆性技术的概念提出后,因其对原有技术创新理念的颠覆而受到广泛关注,但关于颠覆性技术的概念和内涵的界定,学者们仍未达成共识。从技术层面看,颠覆性技术是从既定的系统和技术体系中衍生、进化且将取代已有主流技术的新生主导性技术^[4-6];从市场层面看,它是一种新的、被低估的技术,其进入市场后会迅速发展而使现有企业无法继续运维主流的技术

术体系及经商方式^[7-10]。总而言之,颠覆性技术是一种有助于建立新的技术体系和价值网络并最终颠覆现有技术体系及价值网络的技术创新。

2 数据来源、技术特征及识别方法视角下的颠覆性技术识别分析

本文以 Web of Science 核心合集和知网为数据源检索颠覆性技术识别研究的文献,其中,英文检索式为 TS = (identif * or assess * or evaluat * or detect * or measure * or scan * or regoniz * or predict * or demystif * or measure * or forecast * or discover *) AND TI = (" disruptive technolog * " or " technolog * disruptive * " or " innovation * disruptive * " or " disruptive * innovation * " or " potential disruptive * " or " disruptive * potential"),检索结果 151 篇;中文检索式为 TI=(" 破坏性技术" + " 破坏性创新" + " 颠覆性技术" + " 颠覆性创新") AND (SU=(" 识别" + " 发现" + " 预见" + " 预测" + " 扫描" + " 判断" + " 判定" + " 选择" + " 评估" + " 评价" + " 衡量"),检索结果为 87 篇。通过阅读研判并对核心文献进行回溯补充检索,最终获得相关的中英文论文 115 篇。考虑除学术界外,政府、智库等也是颠覆性技术识别研究的主力,因此,在文献的基础上增加 11 份颠覆性技术识别相关报告作为分析基础。

通过梳理文献,总结颠覆性技术识别的一般流程(如图 1 所示),首先进行需求分析,明确用户是谁、任务是什么,一旦界定任务,就可以识别和追踪有用潜在信息来源。然后进行数据收集和预处理,接着利用这些数据,结合颠覆性技术的特征与颠覆性技术识别方法识别潜在颠覆性技术。最后对识别结果及识别框架进行评估反馈。

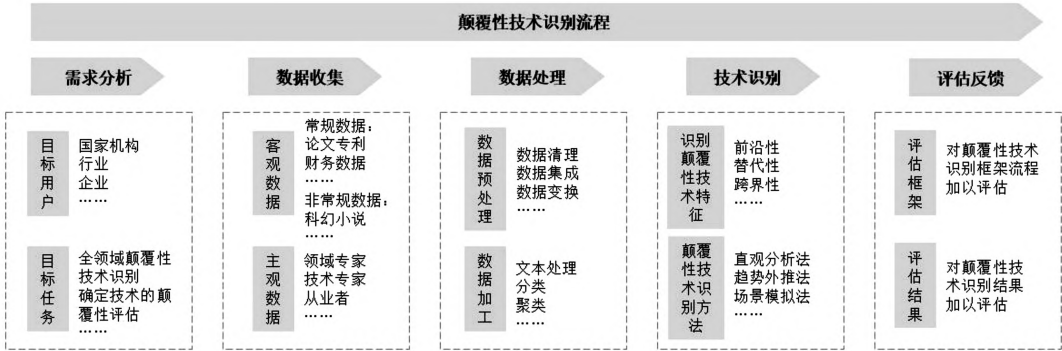


图 1 颠覆性技术识别流程示意图

颠覆性技术识别的核心在于通过什么识别方法,基于什么数据,识别何种颠覆性特征。学者们的视角从最开始的根据咨询专家主观意见分析市场的替代性及破坏性,逐渐扩展到基于定量数据的技术原理视角

和政策与舆情的宏观视角。识别颠覆性技术的主要数据来源、技术特征和识别方法之间数量关系如图 2 所示。(1)在数据来源方面,基于专家的主观数据是颠覆性技术识别的主流输入,主要用于识别颠覆性技术

的替代性及破坏性;权威性高及易获取的科研文献数据和专利数据也是识别的主要数据来源,技术的突变性、替代性、跨界性是它们主要用于分析的特征;以市场规模、需求和消费者偏好为代表的市场数据常用来分析潜在颠覆性技术的破坏性和替代性。数据量大且信息价值密度较低的舆情和政策数据则利用较少。(2)在颠覆性技术特征方面,替代性、突变性、破坏性

