

doi: 10.19920/j.cnki.jmsc.2026.06.001

# 产业链供应链网络的构建与分析<sup>①</sup>

## ——SPOT 框架

吴肖乐

(复旦大学管理学院, 上海 200433)

**摘要:** 传统对产业链供应链生态网络的分析多基于产品和服务等的供应关系, 然而企业间的链接除了供应关系, 还包括股权投资和技术合作等。对企业股权网络的穿透分析有助于判断企业代表的利益、供应的稳定性与可靠性; 对于技术网络的分析则可以前瞻性判断企业的技术潜力、技术的替代性等。为了更全面地分析产业链供应链生态网络, 本研究提出了基于供应网络、产品网络、股权网络、技术网络的 SPOT 框架, 以指导产业链供应链网络的构建。现有的研究和应用多基于一张网络, 而 SPOT 框架强调四张网络的链接与融合分析。本研究阐述了 SPOT 框架构建所需的数据来源、构建方法, 其中宏观产业层级的应用以及微观企业层级的应用。此外, 本研究也探讨了 SPOT 框架对于学界研究的启发意义。

**关键词:** SPOT 框架; 产业链供应链; 生态网络; 供应网络; 产品网络; 股权网络; 技术网络  
**中图分类号:** F270.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2026)06-0001-14

## 0 引言

从 VUCA (volatile, uncertain, complex, ambiguous) 到 BANI (brittle, anxious, non-linear, incomprehensible) 的演进, 精炼概括了当下人们对于世界特征的认知变迁。在 BANI 时代, 信息的多样性和复杂性、事物发展的非线性, 使得人们难以把握和理解世界的真实情况和全局状态, 容易产生焦虑感。

2020 年初, 新冠疫情爆发, 乘用车的销量大幅下降, 导致很多车企开始降低零部件订购量, 包括芯片。芯片在现代汽车中被广泛应用。传统燃油车通常需要 500 颗~700 颗芯片来满足其基本功能, 如发动机控制、刹车系统、安全气囊等。新能源汽车由于智能化技术的广泛应用, 其芯片需求量通常在 1 000 颗~2 000 颗, 一些高端智能车型需求量可能超过 2 000 颗。2020 年秋季, 汽车销量回

弹, 很多企业受 JIT 理念影响, 在芯片的订购上并不积极或及时, 成为随后芯片危机的诱因之一。芯片危机的一个重要原因是供应链的复杂性和不透明。汽车制造商并没有及时了解上游芯片供应相关企业(包括芯片设计公司、制造厂和分销商)的供应网络关系和它们的库存和产能情况。这些不透明导致汽车制造商希望获取更多芯片时, 发现上游芯片公司的库存或者产能已经承诺给消费电子行业。构建供应网络(包括多级上游供应商和多级下游客户)对于企业更清晰地认识供应链生态、识别关键供应风险和卡脖子环节具有重要意义。

供应网络的节点是企业, 有向连边表示上下游的供应关系。当今供应链已经演变为具有异构节点、不确定结构和动态交互的大型复杂网络系统, 需要企业、工业部门和国家等从更广泛的视角进行规划、协调和管理<sup>[1]</sup>。供应网络的复杂性主

① 收稿日期: 2024-09-08; 修订日期: 2025-11-07。

基金项目: 国家自然科学基金资助重大项目(72293560/72293565); 国家自然科学基金资助杰出青年科学基金项目(72025102)。

作者简介: 吴肖乐(1984—), 女, 浙江乐清人, 博士, 教授, 博士生导师。Email: wuxiaole@fudan.edu.cn

要源于内外部环境的各种不确定因素带来的动态变化.例如,从内部环境看,系统中某个企业的发展战略调整、技术改革等方面的行为将带动网络整体的动态变化.从外部环境看,国际形势的变化、突发自然风险灾害等环境变化也会对供应网络的运作和发展产生巨大影响.因此,需要从复杂自适应系统的角度去认识和管理供应网络<sup>[2]</sup>.

对于一个行业而言,清晰整理行业中涉及的重要零部件、产品、机器等设备,以及它们之间的关系是了解这个行业的基础.以光伏行业为例,从“硅料-硅片-电池片-组件”四大核心环节入手,系统梳理各环节中不同技术路线的产品(如P型电池PERC和N型电池TOPCon、HJT),以及其它关键零部件(如光伏逆变器、支架系统等),是开展产业链供应链研究的起点.

产品网络展示产品之间的生产组成关系.比如在产业层面,产品网络展示了一个产业涉及的所有产品的上下游组成关系.产品网络是动态更迭的,原因是新技术对老技术的替换.为了研究产业发展和技术进步的规律,从而为政府的创新激励产业政策提供指引,一张覆盖关键产品、结构明晰的产品网络不可或缺.

供应网络和产品网络互为补充,两者之间存在链接关系.比如,一家企业往往生产多种产品,一个产品往往由多家企业生产.所以供应网络上的企业节点和产品网络上的产品节点存在多对多的映射关系.两张网络的链接,将形成一个立体的网络群.

