



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

基于知识网络特征的产业关键共性技术识别模型与实证研究

——以新一代信息技术产业为例

刘静 胥彦玲 张婧

北京市科学技术研究院科技情报研究所 北京 100044

摘要: [目的/意义] 构建产业关键共性技术识别模型并进行实证研究,为产业技术创新布局提供参考。[方法/过程] 从技术领域和技术主题两个层面,探索知识网络特征与产业关键共性技术特征的关系:将技术领域共现网络中具有相似性质的节点集合作为产业共性技术领域;根据网络中节点的结构位置,计算技术主题特征指标,最终筛选出产业关键共性技术。[局限] 该模型未考虑不同国家或地区之间技术竞争与布局的差异,后续研究将进一步探讨。[结果/结论] 本文以新一代信息技术产业为例,识别出8个共性技术领域和20个技术主题。本文研究模型从专利文献内容和技术发展规律两个方面综合考量,确保了模型及其结果的科学性、合理性和可靠性。

关键词: 产业关键共性技术;知识网络;节点特征;社区发现算法;技术生命周期

中图分类号: G35; TP391

Model and Empirical Study on Identification of Industry Key Generic Technologies based on Knowledge Network Characteristics: Evidence from the New Generation of Information Technology Industry

LIU Jing XU Yanling ZHANG Jing

Institute of Science and Technology Information, Beijing Academy of Science and Technology, Beijing 100044, China

Abstract: [Objective/ Significance] Construct the identification model of industry key generic technologies and conduct empirical research. It will be an important basis for governors to formulate suitable policies and strategies. [Methods/Processes] This paper explores the relationship between the characteristics of knowledge network and industry key generic technologies, from both of technical field and technical theme. In the technology field co-occurrence network, the nodes with similar properties are combined to form the industry generic technology field. In the technology theme co-occurrence network, according to the

基金项目 北京市科学技术研究院创新培育类项目(1220220491KF0049)。

作者简介 刘静(1982-),博士,高级工程师,主要研究方向为科学计量学与科技评价;胥彦玲(1977-),博士,副研究员,主要研究方向为产业技术情报研究;张婧(1985-),硕士,副研究员,主要研究方向为情报理论、方法与技术, E-mail: jinglqq@sina.com。

引用格式 刘静,胥彦玲,张婧.基于知识网络特征的产业关键共性技术识别模型与实证研究——以新一代信息技术产业为例[J].情报工程,2024,10(1):28-41.

node's structural position that is the topological structure in the network node, the indicators of technology theme characteristics are calculated, and finally the industry key generic technologies are selected. [Limitations] Yet this paper does not consider the differences of technological competition and layout among different countries or regions, which needs to be further discussed in future research. [Results /Conclusions] Taking the new generation of information technology industry as an example, eight common technology fields are identified, and 20 technology themes are selected as the industry key genetic technologies. This model is comprehensively considered from the content of patent literature and the law of technological development, that ensures the scientificity, rationality and reliability of the model and its results.

Keywords: Industry Key Generic Technologies; Knowledge Network; Node Characteristics; Community Discovery Algorithm; Technology Life Cycle

引言

产业关键共性技术是制造业创新发展的重要支撑，是促进国家产业转型升级、加快制造强国建设、厚植中国经济发展根基和竞争优势的重要抓手。2018年以来，美国相继针对中兴、华为等中国高科技企业进行无理打压，这些事件凸显了加快我国相关产业关键共性技术突破的重要性与紧迫性。为改变我国关键共性技术受制于人的局面^[1]，“十四五”规划纲要明确提出“集中力量整合提升一批关键共性技术平台，支持产业共性基础技术研发”。由此，准确识别、遴选产业关键共性技术成为了产业技术创新战略决策中亟待解决的问题。

专利是一种重要的创新产出，尤其是在产业技术研发阶段，发明专利更能体现最核心、最直接的自主创新能力^[2]。PCT专利作为发明人寻求国际专利保护的一种途径，反映出发明人全球技术布局的意向，其规模和水平代表了申请人以专利为竞争手段开拓国际市场的实力^[3]。通过分析某一产业或行业内PCT专利文献，能够客观地反映技术创新整体概况和发展态势，从情报学角度为宏观把握产业技术创新态势提供新的研究视角。

本文在梳理产业共性技术、产业关键技术、产业关键共性技术的概念、特征与识别方法的基础上，探索知识网络在产业技术多角度评估中的应用，提出基于PCT专利分析和知识网络特征的产业关键共性技术识别模型，以期为政府对产业关键共性技术的选择和管理提供借鉴。

1 相关研究现状述评

1.1 产业关键共性技术相关概念与特征

产业关键共性技术、产业共性技术、产业关键技术等相似说法都是在特定的历史背景或社会政治经济条件下产生，它们之间既有区别又有联系。

产业共性技术是对整个行业或产业技术水平、产业质量和生产效率都会发挥迅速的带动作用，具有巨大的经济和社会效益的一类技术^[4]。共性技术源起于科技政策实践，其概念具有很强的政策性，其内涵受到一个国家经济和技术发展水平的影响^[5]。从科技管理实践的角度，产业共性技术具有关联性和使能性，它能够应用于多个产业或企业，能够推动多项技术的进步，促进多部门经济社会效益的提高^[6]。从技术经济学的角度，产业共性技术包含最先应用的科

学知识，能够扩散、溢出到其他技术领域，为后续技术的研发、应用、推广提供基础，技术使用者众多，技术应用范围宽广，因此具有核心性、广泛性和效益性^[7]。从技术研发进程的角度，产业共性技术作为“竞争前阶段”的技术，衔接了基础研究和面向市场的商业技术开发，还具有准公共品的性质^[8]。