是主要的识别对象,前沿性则较少用于颠覆性技术识别。(3)在识别方法方面,主观分析法和情报分析法是颠覆性技术识别的主流方法,问卷调查、研讨会等主观分析法主要基于专家主观意见评估技术的替代性及破坏性;情报分析法主要利用文献、专利、舆情等半结构化数据,基于网络分析及文本挖掘等技术分析技术发展趋势的突变性和跨界性。

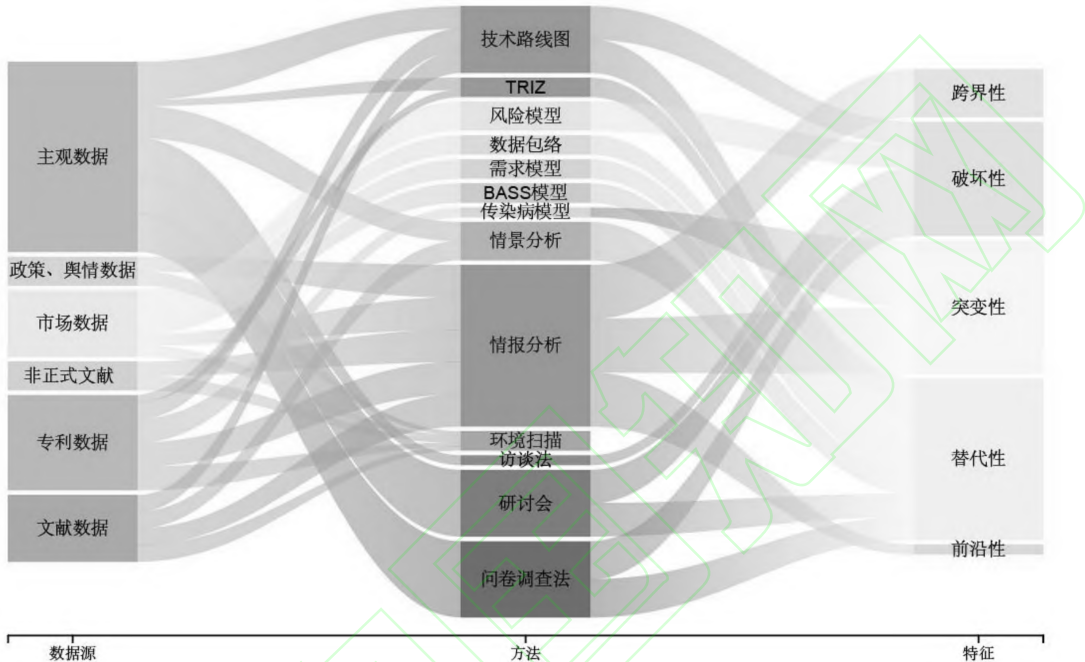


图2 颠覆性技术识别的数据来源、技术特征和识别方法之间数量关系桑基图

2.1 数据来源视角的颠覆性技术识别 颠覆性技术识别的数据来源可分为两大类,基于技术专家经验等的主观数据和基于文献、需求等的客观数据。主观数据多通过问卷、访谈、研讨等形式从技术专家、资深从业者等各领域专业人士处获取。客观数据主要包括科技文献数据、专利数据、非正式文献数据(包括科技报告、商业报告等)、市场数据(包括销售额、市场规模等数据)、政策文件及舆情数据。

(1)专家运用专业知识和经验对技术的现状、发展趋势等进行综合分析形成主观数据,其可为颠覆性技术的识别提供信息支撑。问卷调查是常用的主观数据获取方式,一些学者构建技术颠覆性潜力的测量量表,将技术的性能从好到坏、影响力从高到低划分成不同的刻度,通过发放问卷获取专家打分数据从而定性识别颠覆性技术^[11,12,13,14];也有学者通过问卷咨询多位专家判断技术是否符合颠覆性技术的特点^[15-16]。毕马威公司与行业领导者进行对话以获得评估颠覆性技术的主观数据^[17]。Sainio 等通过颠覆性技术特征构建研讨命题框架,再邀请专家开展研讨会,进而获取技术在这些命题上的定性信息^[18-20]。

(2)文献数据的数量特征和规律以及文献中蕴含

主题的演变与突变等可用于颠覆性技术的识别。Momeni 等通过文献数量变化分析技术的重要性及数量突变情况^[21]。Pilkington 利用引文的文献量变化和对应期刊文献量变化分析技术发展趋势进而识别技术的颠覆性^[22]。还有学者通过构建关键词网络分析技术关键词及主题演变趋势以识别颠覆性技术^[10,23-25]。也有学者通过分析关键词共现网络的节点中心性等特征识别技术潜在颠覆性^[26]。