企业强化与供应链伙伴之间的合作的一种形式是股权投资.例如,丰田持有许多供应商的股份,这种股权关系增强了双方的合作和信任,确保了供应链的稳定性和协调性.此外,企业选择供应商时偏好与其存在股权关系的供应商还可能出于在集团内部转移利润,减少税负考虑.这展现了供应和股权之间的交织关系,认识到背后的股权网络才可能更好地理解企业的行为.

股权网络指通过公司、股东以及其他利益相关者之间的股权持有关系构成网络结构.这种网络揭示了公司之间的所有权关系、控制权情况.穿透股权网络可以分析诸多重要的信息,如公司的

最终受益人和控制权分布.对供应链生态中的企业进行股权网络分析可以揭示供应链成员背后所代表的利益,以及成员之间的利益关系.例如,很多制造企业对其部分经销商具有一定的股权投资.股权关系网络在研究供应链时较少被考虑,然而在当今国际政治经济环境高度不确定的背景下,企业的国别属性在出口管制、跨境投资、产业政策适用性等方面都产生重要影响.穿透股权网络去分析企业的国别属性近年来受到了更多关注.

在产业链供应链中,上下游企业之间除了资本维度的合作,还可能存在技术层面的合作.例如苹果与其供应商康宁公司合作研发了用于iPhone屏幕的Gorilla Glass,一起申请了多项专利.处于同一供应链生态中的企业之间的技术合作往往针对它们业务涉及的产品或服务,可充分发挥双方的技术互补优势,直接服务它们在技术创新方面的需求,同时增强双方在市场中的竞争力.刻画产业链供应链中的技术合作关系、技术影响路径、技术发展趋势则需要相应的技术网络.

技术网络可以是基于公司之间的技术合作(如R&D和专利合作),也可以是基于专利引用网络来体现公司之间的技术依赖、技术影响力、技术扩散与转移等.例如,通过分析竞争企业之间的专利引用关系,可以了解它们在该技术领域的竞争动态和技术创新路线;对供应链生态中的企业进行技术网络分析可以揭示企业的技术实力、发展潜力,以及供应链成员之间在技术维度的相互联系.

上面的讨论揭示了,了解产业链供应链生态网络,仅仅关注供应关系是远远不够的,一个包含多维度的框架至关重要.基于上述讨论体现的产业链供应链的重要维度,并结合现有数据的可获得性,作者首次提出一个基于四张网络的洞察产业链供应链的SPOT框架:S(supply network)、P(product network)、O(ownership network)、T(technology network).SPOT网络框架如图1所示,其主体的四张网络分别从企业供应关系、产品组成关系、股权关系、技术网络关系四个维度对供应链生态进行分解展示.同时,SPOT框架尤其重视网络之间的链接,两两网络之间存在映射关系.

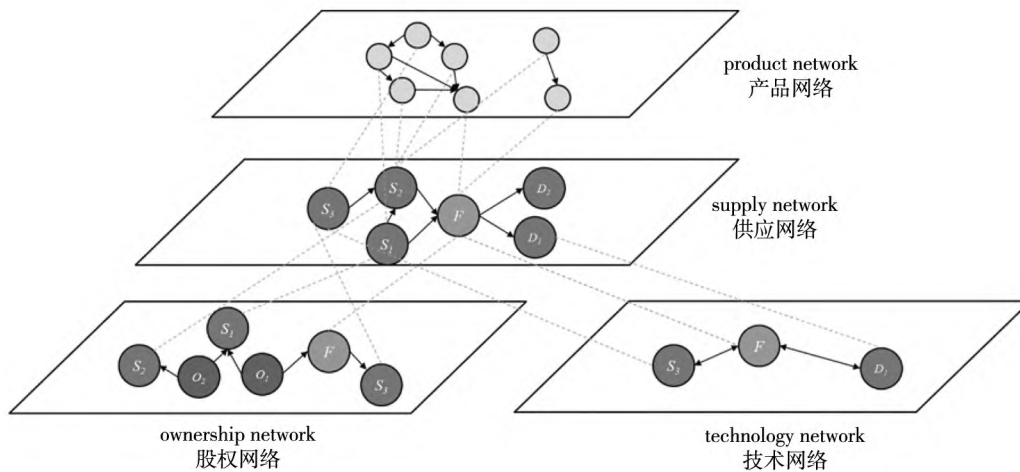


图 1 SPOT 框架示意图

Fig. 1 SPOT framework diagram

研究产业链供应链生态为什么需要框架性视角,联合应用多张网络?多维度联合考虑能带来什么实践价值和学术价值?这些是本研究要解决的主要问题。

每一张网络作为单一的研究或考虑对象,在文献和实践中已有一些研究和应用,然而极少文献考虑多张网络的联合应用。但在现实产业链供应链环境中,为了解决一个问题,往往需要整合多张网络的信息,并且应用这些信息之间的关联性。例如,为了识别一个关键行业对于外资供应和外资技术的依赖程度,只有供应网络是不够的。原因是供应网络只能提供供应商信息,但是这些供应商的资本背景,仅凭公司名称通常难以识别。这时,需要分析股权网络了解这些企业的资本属性和国家背景。此外,这两张网络还不足以揭示哪些产品、哪些技术是短板。因而,还需要产品网络和供应网络的链接,了解哪些产品的供应依赖外资,以及产品网络和技术网络的链接,了解哪些产品在技术上中资和外资的差距较大。上述问题体现了使用四张网络(SPOT)的必要性和价值。