与产业共性技术一样，产业关键技术也在国家科技规划等政策文件中频繁出现，学术界对其并没有统一定义。从国家层面，国家关键技术是为振兴国家产业，提高国际竞争力，促进经济持续增长，改善人们生活质量，提高国家强盛起决定性作用的技术^[9]。从产业层面，产业关键技术是指对科技进步有决定性影响，能提高产业竞争力、促进经济和社会持续发展，而且适应科技发展趋势，在一定时间内具有重要商业价值的“瓶颈”技术^[10]。产业关键技术决定着产业技术领域的发展方向和产品的整体性能^[11]，关键技术创新能够显著增强产业部门产品的附加值、提升生产效率、优化产品质量，突破产业发展的障碍，打破关键技术瓶颈，从而对产业经济的增长产生决定性的推动作用^[12]；在未来较长时期内，产业关键技术对国家安全和经济社会发展都会产生重要影响^[13]。不难看出，产业关键技术具有战略性、前瞻性、重要性、引领性、瓶颈性。

关键共性技术最初出现在科技政策实践中，后逐渐扩展到学术界。国家工信部在《产业关键共性技术发展指南（2011年）》中将产业关键共性技术定义为“能够在多个行业或领域广泛应用，并对整个产业或多个产业产生影响和瓶颈制约的技术”。可见，产业关键共性技术

并不是面向某个企业的技术，而是服务于一个甚至多个产业战略性发展的技术。目前，学术界对产业关键共性技术的概念尚未形成统一的界定。本研究中的产业关键共性技术既包括产业共性技术的特征，又兼具产业关键技术的地位。当某项技术能够在多个领域被普遍应用，实现跨领域的扩散与融合，其研发成果可共享，并对整个产业技术水平、产业质量和生产效率都会产生迅速的提升作用，可以判定该项技术属于产业关键共性技术。因此，本文将从重要性、通用性、基础性、瓶颈性四个特征指标测度技术主题，识别产业关键共性技术。

1.2 产业关键共性技术相关识别方法

目前，产业共性技术、产业关键技术、产业关键共性技术识别研究的方法分为定性分析法和定量分析法。

定性分析法主要基于德尔菲调查，例如，袁思达^[14]应用德尔菲调查识别出氢能源领域的共性技术；然而，德尔菲调查过度依赖专家的技术知识，缺少精准的量化指标而显得过于主观，于晓勇等^[15]借助决策矩阵改进德尔菲方法，其遴选结果更加接近于真实情况。另外，虞锡君^[16]在产业集群内关键共性技术选择研究中提出的“三链分析法”“三结合选择方法”和“市场化选择法”也属于定性分析法。

定量分析法多见于学术研究，主要是针对专利数据进行计量学研究、知识网络分析和指标评估。例如，黄鲁成等^[7]在识别产业共性技术过程中，将技术领域的共性次数作为技术核心评估指标挑选出基础专利技术，若基础专利技术同时具有多领域应用和专利家族逐年增加

等特征，则判定为产业共性技术。栾春娟^[17]利用德温特创新索引的专利技术特征和分类划分技术领域，计算技术贡献率、技术共现强度等指标，识别出战略性新兴产业共性技术领域；在基于专利数据建立的知识网络中，节点的中介中心度是识别关键技术的指标，度中心指标用于测度核心技术，多重测量中心度作为共性技术识别的指标^[18]。杨武等^[19]从文本挖掘、德温特手工代码共现、专利引用三个角度进行评估，逐步识别出锂电池领域共性技术。杨艳萍等^[11]根据专利文献的共被引聚类形成专利簇，以专利申请数量和被引频次作为专利簇的评价指标，有效地识别出产业层面的关键技术。

综上所述，已有研究表明基于专利分析和知识网络特征是确定产业关键技术、产业共性技术领域的行之有效的方法。本文在前人研究基础上，从产业关键共性技术的本质特性出发，从技术领域和技术主题两个层面，探索知识网络特征与产业关键共性技术之间的关系，建立基于 PCT 专利分析和知识网络特征的产业关键共性技术识别模型，并以新一代信息技术产业为例展开实证研究。

2 研究设计

2.1 产业关键共性技术识别模型构建

本文构建的产业关键共性技术识别模型主要包括数据获取与预处理、产业共性技术领域识别、技术主题特征指标计算三个阶段：

首先，根据产业链纵向上下游关系或横向并行产业进行单元划分，建立产业技术分解表，依据产业技术分解表检索并下载相关专利数据，形成产业专利技术数据集，绘制 S 曲线，利用专利申请数量随时间推移而变化来缩小专利数据集；其次，基于缩小的数据集构建技术领域共现网络，利用社团发现算法挖掘网络中具有相似性质的节点集合，识别产业共性技术领域；最后，在产业共性技术领域范围内，构建技术主题共现网络，依据网络节点拓扑结构特征，如度及度分布、点权和单位权、介数及其分布特征、节点间距离等，计算技术主题的技术使用频次、技术关联广度、技术关联强度、技术领域中心性等关键技术识别指标，遴选出关键技术主题，见图 1。