(3)专利和专利引用是衡量颠覆性技术创新绩效的一种合适的客观标准^[27]。一些学者利用专利的科技文献引文数据分析技术主题及学科分类的突变情况来识别颠覆性技术^[23-24]。Cheng 将专利的引文数据作为传染病模型的有向传播参数进而判断技术的颠覆性。黄鲁成等从专利文本中提取技术对应的属性数据,分析技术出现前后属性集的变化情况进而判断技术的颠覆性^[28]。Momeni 等通过专利引文数据获取技术发展路径并通过主题建模分析核心技术主题^[21]。Buchanan 等认为技术密集型颠覆性技术的专利数量具有双重繁荣,因此可通过判断第一次繁荣后专利数量是否迅速增长来识别颠覆性技术^[29]。

(4)科技报告及商业报告等非正式文献数据反映

了行业机构及从业人员对相关技术的倾向及评价,通过分析其数量特征及内容主题演变可用于颠覆性技术的识别。Bloodworth 以商业报告为数据源进行文本挖掘来分析潜在技术与主流技术的属性差异进而判断技术颠覆性创新的潜力^[30]。Chen 等以 Gartner Hype Cycle 商业报告中列举的技术结合其他数据作为训练集构建有监督的机器学习模型以识别颠覆性技术^[31]。Dotsika 分析商业报告数量趋势及报告关键词共现网络的特征来识别技术潜在趋势^[26]。

(5) 舆情数据、政府政策以及法律法规能反映社会公众及政府对候选技术的关注程度,但由于舆情与政策数据量大且信息价值密度低,较少有学者单独利用其识别颠覆性技术。Xin 等人使用 Twitter 数据分析群众对技术的情感态度变化趋势来预测具有颠覆性的新兴技术^[32]。Chen 等构建基于 Google 趋势及文献等数据的有监督机器学习模型以识别颠覆性技术^[31]。

(6) 市场是分析颠覆性技术的重要视角,Christensen 教授最初便是从市场角度提出颠覆性技术概念及理论,市场相关的数据可以反映技术对市场颠覆的影响,因此一些学者通过对市场中的相关数据建模可以识别出具有颠覆市场潜力的技术或产品。有些学者基于市场规模、仿制系数、创新系数和其他系数构建 BASS 模型预测产品销售情况^[33-34]。也有学者通过消费者偏好及市场规模等信息构建需求模型进而预测技术发展趋势^[35-36]。产品功能也是学者用来识别颠覆性技术的数据来源之一^[37-38]。也有学者利用客户关系、渠道分析客户满意度来判断技术的颠覆性^[39]。

不同来源的数据具有不同的优缺点,主观数据因依赖于专家意见,因此考虑也较为全面,但主观性强。客观数据中,科技文献与专利数据易获取且权威,但忽视了除技术原理以外的因素;市场数据能较好的反映市场对技术态度,但数据获取与估计难度大;非正式文献、政策、舆情数据能较好反映行业、政府、社会对技术发展的倾向,但它们存在数据量大且信息密度低等缺点。

2.2 技术特征视角的颠覆性技术识别 尽管颠覆性技术界定角度不同及定义各异,但是颠覆性技术相对于渐进式技术总体来说具有**前沿性、替代性、突变性、破坏性、跨界性** 5 个方面的特征。颠覆性技术的识别往往从这五个特征入手。

(1) 替代性是指当某个行业出现颠覆性技术或其他行业的颠覆性技术渗透到本行业,本行业目前的主流技术或产品将逐步被替代,并且这些技术或产品往往从低端市场或新兴市场切入,然后再逐渐取代主流市场的产品。替代性的分析主要通过主观数据来研判,一些学者通过分析产品或技术是否能占据主流产

品的市场或与主流技术的竞争性来判断技术的替代性^[11,18,31,40-46]。也有学者分析替代学科中引用待识别技术的文献数量发展趋势进而识别技术的替代性^[22]。MOMENI 通过专利引用数据绘制技术发展路径分析技术的替代性^[21]。

(2) 突变性指颠覆性技术既需要经历技术发展生命周期的一般阶段,又在演化发展中呈现不连续性和阶段性爆发的特征。学者们一般通过分析数量特征和主题内容的突变来分析技术的突变情况。一些学者通过判断论文、专利数量是否呈现出快速增长的态势来分析技术的突变性^[21-22,29]。张金柱等分析专利引文的关键词及主题的变化情况来判断技术的突变情况^[23-24]。LI 等研究推特数据中积极和消极态度的波动情况预测颠覆性的新兴技术^[32]。Robinson 等利用用户数、运营收入等信息的发展趋势分析技术的突变性^[47]。Cheng 等人基于专利数据构建传染病模型预测技术将来爆发的可能性^[48]。