在其它一些问题中,不一定用到全部四张网络,但是可能需要其中的某几张网络。例如,当希望更精准地了解中美贸易链接的紧密程度时,仅关注中美之间的供应网络是不够的,因为中资企业近几年积极布局海外市场,在东南亚和墨西哥的中资企业仍然积极参与全球供应链。故除了供应网络外,还可以通过股权网络,识别海外企业中

的中资控股企业,从而更全面地评估中美贸易链接程度。在此问题当中,供应网络和股权网络的联合使用将给出更准确的评估结果。另外一个重要的议题是评估风险事件对产业链供应链的冲击。风险冲击不仅可能沿着供应网络传播,也可能沿着股权网络传播。若仅考虑一张网络,则风险冲击的影响可能被大大低估。原因是沿着供应网络受到影响的企业可能进而通过股权网络影响其它企业。上述的例子皆说明,为了全面理解产业链供应链生态网络,需要将多张网络叠加考虑。在构建和实时监控每一张网络之外,关注网络之间的关联和综合应用尤为重要。

下文文献综述将介绍针对每一张网络的研究现状,并同时指出现有研究在联合使用多张网络方面的不足。进而,介绍 SPOT 框架的构建,包括相关的企业供应关系、股权关系、技术合作关系等数据资源,以及不同网络之间的链接方式。最后,分别从中宏观层面和企业层面,探讨 SPOT 框架所启发的潜在研究机会与实践应用前景。

## 1 相关文献

下面介绍文献中和供应网络、产品网络、股权网络、技术网络相关的工作,并重点关注结合多张网络的工作和现有这方面工作的不足。

### 1.1 供应网络

一些文献借助复杂网络理论探究供应链网络

的结构特征对风险传播、可持续发展、效率、创新等的影响。

在供应网络与风险传播的结合研究方面, Inoue 和 Todo<sup>[3]</sup> 通过对日本近百万家企业的供应网络进行仿真分析, 研究了2011年日本大地震对经济产生的直接和间接影响。结果显示, 灾害传播导致的间接生产损失显著大于直接损失, 特别是在供应商-客户网络具有无标度特性、中间产品难以替代以及网络具有循环复杂性的情况下, 间接影响更加突出和持久。Crosignani 等<sup>[4]</sup> 将2017年 NotPetya 攻击作为准自然实验, 识别网络攻击在供应链中的传播路径, 发现冲击主要向下游传导, 而对上游供应商的影响不显著, 且未观察到向“客户的客户”进一步扩散的迹象。乔小勇等<sup>[5]</sup> 把“反倾销”视作一种外部政策冲击, 探讨其在全球供应网络中的传播机理与级联效应。研究发现, 反倾销对中间产品的贸易抑制作用大于最终产品。Li 等<sup>[6]</sup> 研究了国际农药贸易网络的经济重要性和结构鲁棒性。作者使用九种节点指标(如聚类系数、入度等)来衡量和排序各经济体的重要性, 发现具有更多进口链接的节点更能维护网络的稳定结构。进一步, 文章研究了国际农药贸易网络在三种外生冲击下的结构稳健性。

Malacina 等<sup>[7]</sup> 从供应网络的视角, 研究了不同的网络角色如何影响企业将其增长与碳排放脱钩。研究发现, 具有更密集自我中心网络特征的企业脱钩效果更佳, 而处于中心垄断地位的企业往往表现较差。

一些文献分析了供应网络与生产效率的关系。Kao 等<sup>[8]</sup> 通过社会网络分析研究了供应网络结构与企业层面和供应链层面的生产效率之间的重要关系, 发现企业的高中介中心性( betweenness) 和连通性( connectedness) 通常是有利于生产效率的, 而高接近中心性( closeness centrality) 则相反。Su 等<sup>[9]</sup> 研究了ISO 9001 质量管理体系带来的生产力效益如何受企业所处网络的拓扑结构影响。研究发现当企业的供应网络较为密集且企业处于中心位置时, ISO 9001 带来的生产力效益

更大。

还有一些文献研究了供应网络与企业或组织创新活动的关系。Narasimhan 和 Narayanan<sup>[10]</sup> 研究了组织如何利用供应网络中的知识并将其与自身知识相结合以提升创新绩效。Bellamy 等<sup>[11]</sup> 利用社会网络分析和回归分析研究了390家企业的供应网络结构特征与其创新产出之间的关联。研究发现, 供应网络的可达性( accessibility) 与创新产出呈正相关, 供应网络的互联性( interconnect-edness) 与创新产出之间不存在显著关联, 但是会增强供应网络的可达性与创新产出的正相关性。