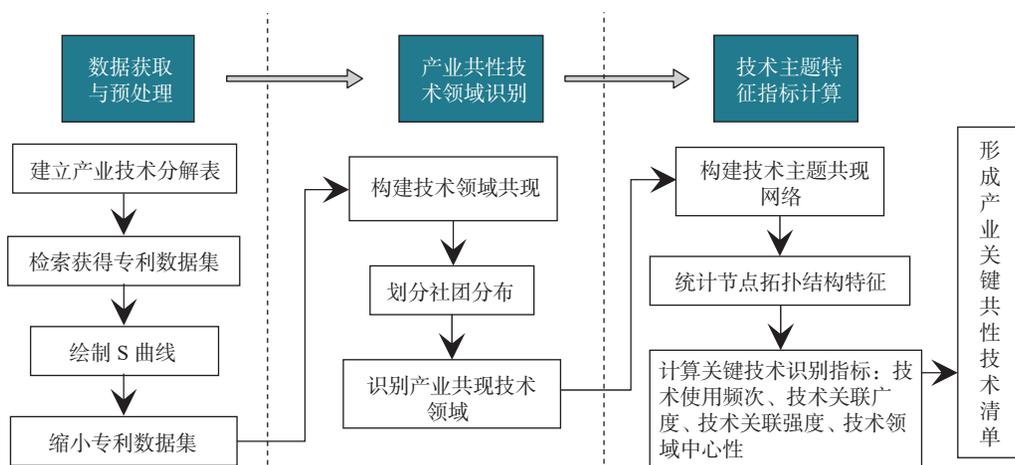


图 1 产业关键共性技术识别模型

2.2 数据获取与预处理

本文的全部数据来自德温特世界专利索引数据库 (Derwent World Patents Index, 简称 DWPI)。由字母加数字的形式组成的德温特手工代码 (Derwent Manual Code, DMC) 是 DWPI 特色之一, 便于识别每项发明技术的新颖性及其技术应用领域。本文根据 DMC 为每条数据分别标注技术领域与技术主题, 具体表示为: 以 ANN 为技术领域、ANN-ANN 为技术主题, 其中 A 表示字母, N 表示数字。

根据技术生命周期理论, 一项技术通常要经历萌芽期、成长期、成熟期和衰退期四个阶段^[20], 在时间序列下排序专利申请数量形成的曲线呈“S”型, 曲线的不同阶段分别与技术发展阶段相对应^[21], 见图 2。本文将以专利累计申请数量作为指标, 绘制 S 曲线, 以曲线的曲率变化为依据缩小检索得到的专利数据集。

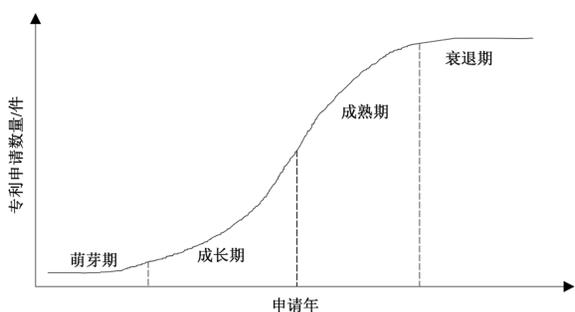


图 2 基于技术生命周期理论的 S 曲线

S 曲线主要分为对称的 Logistic 模型曲线和不对称的 Gompertz 模型曲线, 前者在实践中应用更加广泛。Logistic 模型曲线由 Verhulst^[22] 提出, 其公式如下:

$$y = \frac{l}{1 + \alpha e^{-\beta T}} \quad (1)$$

其中, y 代表专利累积申请数量, α 代表 S

曲线斜率, 即 S 曲线的成长率, β 代表成长曲线中转折点 (Midpoint), l 为成长的饱和水平, 即饱和点 (Saturation), 用于评估专利累积数量的最高值, T 为时间。

2.3 产业共性技术领域识别

如果一条专利信息涉及两个或两个以上的技术领域, 即多项技术在该条专利中同时出现, 则视为技术共现。技术共现是关键共性技术识别的基础, 技术共现网络反映了技术/技术领域之间的关联程度。共现网络模型为 $G=(V, E)$, 是由 $|V|=N$ 个节点和 $|E|=M$ 条边组成的一个无向加权网络。其中, G 表示节点及其相互共现关系的集合, V 代表节点的集合, $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots\}, v_i \in V$, E 代表节点间连线的集合, $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots\}, e_i \in E$ 。网络的邻接矩阵为 A , $A=(a_{ij})_{N \times M}$, 是一个对称矩阵。若 v_i 与 v_j 直接相连, 代表 v_i 与 v_j 之间存在共现关系, 则 $a_{ij}=w(i, j)$, 否则 $a_{ij}=0$, 其中, $w(i, j)$ 表示 v_i 与 v_j 相连边的权值, 即共现频数。在技术领域共现网络中, 节点代表专利技术领域, 节点间的连线代表相邻技术领域共同出现, 连线的粗细或长度用于表示相应技术领域之间共现关系的强弱。

知识网络中的节点可以划分入若干社团, 同一社团内部节点间连接稠密, 而各个社团之间的连接相对比较稀疏。知识网络的社团发现实质是对节点的聚类, 基于模块度优化的社团发现算法是目前研究最多的一类算法, 有 GN 算法、CNM 算法和 EO 算法等。模块度 (也称 Q 函数) 是指网络中连接社团结构内部节点的边所占的比例与随机网络中连接社团结构内部节点的边所占比例的期望值相减得到的差值^[23]。

其计算公式为：

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_i \sum_j \left[w_{ij} - \frac{S_i S_j}{2m} \right] \delta(g_i, g_j) \quad (2)$$

其中， S_i 表示 v_i 的点强度， $m = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij}$ 表示所有边的权重之和， g_i 表示 v_i 的社区编号，如果 v_i 与 v_j 属于同一社团，则 $\delta(g_i, g_j)=1$ ，否则 $\delta(g_i, g_j)=0$ 。通常用 Q 函数定量地描述社团划分的模块性水平。在技术领域共现网络中，一部分技术领域之间连接稠密，而与其他技术领域之间的连接相对比较稀疏，这些相互连接紧密的技术领域组合起来形成一个整体，视作产业共性技术领域。

2.4 技术主题特征指标计算

依据共现网络模型构建技术主题共现网络，在该网络中，频繁出现的技术主题对不同行业或领域的重要影响力是显而易见的；若某项技术与其他很多的技术共同出现，表明该技术可能是其他多项技术突破的基础；共同出现的伙伴多且相互关联强的技术主题对其他技术的发展具有广泛的渗透性和影响力，该技术主题属于产业技术创新链的重要技术；当一个技术主题处于其他多个技术主题连接路径上，则该技术主题具有控制其他技术“联通”的能力，其在产业技术发展中起着桥梁和纽带的作用。