(3) 破坏性是指颠覆性技术的出现和应用,将破坏行业组织和结构、商业形态等整个经济体系,改变社会生产生活方式。技术的破坏性分析主要通过邀请专家来分析技术对未来社会、经济发展的影响力。一些学者通过构建未来场景,进而分析技术对未来场景的破坏性^[42,49]。也有学者使用问卷或研讨的方式咨询专家以判断破坏性大小^[11,12]。Dijk 等在专家对技术破坏性打分的基础上构建风险模型评估技术的破坏性^[45,50]。

(4) 跨界性也是颠覆性技术识别中考量的特征之一,很多颠覆性技术诞生于其他领域理论和技术的跨学科应用,且颠覆性技术相关的基础理论不仅在自身领域产生效应而且会对其他相关领域造成影响。白光祖等通过引文的关键词主题和学科分类研究技术的跨学科发展态势^[23-24]。Pilkington 依据引文的期刊划分研究领域,进而分析技术在各领域的融合情况^[22]。Buchanan 通过分析专利的分类术语数量、等级位置等预测技术的颠覆性潜力^[29]。

(5) 基础研究是颠覆性创新的源头,颠覆性技术大多诞生于各个领域的基础知识实现前沿性突破之后。Dotsika 通过分析关键词网络的偏心率和中心性来检测技术中的利基和潜在新兴趋势^[26],也有学者在识别颠覆性技术时的待识别技术便选择了前沿性技术^[11,31]。

不同的特征在识别难度和识别效果上各有千秋,破坏性能反映技术对经济、社会的影响力,但很难利用客观数据分析技术的破坏性。替代性亦依赖于主观识别,虽然有学者通过对需求、销售等建模识别技术的竞争力,但全面获取这些市场数据难度较大。突变性与

跨界性能较好地利用客观数据加以识别,但它们都存在一定的滞后性。前沿性能反映技术的前沿程度,但很难单独用于识别颠覆性技术。

2.3 技术识别方法视角的颠覆性技术识别 颠覆性技术识别所涉及的识别方法主要有主观判断法、模型法、地平线扫描与情报分析、情景分析、描述分析5类。

(1) 主观判断法是在收集尽可能多的信息的前提下,通过主题专家的直觉来预测或了解技术发展^[51]。其中,问卷调查法是较为常见的主观判断方法,通过问卷获取专家对技术现状与发展趋势的意见,综合众多专家的意见获得结论^[11-15]。也有学者和机构通过访谈法和研讨会法识别颠覆性技术,毕马威公司与行业领导者进行访谈评估颠覆性技术^[17];SAINIO等通过颠覆性技术特征构建研讨命题框架,邀请专家依据命题开展研讨会^[18-19]。

(2) 模型法从包含大量不重要细节的现实系统中分离出重要子系统来预见复杂系统的未来行为^[52]。Cheng等将专利共现和引文类比为病毒无向扩散和有向扩散进而构建SIRS流行病模型,用以评估技术在短期内爆发的可能性^[48]。也有学者基于市场规模、创新系数和其他系数构建BASS模型预测产品销售情况进而分析技术或产品的颠覆性^[33-34]。Dijk等咨询专家意见后构建风险模型评估技术的颠覆性潜力大小^[45,50]。Lim等使用数据包络分析模型识别技术的演化路径进而预测平板电脑行业的颠覆性^[53]。许泽浩等在构建颠覆性技术评价体系的基础上通过专家打分和灰色模糊模型评估新技术的颠覆性^[54]。Adner等通过消费者偏好及市场规模等信息构建需求模型进而预测技术发展趋势^[34-35]。Benzidia利用结构方程模型分析电动汽车和混合动力汽车技术的价值主张、客户关系和渠道^[39]。Reinhardt使用技术接受模型分析用户对高成本产品和对应的低成本产品满意程度来识别技术的颠覆性^[46]。

(3) 地平线扫描与情报分析方法系统地收集和分析有关组织在政治、文化、经济、社会、科技与生态环境等领域出现的问题和趋势等信息用于识别颠覆性技术。美国国防部“技术观察和地平线扫描”项目中地平线扫描子项目利用专利、大学学报、军事资料等数据半自动化识别具有颠覆性潜力的新科学概念和技术应用^[55]。美国未来颠覆性技术预测委员会开发了一个基于技术、金融、社会、政府、环境和科学信息全方位扫描的颠覆性技术持续性识别系统^[56]。但全方位扫描收集信息成本与难度较大,一般都是国家层面机构执行,学者们大多利用文献、专利等易获取数据进行情报分析。引文分析、网络分析、文本挖掘是颠覆性技术识