上述将供应网络和创新结合的研究并没有将供应网络和技术网络结合, 而只是孤立地从单个企业的创新能力和绩效进行考虑。考虑企业的联合研发, 研究技术网络和供应网络如何交互影响是一个极具潜力的研究方向。

## 1.2 产品网络

产品网络是指以产品为节点, 按照某种逻辑关系连接的网络。在生产供应链中, 最常见的产品网络展示了产品之间的组成关系。Pham 和 Yenradee<sup>[12]</sup> 引入了结合过程网络( process network) 和物料清单( BOM) 的混合概念模型, 提出了一种新的生产供应链网络设计建模方法以综合考虑多层次、多产品结构和制造流程等特征。Cinelli 等<sup>[13]</sup> 将多个不同产品的物料清单整合成一个复杂网络, 通过中心性等度量分析可识别出网络中的关键零件和高相似度零件, 然后利用品种精简计划消除潜在的冗余产品变体。Siegfried<sup>②</sup> 指出基于物料清单的遗传算法可以降低供应链网络的复杂性。

这些工作使用了供应链的产品网络, 并从概念上尝试结合供应关系信息。然而这些工作还没有将产品和具体企业进行链接, 也并没有给出具体的供应网络。Cinelli 等<sup>[13]</sup> 仅用产品网络去识别关键零件, 而如果将供应网络结合应用, 则可以从生产某一零件的企业的稀缺性或者企业所在地理位置的同质化等, 来判断零件的风险。结合产品网

② Siegfried P. Optimization of supply chain network using genetic algorithms based on bill of materials[J]. 2021, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3980108>.

络和供应网络,并使用企业的地理位置、技术等信息,还可以分析某一地理区域在产业中的位置。具体而言,这些功能如何实现,需要哪些方法和算法,是极具现实意义的研究问题。

文献中也有考虑产品之间的其它连接逻辑来构建产品网络。例如,产品网络通过顾客的购买行为进行构建,其意义在于发现产品之间的互补或替代关系、同时被购买概率等,以更好地进行销售预测、推荐决策<sup>[14,15]</sup>。Hidalgo等<sup>[16]</sup>提出的产品网络的连边体现了产品之间在生产所需的技术、资本、制度、基础设施等能力禀赋上的相似程度。其核心观点是国家的经济发展不仅取决于其自身的努力和政策,也深受全球产品网络/空间内在结构的制约。国家发展新产业时,应优先选择与现有优势产品邻近度高的领域,这样可以降低转型风险和成本。

### 1.3 股权网络

现有股权网络的文献探讨了最终控股股东的确定、所有权和控制权的集中程度、集团公司对子公司的调整以达到特定目标、风险在股权网络中的传播等。

大公司的股权网络往往比较复杂,因而最终控股股东的确定并非显而易见。La Porta等<sup>[17]</sup>利用27个富裕经济体的大公司所有权结构数据来确定这些公司的最终控股股东。他们对控股股东的定义依赖于特定的投票权占比阈值,即对公司决策投票权的占比超过该阈值的股东为控股股东;若多个股东均满足这个条件,则取投票权更大的股东为控股股东。基于阈值方法的提出可以追溯到Berle和Means<sup>[18]</sup>。洪亮和欧阳晓凤<sup>[19]</sup>构建了包含亿级节点的金融股权知识大图,并提出了多层股权穿透算法和关键股权路径发现算法。金融机构最终股东的国有股权占比是衡量国家金融安全和政治安全的重要指标。

Claessens等<sup>[20]</sup>调查了9个东亚国家和地区的2980家上市公司的所有权和控制权分离情况,发现控制集中度通常随着国家经济发展水平的提高而降低。共同所有权假设(common owner-

ship hypothesis)认为,当大型投资者持有同一行业内多家企业的股份时,这些公司的竞争动机可能会降低。Antón等<sup>[21]</sup>通过理论推导和实证分析,发现企业所有者给管理者提供的管理激励为共同所有权弱化竞争的一个机制。

跨国公司在全球布局多个子公司或合资公司,使其能够利用全球宏观经济波动,将资源或价值链活动从成本高昂的地点转移到成本较低的地点,实现对环境挑战的灵活应对,增加其韧性。Song<sup>[22]</sup>研究了在劳动力成本变化的影响下,合资子公司的所有权变化情况。研究发现跨国公司会对其国外子公司进行灵活的所有权调整,以应对不同国家内部和跨国的不确定性因素。企业集团还可以根据股权网络发挥其控制力。Chen等<sup>[23]</sup>通过结合能源消耗数据和企业集团股权网络信息进行分析发现,企业集团通过将生产转移到其关联企业,减少了近40%的由于能源规制导致的产量下降。针对单一企业的产业政策效果可能因为企业集团内部的股权网络溢出效应而受到削弱。从总体社会福利的角度来看,针对企业集团设计的政策可能是更为有效的选择。