本文根据产业关键共性技术重点特征，从技术使用频次、技术相关性、技术关联度、技术核心性四个维度，提出了基于技术共现网络的技术主题特征衡量指标：统计专利技术出现的次数，获取技术使用频次，以此评估技术主题“重要性”；分析技术主题的共现关系，以技术关联广度来衡量技术主题“通用性”；技

术共现矩阵与关联强弱分析结合，计算技术关联强度，用来评判技术主题“基础性”；以社会网络中节点中心性判断技术主题地位，量化技术主题中心性，分析技术主题“瓶颈性”。产业关键共性技术是在两个或两个以上共性技术领域特征指标值都比较大的一类技术主题。

(1) 技术使用频次 (Tech-Occurrence)：技术主题出现的频次，用于反映该项技术的重要性。某一项技术主题出现次数多，表明其在不同行业或领域都备受重视。技术使用频次数值越大，代表该项技术越重要。

$$Tech - Occurrence = occ(i) \quad (3)$$

其中， $occ(i)$ 表示 v_i 出现的频次。

(2) 技术关联广度 (Tech-Correlation)：与技术主题同时出现的其他技术主题的总数(不包括重复共现次数)，即技术共现网络中与 v_i 相连的其他节点的个数，用于判断该项技术的通用程度。某一项技术与其他技术节点之间直接联系数量多，表明该技术主题对多个行业或者领域产生了深度影响。技术关联广度数值越大，则该项技术应用越普遍，通用性越强。

$$Tech - Correlation = \sum_{v_i, v_j \in V} e_{ij} \quad (4)$$

其中， V 代表技术主题共现网络， v_i 、 v_j 代表网络 V 中的节点， e_{ij} 表示 v_i 与 v_j 之间的连线。

(3) 技术关联强度 (Tech-Intensity)：技术主题与所有其他同时出现的技术主题相联系的程度(包括重复共现次数)，即技术共现网络中 v_i 与其他节点的连线粗细程度，用于衡量该技术主题对其他技术主题的“渗透”能力。某一项技术主题与其他技术主题产生联系程度深，表明该技术主题对其他技术主题的作用力

大,体现其基础性地位。技术关联强度数值越大,则该项技术基础性地位越牢固。

$$Tech - Intensity = \frac{S_i}{k_i} \quad (5)$$

其中, S_i 表示 v_i 的点强度, 即与 v_i 关联的边权值之和, k_i 表示 v_i 的度, 即与 v_i 关联的边数量之和。

(4) 技术领域中心性 (Tech-Centrality): 知识网络里所有最短路径中通过 v_i 的数量比例, 即节点的介数, 用来刻画节点“桥梁”价值的指标。知识网络的“桥梁”节点具有集成、带动和辐射作用, 技术领域中心性数值越大, 技

术节点在网络中越有用。

$$Tech - Centrality = \sum_{i \neq s \neq t} \frac{n_{st}(i)}{g_{st}} \quad (6)$$

其中, $n_{st}(i)$ 代表最短路径经过 v_i 的路径数量, g_{st} 代表连接 v_s 和 v_t 的最短路径的数量。

这四个指标的量纲不同, 见表 1, 为了消除由此带来的不可公度性, 需进行无量纲化处理, 即基于线性变换的归一化处理, 使结果值映射到 [0-1] 之间。

$$\hat{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (7)$$

其中, x_{\max} 为样本数据的最大值, x_{\min} 为样本数据的最小值, \hat{x} 为样本数据的归一化数值。

表 1 技术主题特征指标

指标名称	计算方法	取值范围	指标意义
技术使用频次	occ(i)	[1, +∞]	反映技术的重要性, 数值越大, 代表该项技术越重要。
技术关联广度	$\sum_{v_i, v_j \in V} e_{ij}$	[0, +∞]	判断该项技术的通用程度, 数值越大, 该技术应用更普遍、通用性更强。
技术关联强度	$\frac{\sum_{v_i, v_j \in V} w_{ij}}{\sum_{v_i, v_j \in V} e_{ij}}$	[1, +∞]	衡量技术的渗透性, 数值越大, 该技术基础性地位越牢固。
技术领域中心性	$\sum_{i \neq s \neq t} \frac{n_{st}(i)}{g_{st}}$	[0, 1]	衡量技术的“桥梁”价值, 数值越大, 该项技术的集成、辐射和带动作用越强。

3 实证研究

3.1 新一代信息技术产业的数据获取及预处理

新一代信息技术产业是国民经济的战略性、基础性和先导性产业。世界各国高度重视新一代信息技术产业的发展, 纷纷颁布各类政策框架、发展战略和行动计划, 展开相关部署, 积极培育新一代信息技术产业竞争优势。本文研究以新一代信息技术产业为例, 识别产业共现

技术领域, 计算其中各个技术主题的技术使用频次、技术相关性、技术关联度、技术核心性等特征指标, 从而遴选出新一代信息技术产业关键共性技术, 以期为关键共性技术的准确识别与测度提供参考。

新一代信息技术产业专利检索范围参考 2017 年经济合作与发展组织 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 有关 ICT 技术领域专利的划分标准^[24], 建立了检索式, 检索日期是 2021 年 7 月 7 日, 检索得