别中较为常用的情报分析方法。引文分析可识别专利或文献之间的复杂关系及其相对重要性,Pilkington等分析引文文献中关键词、主题和学科类别变化趋势^[22,23,24],Momeni等通过专利引文信息绘制技术发展路径进而分析技术演变情况^[21]来识别技术的颠覆性。颠覆性技术识别的网络分析大多基于关键词共现网络,合作网络等较少使用,Dotsika分析关键词网络节点位置特征识别技术潜在趋势^[26];张金柱等通过关键词网络中关键词及主题的演变情况分析颠覆性技术^[23,24]。论文与专利等数据中存在大量非结构化文本数据,可以基于文本挖掘技术识别技术主题变化^[21];也可以提取文本数据中与技术相对应的属性数据分析技术的属性特征及变化趋势^[28,30]。

(4) 情景分析法在对经济、产业或技术的重大演变基础上提出各种关键假设,通过对未来详细地、严密地推理和描述来构想各种可能出现的颠覆性技术。Drew等通过构建未来场景预测具有社会颠覆性的技术^[42,57-58]。美国安全中心基于“战争游戏”模拟确定与美国国防战略相关的颠覆性技术^[59]。Stelzer等在文献计量分析的基础上进行情景分析,作者认为该方法综合了情景分析法的长期预测优势和文献计量法评估短期技术发展的优势^[25]。

(5) 技术路线图是描述分析类方法应用于颠覆性技术识别的主流方法之一,它使用简洁的图形、文字等形式描述技术演化过程和技术相关环节之间的逻辑关系,能够明确技术发展和应用方向。Kostoff在挖掘文献和专利的技术术语的基础上绘制技术路线图以扫描潜在颠覆性信号^[10,60-61];Vojak等基于市场需求及行业标准等信息绘制技术路线图以评估具有社会颠覆性的技术^[58,62]。Dixon通过研讨会和问卷调查获得技术愿景及技术路径信息后制定路线图以预见城市改造领域中颠覆性技术^[20]。描述分析类方法中的TRIZ理论认为技术系统一直处于进化之中,解决冲突是其进化的推动力,有学者基于TRIZ方法识别技术发展中的矛盾进而分析颠覆性技术创新潜力^[54,63,64]。

各种技术识别方法各有优缺点,主观判断法基于专家意见能较为全面考量技术的颠覆性,但识别结果存在主观性。情景分析法适合需求驱动的颠覆性技术识别,方法缺乏普适性。模型法具有较强的普适性,但抽象难度较大且容易丢失细节。全方位扫描分析识别效果好,但执行难度大;情报分析数据易获取但较为片面,忽视了很多重要的外部因素。技术路线图等描述性方法结果具有强结构性和可观性,但复杂度高且更适合持续性技术识别。

3 总结与展望

3.1 当前方法存在的不足之处 目前颠覆性技术

识别研究虽然日益深入,但仍存在一些不足。具体分析如下:

(1) 数据来源方面

①各类数据间缺乏有效关联。客观数据中,文献、专利及舆情数据,往往被图情领域学者利用,基于文本挖掘等方法分析技术的颠覆性;而市场数据往往作为经济领域学者的数学模型输入。主观数据中,科研领域一般邀请学术领域专家,而商业领域则邀请从业者和企业高层获取意见。不同研究者及研究机构依赖各自不同的专业背景在颠覆性技术识别上进行了深入研究,但相互之间缺乏信息联动,缺少了对表现颠覆性技术发展特征的专利、文献数据与反映市场变化趋势的市场数据有效关联的综合分析。

②缺乏非常规数据的利用。目前大多研究使用领域专家意见、文献专利及财务等常规数据,而由于颠覆性技术的非线性发展及经济社会颠覆性的特点,走在社会变革前沿的艺术家和作家以及技术最终受益的社会群众所产生的非常规数据亦能为颠覆性技术识别提供数据支撑,例如,科幻小说中描述的破坏性技术、社交媒体中的舆情数据及各种网站中生成的众包数据。

③主观数据收集时往往没有考虑消除偏差。颠覆性技术的形成原因多,影响受众广,识别过程中过于依赖某一类主观数据时,就会产生识别偏差,例如,目前一些研究的主观数据多来自于国内较为年长的技术专家,忽视了年龄和文化多样性。

(2) 识别特征方面

①部分学者对颠覆性技术的概念与特征认知含糊不清,识别标准缺少针对性。颠覆性技术模棱两可的概念与特征很容易使新兴技术、前沿技术和关键技术等其他类型的创新被错误地定义为颠覆性创新,导致识别特征上较为相似,缺少针对性。