股权网络往往是风险传播的载体。Glattfelder和Battiston<sup>③</sup>对全球股权网络进行了深入分析,阐述了全球经济冲击如何对单个公司及其股权网络结构产生负面影响,并通过影响力指数识别出网络中影响网络韧性的关键参与者。Cao等<sup>[24]</sup>构建了欧洲各国银行间的跨境股权网络,通过分析欧洲债务危机期间的银行数据,揭示了一些国家的流动性冲击如何通过银行股权网络传播至其它国家的银行。

上述研究的开展仅基于股权网络。少数文章结合了股权网络和供应关系数据。如Haw等<sup>[25]</sup>基于1982年—2017年美国买卖双方配对数据,研究了买方在供应商中直接持股对双方财务业绩和运营的影响,发现直接持股能提升买方绩效,但对供应商绩效无显著改善。

结合股权网络和供应网络或产品网络,研究视野将更加宽广。例如,风险冲击可沿供应网络传

③ Glattfelder J, Battiston S. The architecture of power: Patterns of disruption and stability in the global ownership network [J]. 2019, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3314648>.

播,也可通过股权网络传播.对于不同类别的风险,其传播的载体和机理可能存在差别.供应网络和股权网络在历史上一些重要的经济冲击中分别扮演什么角色?它们又是如何叠加影响的?这些问题的解答有助于更加有效地防范未来的重大风险.现有研究考虑了企业在供应网络中的位置如何影响其创新能力,但并未考虑一个企业的创新能力又如何影响其在股权网络中的位置,或者企业在股权网络中的位置又如何进一步影响其创新能力.这些问题同样值得进一步探讨.

#### 1.4 技术网络

技术网络可由专利刻画.专利在创新研究中受到了广泛关注.下面介绍的相关文献探讨了跨国知识流动和创新的规律,专利交易网络的特征等. Ye 等<sup>[26]</sup>基于美国专利商标局的专利数据,运用社会网络分析中的 k-core 和块建模等方法对跨国专利引用网络进行研究,展示了不同国家在国际知识流动网络中的动态角色. Almeida<sup>[27]</sup>通过分析美国半导体行业的跨国公司的专利引用网络,发现其它国家的美国子公司在创新中使用的知识基本来自美国本土专利,且比美国国内企业使用本土专利还要多.这体现了欧洲和韩国企业在美国的投资很多时候是为了弥补其本国在技术方面的不足.向希尧等<sup>[28]</sup>通过分析电力系统相关技术领域的专利申请数据,构建了由 112 家中国企业主导的跨国专利合作网络,发现地理接近性对合作创新程度的影响不显著,而技术接近性对提高合作创新程度有正向影响,但影响较为有限. Huang 等<sup>[29]</sup>基于一种动态视角研究专利交易网络的结构,利用集中度、中心性和链接分布等指标定义网络结构.研究表明,专利交易网络是非密集的、松散的,具有分层结构,呈现无标度网络特征,并显示出成员集群和小世界结构. Cai 和 Tian<sup>[30]</sup>发现若企业进行大量跨领域专利发明,则说明企业的创新速度更快,未来的市场价值、利润和生产率也会更高.

上述文献主要基于专利网络进行分析.近些年,有一些文献将供应网络和专利引用网络或专利信息结合,探究企业创新如何受上下游知识和技术溢出的影响. Hsu 等<sup>[31]</sup>发现,若供应商的专

利引用了更多的客户专利,即从客户处获得的技术溢出增加,则供应商新产品数量和价值往往也增加.此外,当供应商的销售严重集中于其主要客户时,供应商的技术搜索范围缩小,从而阻碍供应商的创新. Chen 等<sup>[32]</sup>发现当供应商搬迁至更靠近客户的位置之后,其新专利引用了更多客户的专利,而且双方的新专利也更加相似,可见供应商搬迁后供应商和客户之间的合作更加紧密. Palit 等<sup>[33]</sup>发现企业与其供应商网络之间的技术距离与企业的创新绩效呈负相关性,企业供应商网络的技术广度与企业的创新绩效呈正相关性.

尽管已有文献结合供应网络和专利网络开展研究,但是相关研究较少,仍有较大探索空间.尤其结合股权网络,将产生一系列新的研究问题.首先,企业与合作研发伙伴更多是通过股权网络产生关联还是通过供应网络?企业投资或并购有时候是出于技术的考虑.当企业增加了股东后,其创新表现是否提升?在中国半导体行业,国家大基金投资对企业的创新合作与专利产出有哪些影响?是否拓宽了企业的合作范围,提高了企业的创新能力?此外,一家企业在股权网络所处的位置在一定程度可能影响企业的创新能力和产出.企业股东或子公司的创新能力及其与企业的技术距离如何影响企业的创新绩效以及企业的技术合作伙伴选择?回答这些问题有助于企业更好地开展创新活动,优化投资和被投资决策.