到 PCT 专利 1439056 件，经 DWPI 同族合并，最终获得全球新一代信息技术产业相关 PCT 专利 1244576 件。

依据技术生命周期理论和 Logistic 模型^[25]，本文研究利用 Loglet Lab 软件模拟新一代信息技术产业专利技术申请趋势，见图 3，大致划分为三个阶段：1987 年以前，专利申请增长率相对较低，曲线平坦；1988—2014 年曲线下凸，相关技术进步速度不断提高；曲线在 2015 年出现拐点，开始变为上凸，技术进步速度开始变小。由于各国专利从申请到公开一般会有 2-3 年的延迟（一般为 18 个月），因此 2019—2021 年数据不全，趋势预测模拟过程不包含 2019—2021 年数据。

从图 3 中可以看出，新一代信息技术产业的 PCT 专利申请数量整体呈波动递增趋势。随着世界经济的快速发展、现代科学技术的进步以及知识产权保护意识的增强，新一代信息技术产业专利申请数量在未来几年将会出现大幅度增长。

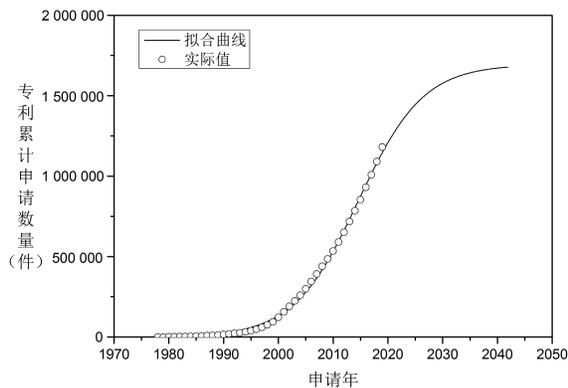


图 3 全球新一代信息技术产业专利申请趋势

3.2 新一代信息技术产业共性技术领域识别

基于 S 曲线的拟合结果，选取 2015 以后的专利数据，共计 460207 件专利。根据这些专利数据的技术领域标注，绘制技术领域共现网络，见图 4。

图 4 包含 277 个节点，每个节点代表一种技术领域；节点大小与其出现频次正相关，节点越大表示该技术领域出现次数越多；节点之间连线的宽度代表与其相连的两个技术领域共现强度，连线越宽表示两端的技术领域共现强度越大；同一所属聚类的节点标记相同颜色。

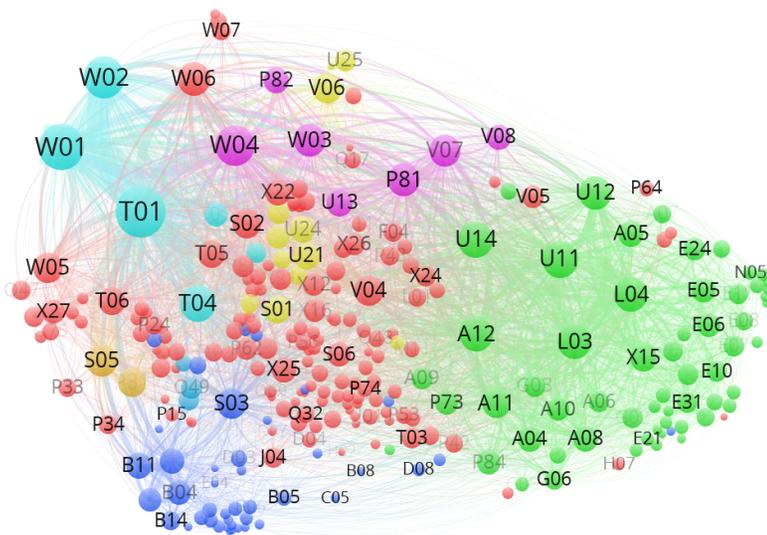


图 4 新一代信息技术产业的技术领域共现网络图

进一步在上述知识网络中进行社区发现算法计算，将划分在同一个社区的技术领域

聚类作为本文识别出的共性技术领域，结果见表 2。

表 2 新一代信息技术产业共性技术领域识别

社区	技术领域	产业共性技术领域
I 社区	W06、W05、V04、S02、T06、T05、X22、X25、S06、X27、X12、X16、V05、P85、X21 等	航空、航海遥控信号相关领域
II 社区	U11、U14、A12、L04、L03、U12、A11、X15、A05、A08、A04、E05、P84、P73、E06 等	半导体存储器、薄膜和混合电路、分立元器件领域
III 社区	S03、B11、B12、B04、D05、B14、P13、D03、P11、C11、B05、C12、C04、B06、B10 等	医药相关科学仪器领域
IV 社区	V06、S01、U21、U24、U22、U23、U25、S04、V03、X13、V01、Q72、J09	电子仪器及其零部件领域
V 社区	W04、W03、P81、V07、U13、P82、V08	音频、视频领域
VI 社区	T01、W01、W02、T04、T07、X23	计算机技术与电话、无线电传输应用领域
VII 社区	Q49、H01、T02	原油、天然气和矿业相关领域
VIII 社区	S05、P31	电子医疗器械领域

由表 2 可知，新一代信息技术产业可分为八个共性技术领域，分别是：（I 社区）航空、航海遥控信号相关领域，（II 社区）半导体存储器、薄膜和混合电路、分立元器件领域，（III 社区）医药相关科学仪器领域，（IV 社区）电子仪器及其零部件领域，（V 社区）音频、视频领域，（VI 社区）计算机技术与电话、无线电传输应用领域，（VII 社区）原油、天然气和矿业相关领域，（VIII 社区）电子医疗器械领域。