②颠覆性技术特征难以量化。如何科学量化一项技术对经济、社会的破坏性以及对其他技术的替代性还缺乏共识;而对于较好量化的突变性及跨界性,又难以判断到何种程度才能认为技术具有颠覆性潜力,即缺乏量化基准值。

③颠覆性技术特征之间缺乏综合利用,学者大多基于一种或若干特征识别颠覆性技术,但较少将反映社会和市场影响的破坏性、替代性与反映技术演变的突变性、跨界性进行综合识别。

(3) 预测方法方面

①定性分析方法仍是主流分析方法。虽然基于文献、专利等的客观数据的定量及和定性定量结合的方法也逐渐增多,但主流识别方法仍以定性为主。定性分析虽然考量角度较为全面,但主观判断高度依赖各领域专家的经验 and 智慧,主观性较强,且由于各个领域

存在一定的专业壁垒,因此一般研究聚焦于单项技术或特定领域,对于进行大面积的识别还存在一定的难度。

②部分预测方法的事前预测颠覆性能力不足,由于颠覆性技术是一种高度不连续和革命性的创新,往往只有这些不循常例的突变式创新已经发生后才能较好的感知到颠覆性,例如基于市场需求模型等方法分析技术突变信号来识别颠覆性技术,往往滞后于技术本身发展趋势,很难在技术发生变化而市场还未响应之前做出预警;基于文献计量的技术主题突变等方法,虽然可在市场未响应之前做出预警,但难以在技术发展初期识别。

3.2 颠覆性技术识别的一些思考

随着国际社会对颠覆性技术的日益重视,颠覆性技术识别的相关探索日益增多,未来颠覆性技术识别可考虑如下思路。

在数据来源方面,颠覆性技术识别过程应集成多方智慧与经验,充分利用多领域异构的主客观数据,并注意消除年龄、文化差异带来的数据偏差。其次,可以从科幻小说、众包数据等非常规数据中挖掘潜在颠覆性技术的弱信号。

在识别特征方面,首先需深入理解颠覆性技术内涵特征,更有针对性的识别颠覆性技术特征。其次,应综合考量颠覆性技术的不同特征,科学合理地量化破坏性、替代性等颠覆性技术特征。

在识别方法上,首先机器学习、神经网络等方法的日益发展,它们能很好地挖掘专利、科技文献等数据中主题、关系信息的特征及演变情况,因此可以尝试利用这些方法解决颠覆性技术识别问题以提高识别效率及准确率。其次,颠覆性技术识别方法可与技术培育、发展等环节关联,全链条优化,持续性预测。科研机构、高校与企业多方联动,长期跟踪研究颠覆性技术的全阶段。识别潜在颠覆性技术后交由企业培育发展,培育发展过程中产生的信息又能反馈优化识别预测方法,优化后的识别预测机制提供更佳的信息推动颠覆性技术培育发展,从而实现全链良性循环发展。

参 考 文 献

- [1] Christensen C M. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail [M]. Harvard Business Review Press, 2013.
- [2] Christensen C, Raynor M. The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth [M]. Harvard Business Review Press, 2013.
- [3] Markides C. Disruptive innovation: In need of better theory [J]. Journal of product innovation management, 2006, 23 (1): 19-25.
- [4] Kassich S K, Walsh S T, Cummings J C, et al. Factors differ-