## 2 SPOT 框架构建及其业界价值

SPOT 框架的构建不仅需要考虑每一张网络,还需要考虑网络之间如何链接.网络之间的链接是 SPOT 框架发挥更大作用的关键.下面首先介绍每一张网络构建的方法和数据来源,及其在业界的价值;然后探讨网络之间的链接方式.

### 2.1 供应网络

构建供应网络面临的主要挑战是非直接供应商和客户的信息难以掌握.解决该挑战主要有两条路径:一是通过与直接供应商和客户的信息共享,获得更上级供应商或者更下游客户的信息.这个方法的可行性取决于企业之间建立的互信关系

和核心企业对其供应商和客户的影响力。二是通过第三方的数据资源。当下,国内外数据提供商,如 FactSet 和合合信息等均提供从一些公开渠道获取的供应关系数据。例如,于 2024 年 4 月 18 日进行查询,FactSet Revere 数据库汇总了华为公司现有的 332 家供应商,189 家客户,而这些供应商和客户的信息同样在数据库当中有不同程度的披露。Panjiva 数据库提供海关提单级别的数据,包含供应商、客户,以及产品的信息,是获取跨境供应关系的一种方式。

第三方数据公司提供的供应关系数据往往很稀疏。因而从产业视角,构建的供应网络往往连通性差。然而在一些研究问题中,若对网络拓扑结构依赖少,而是只需要两两之间的供应关系,则公开数据能够较好地满足需求。从实践角度而言,尽管供应网络很难做到完备,但是其中一些关键的节点企业和链条如果能纳入并实时监控,仍能带来多方面的作用和价值。

供应网络将带来不限于如下几个方面的作用: 1) 助力企业开展针对性的跨供应链层级的信息分享; 2) 助力企业识别供应和交付环节的关键特征和节点。若某一层级的多个供应商共同依赖上游层级少数几家供应商,则上游层级供应商一旦出现问题,将影响到多个下游企业。这些关键节点的识别有助于企业更好地进行风险管理。同理,通过判断特定产品的供应商的地理集中度,有助于评估供应风险; 3) 助力企业寻找或开发新供应商、新渠道。当企业的某一级供应商或客户由于自然灾害或其它政治经济因素导致供应或者分销困难,在产业层面的供应网络上,企业可以快速找到替代供应商或渠道。若无法找到供应商时,企业可以快速链接到二级供应商,并从二级供应商中找到最具潜力的可以往下游延伸的供应商。此外,供应网络还有助于寻找特定地区、贸易通道或产品类别中活跃的潜在客户。在企业的实践中,基于不同的需求会挖掘出更多的应用场景。

下面通过具体的情境说明上述几个方面的作用。针对波音 787 交付延误问题,若波音公司可以

提前与它的非直接链接的供应商分享其交付需求,则远端供应商可以更好地备货,这也许能有效避免其波音 787 客机因为紧固件的缺失而导致的严重交付延误。很多原材料零部件,越到上游,供应越集中。例如,汽车芯片对质量和可靠性要求极高,主要依赖少数几家国际巨头,如英飞凌公司、瑞萨电子公司、德州仪器公司等。汽车制造商为了提高芯片供应的韧性,应穿透供应链,关注这些上游非直接供应商的产能和供应情况。2021 年,耐克越南代工厂由于疫情发生供应中断,耐克公司通过跨层级寻找更上游供应商,供应鞋用特殊材料,保障原材料供应的稳定,在一定程度上缓解了供应链中断危机。

## 2.2 产品网络

产业层级的产品网络构建,需要一定的专业知识,完全凭人的经验知识去构建整个产业的产品网络难度较大,因为一般的专业人员可能只了解局部的产品和零部件关系。故利用产业数据和智能化的方法不可避免。大语言模型的出现为产业层级的产品网络构建提供了可行性。在完全无行业知识的情况下,作者团队(林祺云等<sup>[34]</sup>),依赖企业年报、电话会议纪要、公告等文本,通过自然语言处理和系统化的大语言模型提示词工程构建了高质量的光伏行业产品网络和电缆产品网络。

产品网络和供应网络联合使用具有但不限于如下几个方面的功能: 1) 了解生产一个产品的供应商数量,判断一个产品的市场竞争强度,帮助企业商务谈判中更好了解议价能力; 2) 助力企业发现新的商业机会,开拓新的市场领域,比如跨界合作、垂直一体化战略、增值服务等方式; 3) 通过明确产品间的组成关系,增强企业间的协同效应,形成产业链上下游之间的有效配合,提升整个产业的运作效率,同时帮助企业发现交叉销售机会,通过捆绑销售或推荐相关产品增加销售额; 4) 帮助政府更准确地把握产业发展态势,有助于各级政府了解本区域内的某产业布局,本区域和外区域的链接关系,制定和实施有针对性的产业政策、提供有效的产业支持。例如,经过分析,上海普陀区共有生命健康企业 2 914 家,全产业链布