3.3 新一代信息技术产业的技术主题特征指标计算

针对已识别出的每个共性技术领域，根据上文技术主题指标计算公式，得到技术主题的特征指标得分，选取四个特征指标得分都大于 0.3 的 20 个技术主题，见表 3。

由表 3 可知，注册软件产品（T01-S03）、网络信息传输的应用程序（T01-N01）、网络信息的通讯与监控（T01-N02）、图像处理的数据

处理系统（T01-J10）、电话用户设备（W01-C01）等技术主题在各个共性技术领域的特征指标得分普遍较高，其次是摄像机（W04-M01），行政、商业或信息检索的数据处理系统（T01-J05），工业过程控制的数据处理系统（T01-J07），网络数据信息传输（W01-A06），液晶显示器（U14-K01），程序管理界面、交互等的数据处理系统（T01-J12），用函数或方程求解的数据处理系统（T01-J04）等技术主题，远距离的光学元件、系统、设备（P81-A50），电视接收机和视频显示器（W03-A08），游戏（W04-X02），医疗设备和信息系统的数据处理系统（T01-J06），机电传感器的应用（V06-V04），执行特定程序和系统管理软件的程序控制（T01-F05），无线电系统（W02-C03），与内存相关的数据存储、互联、传输（T01-H01）等技术主题在多个共性技术领域的特征指标得分较高。基于这些技术主题形成新一代信息技术产业的关键共性技术清单，如表 4 所示。

表3 新一代信息技术产业的技术主题特征指标

技术主题	特征指标得分*					所属共性技术领域**
	共性技术领域	技术使用 频次	技术关联 广度	技术关联 强度	技术领域 中心性	
P81-A50	V	0.56	0.98	0.63	0.91	I、II、V、VII
T01-F05	I	0.43	0.71	0.47	0.37	I、II、VI、VII
T01-H01	VII	1.00	0.77	1.00	0.37	III、VII
T01-J04	I	0.39	0.82	0.32	0.60	I、III、IV、VI、VIII、VII
T01-J05	VI	0.65	0.96	0.62	0.84	I、II、III、V、VI、VII、VIII
T01-J06	VIII	0.94	1.00	1.00	1.00	IV、VIII
T01-J07	I	0.45	0.98	0.40	0.97	I、II、III、IV、V、VI、VII
T01-J10	V	1.00	0.85	0.93	0.57	I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII
T01-J12	I	0.33	0.77	0.38	0.46	I、II、III、IV、VI、VIII
T01-N01	VI	0.77	0.98	0.83	0.91	I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII
T01-N02	VI	0.69	0.98	0.79	0.91	I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII
T01-S03	VI	0.97	0.99	1.00	0.94	I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII
U14-K01	I	0.44	0.96	0.34	0.84	I、II、III、IV、V、VII
V06-V04	IV	1.00	0.95	0.68	0.81	IV、VIII
W01-A06	VI	1.00	0.93	0.88	0.70	I、II、III、IV、VI、VII
W01-C01	V	0.61	1.00	0.63	1.00	I、II、III、IV、V、VI、VII、VIII
W02-C03	VI	0.46	0.85	0.46	0.55	I、II、III、VI
W03-A08	V	0.40	0.96	0.34	0.91	I、II、III、V
W04-M01	V	0.95	0.99	0.72	0.96	I、II、III、V、VI、VII、VIII
W04-X02	V	0.38	0.92	0.42	0.78	I、II、V、VI

注：* 针对每个共性领域，计算技术主题的技术特征指标得分，本表格仅展示了1个计算结果。

** 针对每个共性领域，设置技术主题的出现阈值，当某一技术主题出现次数大于出现阈值时，才认为该技术主题属于该共性技术领域。

产业规划和政策文件中有时会列举产业关键技术、产业共性技术的领域范围，比如《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》中列出软件产业的共性技术有软件与系统工程方法、程序设计语言、关键核心算法、数据模型，《物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021—2023年）》提到物联网产业的关键共性技术有智能感知、新型短距离通信、高精度定位等，《“十四五”数字经济发展规划》指出关键技术短板包括高端芯片、操作系统、工业软件、核心算法与框架等。注册软件

产品（T01-S03），图像处理的数据处理系统（T01-J10），工业过程控制的数据处理系统（T01-J07），程序管理界面、交互等的数据处理系统（T01-J12），用函数或方程求解的数据处理系统（T01-J04），与内存相关的数据存储、互联、传输（T01-H01）等技术主题都属于这些技术领域范畴。元宇宙被认为是下一代移动互联网雏形，支撑元宇宙的关键技术主要包括扩展现实（XR）、先进无线通信技术（5G/6G）和区块链。美国制定了一系列政策促进元宇宙技术发展，《21世纪就业法案》提出支持区块

表4 新一代信息技术产业关键共性技术清单

技术领域	技术主题
光学元件	远距离的光学元件、系统、设备
数字计算机	执行特定程序和系统管理软件的程序控制
数字计算机	与内存相关的数据存储、互联、传输
数字计算机	用函数或方程求解的数据处理系统
数字计算机	行政、商业或信息检索的数据处理系统
数字计算机	医疗设备和信息系统的数据处理系统
数字计算机	工业过程控制的数据处理系统
数字计算机	图像处理的数据处理系统
数字计算机	程序管理界面、交互等的数据处理系统
数字计算机	网络信息传输的应用程序
数字计算机	网络信息的通讯与监控
数字计算机	注册软件产品
存储器、薄膜和混合电路	液晶显示器
机电传感器和小型机械	机电传感器的应用
电话和数据传输系统	网络数据信息传输
电话和数据传输系统	电话用户设备
广播、无线电和线路传输系统	无线电系统
电视和广播无线电接收器	电视接收机和视频显示器
音频/视频记录与系统	摄像机
音频/视频记录与系统	游戏

链、通信、VR、AR等特定技术领域的研究，《美国创新和竞争法案2021》提出将先进通信技术与沉浸式科技作为关键技术领域，并为其研发、教育和培训、转移和商业化提供资助。我国《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划》提出围绕近眼显示、渲染处理、感知交互、网络传输、内容生成、压缩编码和安全可信等核心关键技术取得重要突破。网络信息传输的应用程序