- entiating the commercialization of disruptive and sustaining technologies[J]. *IEEE transactions on engineering management*, 2002, 49(4): 375–387.
- [5] Alan R S. Disruptive technology: An uncertain future[C]//The 6th Conference on Science and Engineering Technology.
 - [6] Sood A, Tellis G J. Demystifying disruption: A new model for understanding and predicting disruptive technologies[J]. *Marketing Science*, 2011, 30(2): 339–354.
 - [7] Danneels E. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda[J]. *Journal of product innovation management*, 2004, 21(4): 246–258.
 - [8] Huang X, Sošić G. Analysis of industry equilibria in models with sustaining and disruptive technology[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 207(1): 238–248.
 - [9] Nagy D, Schuessler J, Dubinsky A. Defining and identifying disruptive innovations[J]. *Industrial Marketing Management*, 2016, 57: 119–126.
 - [10] Kostoff R N, Boylan R, Simons G R. Disruptive technology roadmaps[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2004, 71(1–2): 141–159.
 - [11] 孙永福, 王礼恒, 孙棕檀, 等. 引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究[J]. *中国工程科学*, 2017, 19(05): 9–16.
 - [12] Ganguly A, Nilchiani R, Farr J V. Defining a Set of Metrics to Evaluate the Potential Disruptiveness of a Technology[J]. *Engineering Management Journal*, 2010, 22(1): 34–44.
 - [13] Guo J, Pan J, Guo J, et al. Measurement Framework for Assessing Disruptive Innovations[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 139: 250–265.
 - [14] Rafii F, Kampas P J. How to identify your enemies before they destroy you. [J]. *Harvard Business Review*, 2002, 80(11): 115–23.
 - [15] Hüsik S, Hipp C, Dowling M. Analysing Disruptive Potential: The Case of Wireless Local Area Network and Mobile Communications Network Companies[J]. *R&D Management*, 2005, 35(1): 17–35.
 - [16] Walsh S T. Roadmapping a disruptive technology: a case study: the emerging microsystems and top-down nanosystems industry[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2004, 71(1–2): 161–185.
 - [17] The Changing Landscape of Disruptive Technologies – KPMG Belarus[EB/OL]. [2020–11–22]. <https://home.kpmg/by/en/home/insights/2018/06/the-changing-landscape-of-disruptive-technologies.html>.
 - [18] Sainio L–M, Puumalainen K. Evaluating Technology Disruptiveness in a Strategic Corporate Context: A Case Study[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2007, 74(8): 1315–1333.
 - [19] Blume M, Oberländer A M, Röglinger M, et al. Ex Ante Assessment of Disruptive Threats: Identifying Relevant Threats before One Is Disrupted[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 158: 120103.
 - [20] Dixon T, Eames M, Britnell J, et al. Urban retrofitting: Identifying disruptive and sustaining technologies using performative and foresight techniques[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, 89: 131–144.
 - [21] Momeni A, Rost K. Identification and Monitoring of Possible Disruptive Technologies by Patent–Development Paths and Topic Modeling[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, 104: 16–29.
 - [22] Pilkington A. Exploring the disruptive nature of disruptive technology[C]//2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. .
 - [23] 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(09): 38–44.
 - [24] 张金柱, 张晓林. 利用引用科学知识突变识别突破性创新[J]. *情报学报*, 2014, 33(03): 259–266.
 - [25] Stelzer B, Meyer–Brötz F, Schiebel E, et al. Combining the scenario technique with bibliometrics for technology foresight: The case of personalized medicine[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, 98: 137–156.
 - [26] Dotsika F, Watkins A. Identifying Potentially Disruptive Trends by Means of Keyword Network Analysis[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 119: 114–127.
 - [27] Katila R. Using patent data to measure innovation performance[J]. *International Journal of Business Performance Management*, 2000, 2(1–3): 180–193.
 - [28] 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(05): 654–664.
 - [29] Buchanan B, Corken R. A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology[J]. *Intellectual Property Office United Kingdom, London*, 2010.
 - [30] Bloodworth I. A Search for Discriminative Linguistic Markers in ICT Practitioner Discourse, for the Ex Ante Identification of Disruptive Innovation[J]. 2012. .
 - [31] Chen X, Han T. Disruptive Technology Forecasting Based on Gartner Hype Cycle[C]//2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON). IEEE, 2019: 1–6.
 - [32] Li X, Xie Q, Jiang J, et al. Identifying and monitoring the development trends of emerging technologies using patent analysis and Twitter data mining: The case of perovskite solar cell technology[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 146: 687–705.
 - [33] Linton J D. Forecasting the market diffusion of disruptive and discontinuous innovation[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2002, 49(4): 365–374.
 - [34] Adner R. When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition[J]. *Strategic Management Journal*, 2002, 23(8): 667–688.
 - [35] Chen C, Zhang J, Guo R–S. The D–Day, V–Day, and bleak days of a disruptive technology: A new model for ex-ante evaluation of the timing of technology disruption[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 251(2): 562–574.
 - [36] Philipp, Klenner, and, et al. Ex-ante evaluation of disruptive susceptibility in established value networks—When are markets ready for disruptive innovations? [J]. *Research Policy*, 2013.