局基本形成,初步测算产业规模约600亿元。基于此,普陀区规划在健康产业链供应链上发力,推出相应产业政策、做大产业总量<sup>④</sup>。GE医疗公司通过产品链条延展分析,认识到AI成像技术与其CT、磁共振等设备的协同效应,积极与人工智能驱动的健康信息技术公司(如DeepHealth)合作,并同时致力于培育相关的AI供应商。

### 2.3 股权网络

国内公司的股权网络通过国家企业信用信息公示系统或者第三方数据提供商可以较完整获得。全球股权网络的获得相对更具挑战,涉及一个特定国家的股权网络可以到各国工商信息官方网站获取;跨境公司的股权关系链接还可能面临语言匹配的问题。由于目前国内企业出海需求增长迅速,很多数据公司在全球股权关系的整理方面投入资源。但是海外非上市公司的股权信息获取相对困难。以美国为例,上市公司的股权信息可通过Capital IQ、Orbis、Bloomberg等数据库获取,而非上市公司通常不需要公开披露财务和股权信息,故相关信息较难获得。

股权网络具有但不限于如下几个方面的功能:1)通过穿透多层的股权分析,从一个公司投资其它公司的情况,可得知该公司对某一特定产业的控制力。同时,从一个公司被哪些公司所投资,可得知该公司所代表的利益群体,以及其实际控制方;这有利于判断在特定危机下,该公司可能会采取的措施,以及作为合作伙伴,该公司的可依赖程度;2)可分析产业的资本聚集度、竞争程度。透过多层股权分析,若少数几家实体控制了一个产业的大部分公司,则说明该产业的资本聚集度高,市场竞争程度低。这些信息有助于更好地做投资决策。往往投资者倾向于规避具有过于复杂的股权网络的公司;3)风险可通过股权网络进行传播。一家公司的财务危机会影响到它的多级股东公司或它所投资的公司,进而可能影响这些公司的财务状况和稳定性。股权网络有助于及时识别这种风险的传播路径;4)从业务运营层面看,若

了解供应商或者客户和企业的股权关系,员工可以更好地判断企业和业务伙伴的合作紧密程度,有助于商务谈判。

股权资本属性的重要性在诸多案例中体现。2016年11月,中资背景的Canyon Bridge Capital Partners收购美国最大的半导体生产商之一Lattice Semiconductor,被美国外国投资委员会(CFI-US)以“国家安全”为由先后三次否决,最终于2017年9月,美国总统特朗普发布行政令,禁止相关收购。在资本聚集度方面,一个典型例子是迪士尼公司通过多层股权结构和并购,控制了大量的媒体和娱乐公司,如Pixar、Marvel、Lucasfilm、ABC、Hulu等。通过股权网络的风险传播,也应是企业监测的重点。软银发现其投资的共享办公公司WeWork因管理问题和市场环境变化面临估值暴跌风险时,迅速调整投资策略,减少对该公司的敞口,以降低风险通过股权网络传导至软银的其他科技投资组合的可能。

### 2.4 技术网络

技术网络的构建可以利用两方面的数据:专利数据、合作研发数据。通过专利合作信息(发明人之间合作、专利权受让人之间的合作)、专利引用信息、合作研发信息,可以构建一个技术网络。专利数据可获得性好,可通过官方机构(如WIPO、CNIPA、USPTO等)获得相应的专利数据,也可以从第三方专利数据公司获得。一些深耕多年的专利数据公司覆盖了数百个国家的专利数据,且对专利信息进行了提取和再加工,信息查询较方便。企业的合作研发信息在上市公司的年度报告中会有披露,一些数据库已将 these 信息进行较好的整理。

技术网络具有但不限于如下几个方面的功能:1)专利合作网络的分析有助于揭示知识流动的路径和效率,了解不同企业在知识传播中的作用和地位,识别出哪些技术领域是热点,哪些技术领域正在崛起,为企业的创新提供重要信息;2)通过分析不同地区在专利合作网络中的地位和作用,可以了解技术创新的地理分布特征和区

<sup>④</sup> <https://export.shobserver.com/baijiahao/html/866551.html>

域间的技术合作情况,为政府制定相关政策提供依据,如促进特定技术领域的创新,加强产学研合作的激励机制设计等;3)将技术网络和供应网络联合应用,了解供应商或者客户在技术方面的积累和创新能力,为企业选择合适的对象进行合作或投资提供决策依据。

例如,对于量子计算领域,通过专利分析,可以了解该领域的主要技术方向,如量子处理器、量子算法、量子纠错、量子通信等。同时可以看到国内外在该领域活跃的公司和机构,以及它们之间的合作关系。专利导航技术则为企业寻找技术空白和投资领域提供指引。例如,郑州三华科技实业有限公司于2024年借专利导航技术,精准识别智能调色技术领域自动化设备技术的走向与空白点,凭借具有自主知识产权的调色设备技术,解决了行业内的世界性难题,产品市场占有率在国内外得到迅速增长<sup>⑤</sup>。作者在与一大型能源央企合作过程中,通过专利网络分析同一产品的不同供应商的技术差距,从而识别有潜力的国内供应商。