(T01-N01),网络信息的通讯与监控(T01-N02),图像处理的数据处理系统(T01-J10),摄像机(W04-M01),网络数据信息传输(W01-A06),液晶显示器(U14-K01),游戏(W04-X02),与内存相关的数据存储、互联、传输(T01-H01),远距离的光学元件、系统、设备(P81-A50),机电传感器的应用(V06-V04)等技术主题属于这些关键共性技术范畴。此外,美国国家科学技术委员会最新发布的关键和新兴技术清单包含频谱管理技术、光纤链路和光纤技术、陆地/海底电缆、硬件/固件和软件、卫星通信等通讯和网络技术。可见,本文提出的新一代信息技术产业的关键共性技术主题会出现在随后出台的相关产业政策中,从政策层面来看,本文提出的产业关键共性技术识别模型具有一定预测性。但由于专利与政策中关于技术描述词的粒度不同,还需要行业专家做进一步的解读和验证。

3.4 我国新一代信息技术产业关键共性技术识别研究

党中央、国务院高度重视新一代信息技术产业发展。2015年以来,我国申请新一代信息技术产业关键共性技术主题相关专利103191件,占全球总量的30.9%,具体情况参见表5。从全球新一代信息技术产业关键共性技术专利申请来看,我国在液晶显示器(U14-K01)主题的专利申请占比最高,其次是网络数据信息传输(W01-A06)、电话用户设备(W01-C01)、无线电系统(W02-C03)等技术主题;而关于医疗设备和信息系统的数据处理系统(T01-J06),游戏(W04-X02),远距离的光学元件、系统、设备(P81-A50)等主题的专利

申请占比偏低。

结合产业发展现状来看，我国在新型显示、信息化建设等方面技术研发优势明显。新型显示产业作为我国重点发展的战略性新兴产业之一，已发展成为新一代信息技术的先导性支柱产业。随着《扩大和升级信息消费三年行动计划(2018—2020年)》《中国光电子器件产业技术发展路线图(2018—2022年)》《超高清视频产业发展行动》《关于2021—2030年支持新型显示产业发展进口税收政策的通知》等政策的陆续出台，涌现出了京东方、深天马、华星光电等一批具有

竞争力的液晶显示面板生产企业。在信息基础设施建设方面，我国建成全球规模最大、技术领先的网络基础设施，光纤网络接入带宽实现从十兆到百兆再到千兆的指数级增长，移动网络实现从“3G突破”到“4G同步”再到“5G引领”的跨越。截至2022年底，我国数据中心机架总规模已超过650万标准机架，在用数据中心算力总规模超180EFLOPS，位居世界第二。此外，卫星遥感、卫星通信广播、北斗导航定位三大系统构成的国家民用空间基础设施体系已初步建成，具备连续稳定的业务服务能力。

表5 我国新一代信息技术产业关键共性技术专利申请统计表

技术主题	全球专利申请数量 (件)	我国专利申请数量 (件)	我国专利占比 (%)
P81-A50 远距离的光学元件、系统、设备	10 522	1 104	10.5
T01-F05 执行特定程序和系统管理软件的程序控制	17 885	4 483	25.1
T01-H01 与内存相关的数据存储、互联、传输	6 688	1 555	23.3
T01-J04 用函数或方程求解的数据处理系统	15 984	4 456	27.9
T01-J05 行政、商业或信息检索的数据处理系统	66 085	15 513	23.5
T01-J06 医疗设备和信息系统的的海理系统	7 983	624	7.8
T01-J07 工业过程控制的数据处理系统	29 434	5 634	19.1
T01-J10 图像处理的数据处理系统	51 173	14 848	29.0
T01-J12 程序管理界面、交互等的海理系统	29 494	6 305	21.4
T01-N01 网络信息传输的应用程序	78 844	23 020	29.2
T01-N02 网络信息的通讯与监控	69 909	18 040	25.8
T01-S03 注册软件产品	98 986	27 538	27.8
U14-K01 液晶显示器	18 055	8 667	48.0
V06-V04 机电传感器的应用	7 225	1 925	26.6
W01-A06 网络数据信息传输	101 791	37 456	36.8
W01-C01 电话用户设备	54 194	18 923	34.9
W02-C03 无线电系统	46 821	14 494	31.0
W03-A08 电视接收机和视频显示器	7 495	2 200	29.4
W04-M01 摄像机	17 833	3 933	22.1
W04-X02 游戏	7 190	716	10.0

我国新一代信息技术产业发展成效显著,5G、云计算、人工智能等新一代信息技术持续向各行各业融合渗透,但目前与实体经济融合发展还仅仅停留在典型、示范、部分制造环节或者部分制造领域,存在数据标准不统一、互操作性差、数据安全风险高等难题,缺乏覆盖全流程的数字化解决方案。以数字医疗产业为例,近年来国家密集发布一系列医疗健康政策,促进医院信息化、远程医疗等智慧医疗发展,但相对于发达国家来说,我国的医疗信息化程度还处于较低的水平,国内从事智慧医疗的企业多数处于商业模式探索阶段。从技术角度,人工智能在医疗健康行业的应用目前总体上仍处于起步阶段,场景应用深度不够,相关技术与产品的研发和创新能力还有待进一步提升;从数据角度,数字化医疗技术涉及大量的个人健康信息,建立安全可靠的数据存储和传输系统是亟待解决的重要问题,还需要制定统一的技术标准和推动系统互联互通,用于提升数字化医疗技术的应用效果。再比如游戏产业,长期以来,社会各界更多关注电子游戏的娱乐属性,而忽视游戏的科技意义。实际上,游戏从诞生起就与前沿科技密不可分,当代游戏产业不仅仅是计算机技术发展的受益者,也是技术发展的孵化器和推进剂。中国科学院研究团队发布的《游戏技术——数实融合进程中的技术新种群》研究报告显示,我国的游戏技术对国内芯片产业、5G高速网络产业和AR/VR产业的科技进步贡献率分别约为14.9%、46.3%和71.6%。但与美日等游戏产业强国相比,我国的游戏技术仍处于并行并跑的发展阶段。随着经济的发展和科技的进步,游戏产业作为数字经济重要组成部分,凭借其蓬