- [37] Keller A ,Huesig S . Ex ante identification of disruptive innovations in the software industry applied to web applications: The case of Microsoft's vs. Google's office applications[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2009, 76(8) :1044–1054.
- [38] Jing G , Tan R , Sun J , et al. An approach for generating design scheme of new market disruptive products driven by function differentiation[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 102(dec.) :302–315.
- [39] Benzidia S , Luca R M , Boiko S . Disruptive innovation, business models, and encroachment strategies: Buyer's perspective on electric and hybrid vehicle technology [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 165:120520.
- [40] Farshad Rafii, Paul J. Kampas. How to Identify Your Enemies Before They Destroy You [J/OL]. Harvard Business Review, 2002 [2020–11–13]. <https://hbr.org/2002/11/how-to-identify-your-enemies-before-they-destroy-you>.
- [41] Hüsigg S, Hipp C, Dowling M. Analysing Disruptive Potential: The Case of Wireless Local Area Network and Mobile Communications Network Companies [J]. R&D Management, 2005, 35 (1) : 17–35.
- [42] Drew S A. Building technology foresight: using scenarios to embrace innovation [J]. European Journal of Innovation Management, 2006.
- [43] Hardman S, Steinberger–Wilckens R, Van Der Horst D. Disruptive Innovations: The Case for Hydrogen Fuel Cells and Battery Electric Vehicles [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2013, 38(35) : 15438–15451.
- [44] Demystifying Disruption: A New Model for Understanding and Predicting Disruptive Technologies [EB/OL] [2020–11–15]. <https://www.msi.org/working-papers/demystifying-disruption-a-new-model-for-understanding-and-predicting-disruptive-technologies/>.
- [45] Müller J M, Kunderer R. Ex–Ante Prediction of Disruptive Innovation: The Case of Battery Technologies; 19 [J]. Sustainability, 2019, 11(19) : 5229.
- [46] Reinhardt, Ronny, Gurtner, et al. The overlooked role of embeddedness in disruptive innovation theory [J]. Technological forecasting and social change, 2018, 132(Jul.) :268–283.
- [47] Robinson N, Botterman M, Valeri L, et al. Security Challenges to the Use and Deployment of Disruptive Technologies [J/OL]. 2007. RAND Corporation, 2007 [2020–11–05]. https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR406.html.
- [48] Cheng Y, Huang L, Ramlogan R, et al. Forecasting of Potential Impacts of Disruptive Technology in Promising Technological Areas: Elaborating the SIRS Epidemic Model in RFID Technology [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017, 117: 170–183.
- [49] Burt G. Why are we surprised at surprises? Integrating disruption theory and system analysis with the scenario methodology to help identify disruptions and discontinuities [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2007, 74(6) : 731–749.
- [50] Dijk M, Wells P, Kemp R. Will the momentum of the electric car last? Testing an hypothesis on disruptive innovation [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 105: 77–88.
- [51] Vanston J H. Better forecasts, better plans, better results [J]. Research–Technology Management, 2003, 46(1) : 47–58.
- [52] Firat A K, Woon W L, Madnick S. Technological forecasting–A review [J]. Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology, 2008.
- [53] Lim D–J, Anderson T R. Technology trajectory mapping using data envelopment analysis: the ex ante use of disruptive innovation theory on flat panel technologies [J]. R&D Management, 2016, 46(5) : 815–830.
- [54] 许泽浩,张光宇,黄水芳. 颠覆性技术创新潜力评价与选择研究:TRIZ 理论视角 [J]. 工业工程, 2019, 22(05) :109–117.
- [55] Military Trolls for Disruptive Technologies [EB/OL] (2014–06–12) [2020–11–13]. <https://www.afcea.org/content/military-trolls-disruptive-technologies>.
- [56] Council N R. Persistent Forecasting of Disruptive Technologies [M/OL]. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. <https://www.nap.edu/catalog/12557/persistent-forecasting-of-disruptive-technologies>.
- [57] BURT G. Why are we surprised at surprises? Integrating disruption theory and system analysis with the scenario methodology to help identify disruptions and discontinuities [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2007, 74(6) : 731–749.
- [58] Carlsen H, Dreborg K H, Godman M, et al. Assessing socially disruptive technological change [J]. Technology in Society, 2010, 32(3) : 209–218.
- [59] Brimley S, Fitzgerald B, Saylor K. Game Changers [J]. Disruptive Technology and US Defense Strategy, 2013.
- [60] Kim J, Park Y, Lee Y. A visual scanning of potential disruptive signals for technology roadmapping: investigating keyword cluster, intensity, and relationship in futuristic data [J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2016, 28(10) : 1225–1246.
- [61] Zhang Y, Robinson D K, Porter A L, et al. Technology roadmapping for competitive technical intelligence [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 110: 175–186.
- [62] Vojak B A, Chambers F A. Roadmapping disruptive technical threats and opportunities in complex, technology–based subsystems: the SAILS methodology [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2004, 71(1–2) : 121–139.
- [63] Zhang Y, Zhou X, Porter A L, et al. How to Combine Term Clumping and Technology Roadmapping for Newly Emerging Science & Technology Competitive Intelligence: " Problem & Solution" Pattern Based Semantic TRIZ Tool and Case Study [J]. 2014: 15.
- [64] Sun J, Gao J, Yang B, et al. Achieving disruptive innovation–forecasting potential technologies based upon technical system evolution by TRIZ [C] // 2008 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology. IEEE, 2008: 18–22.