勃的发展态势,有助于实现数字技术与实体经济深度融合,更好地引导新一代信息技术等相关产业的健康可持续发展。

4 结论

本文通过辨析产业共性技术、产业关键技术、产业关键共性技术的概念和特征,得出产业关键核心技术的本质特征是重要性、通用性、基础性、瓶颈性。构建了产业共性技术领域的识别方法和关键技术特征指标的测度方法,并选取新一代信息技术产业为例,基于全球PCT专利数据简单划分产业技术发展阶段,在技术领域共现网络中利用社区发现算法识别了产业共性技术领域,进一步根据技术主题共现网络的节点拓扑结构特征遴选出关键技术主题,从而形成最终的产业关键共性技术清单。

本文研究通过两个共现网络的结构特征揭示技术领域之间、技术主题之间潜在的关联关系,从专利文献内容和产业技术发展规律两个方面综合考量,确保了遴选方案的合理性和可靠性。另外,在构建网络之前先从全部专利数据集中筛选出当前阶段的专利数据,这样既能涵盖产业技术创新现状,又能避免与当前产业现状无关的数据参与计算。然而,本文研究成果列出的产业关键共性技术主题清单还需经行业专家解读和验证。在未来研究中,可考虑应用该产业关键共性技术识别体系,研究不同国家或地区之间技术竞争与布局的差异性等问题。

参考文献

- [1] 刘坤. 加强攻关掌握更多独门绝技 [N]. 光明日报, 2020-12-28(009).

- [2] 张劲帆, 李汉涯, 何晖. 企业上市与企业创新——基于中国企业专利申请的研究 [J]. 金融研究, 2017(5): 160-175.
- [3] 刘辉锋. 从 PCT 申请和三方专利指标评价中国海外专利申请实力 [J]. 科技和产业, 2017, 17(7): 146-149.
- [4] 李纪珍. 产业共性技术: 概念、分类与制度供给 [J]. 中国科技论坛, 2006(3): 45-47.
- [5] 马名杰. 共性技术的内涵与评判标准 [J]. 新经济导刊, 2004(22): 74-78.
- [6] 许端阳, 徐峰. 产业共性技术的界定及选择方法研究——基于科技计划管理的视角 [J]. 中国软科学, 2010 (4): 73-79.
- [7] 黄鲁成, 张静. 基于专利分析的产业共性技术识别方法研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2014, 35(4): 80-86.
- [8] 薛捷, 张振刚. 国外产业共性技术创新平台建设的经验分析及其对我国的启示 [J]. 科学学与科学技术管理, 2006(12): 87-92.
- [9] 周永春, 李思一. 国家关键技术选择: 新一轮技术优势争夺战 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1995: 8-9.
- [10] 李建玲, 李纪珍. 产业共性技术与关键技术的比较研究——基于北京市科委资助科研项目的统计 [J]. 技术经济, 2009, 28(6): 11-17.
- [11] 杨艳萍, 董瑜, 韩涛. 基于专利共被引聚类和组合分析的产业关键技术识别方法研究——以作物育种技术为例 [J]. 图书情报工作, 2016, 60(19): 143-148.
- [12] 唐晓华, 景文治, 张英慧. 人工智能赋能下关键技术突破、产业链技术共生与经济“脱虚向实” [J]. 当代经济科学, 2021, 43(5): 44-58.
- [13] 赵彦飞, 王孝炯, 王丽. 国家关键技术选择: 三维综合指数方法研究 [J]. 科学学研究, 2021, 39(6): 1015-1025.
- [14] 袁思达. 技术预见德尔菲调查中共性技术课题识别研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2009, 30(10): 21-26.
- [15] 于晓勇, 尚赞娣, 李金林. 基于技术预见德尔菲调查的共性技术课题选择方法研究 [J]. 数学的实践与认识, 2011, 41(4): 64-68.
- [16] 虞锡君. 产业集群内关键共性技术的选择——以浙江为例 [J]. 科研管理, 2006(1): 80-84.
- [17] 栾春娟. 战略性新兴产业共性技术测度指标实证研究 [J]. 中国科技论坛, 2012(6): 73-77.
- [18] 栾春娟. 网络中心性指标在技术测度中的应用 [J]. 科技进步与对策, 2013, 30(3): 10-13.
- [19] 杨武, 杨大飞. 基于专利数据的产业核心技术识别研究——以 5G 移动通信产业为例 [J]. 情报杂志, 2019, 38(3): 39-45.
- [20] 王山, 谭宗颖. 技术生命周期判断方法研究综述 [J]. 现代情报, 2020, 40(11): 144-153.
- [21] 蔡爽, 黄鲁成. 面向技术战略的专利分析方法述评 [J]. 技术经济, 2008(6): 36-39.
- [22] PELEG M, CORRADINI M G, NORMAND M D. The logistic (Verhulst) model for sigmoid microbial growth curves revisited [J]. Food Research International, 2007, 40(7): 808-818.
- [23] 孙玺菁, 司守奎. 复杂网络算法与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 223-225.
- [24] TAKASHI I, MARIAGRAZIA S. ICT: A new taxonomy based on the international patent classification [EB/OL]. (2017-02-18) [2022-12-01]. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/ict-a-new-taxonomy-based-on-the-international-patent-classification_ab16c396-en
- [25] 赵莉晓. 基于专利分析的 RFID 技术预测和专利战略研究——从技术生命周期角度 [J]. 科学学与科学技术管理, 2012, 33(11): 24-30.