## 2.5 数据概览

图2总结了四张网络构建可用的数据。从图2中可见,某些数据源可以用于构建多张网络。例如,FactSet包含的供应关系数据可以用于构建供

应网络,而其包含的公司之间的合作研发数据则可以用于构建技术网络。合合信息包含的供应关系数据可用于构建供应网络,其具有的股权关系数据可用于构建股权网络。从图2中可见,产品网络没有现成的数据库可提供。尽管某些行业分析报告会提供产业产品图谱,但其在完备性与颗粒度上往往难以满足深度研究或实践的具体需求。为此,基于大语言模型构建的产品网络,旨在弥补这一局限,为后续应用SPOT框架提供关键的基础设施支持。

多个数据源之间也存在一定的交叉关系。FactSet中包含的供应关系数据涉及的企业有国内企业和国外企业,合合信息中的供应关系数据主要是国内企业;在国内企业层面,两者的供应关系数据会有一些交叉。Panjiva海关数据提供了企业级别的跨境提单数据,而联合国贸易数据则提供了产品级别的跨境贸易数据。Panjiva中不同国家提供的海关数据的全面性不一致(如是否包含所有的海运、陆运、空运数据),故Panjiva加总的数据和联合国贸易数据可能存在一定出入。在专利数据方面,Google Patent数据适用于全球范围内的专利检索,涵盖了WIPO、CNIPA、USPTO、EPO等主要专利局的数据。

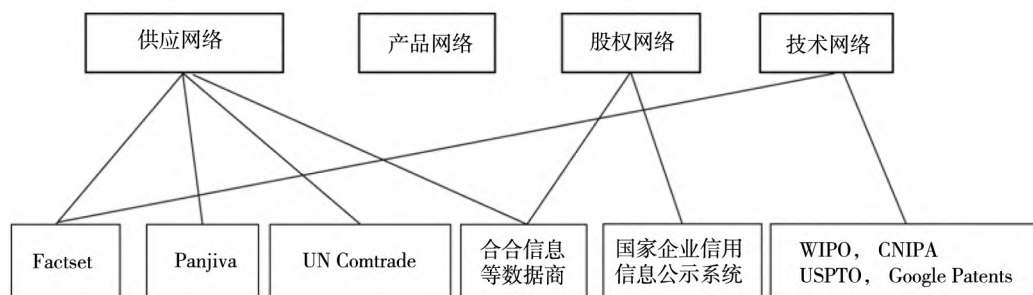


图2 构建四张网络的典型数据库

Fig. 2 Typical databases for constructing the four networks

## 2.6 网络链接

供应网络和产品网络的链接是非常自然的,因为供应关系涉及到供应的产品。图1展示的SPOT框架示意图中仅仅将每一家公司和其生产的产品链接起来。但一家公司可能生产多种产品,

该图并没有展示两家公司若有供应关系,其供应的具体产品有哪些。更细致的供应网络和产品网络的链接应该体现供应的产品信息,这对于诸多分析都非常必要。例如,识别一个产品的供应网络中具有供应风险的关键原材料,评估产品原材料

<sup>⑤</sup> <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1825164775319937215&wfr=spider&for=pc>

的供应韧性时,需要每一对供应关系所对应的产品信息.在实践中,一个类型产品可能有多个供应商供应,此时不同供应商供应的产品在质量、性能等维度需要更多的标签.而这些供应商之间的技术水平差距、可替代程度等则可以通过技术网络分析进行判断.

供应网络和股权网络直接通过公司进行链接.例如,通过这个链接,可以分析供应商背后的资本信息,来了解供应商在关键时刻所代表的利益以及供应的可靠程度.此外,通过股权网络可分析供应网络中的上下游企业是否存在控股关系等.这两张网络由于通过公司直接链接,因而在信息存储维度无需创建额外的链接信息;在分析的时候,根据分析的目标,可针对性地提取特定公司在两张网络中的信息.

技术网络由于存在多种可能的构建方法,其与供应网络或者股权网络的链接取决于技术网络的特征.若技术网络为公司之间的合作研发网络,则技术网络的节点为企业;而供应网络或者股权网络的节点同为企业,故这几张网络的链接可通过企业直接关联.若技术网络为专利网络,则分为几种情况.若专利网络是基于共同申请人构建的专利合作网络,则技术网络的节点是公司、科研机构或个人,则供应网络/股权网络与技术网络的链接亦可通过企业直接关联.若是专利引用网络,则技术网络的节点通常是专利,供应网络/股权网络与技术网络的链接可基于专利的申请人或受让人为供应网络/股权网络中的相关企业.

产品网络和技术网络也有可能链接.若技术网络为公司之间的合作研发网络,则技术网络中合作研发的产品可能是产品网络中的节点,从而两张网络可关联.若技术网络为专利网络,则可将产品码(product code)对应到国际专利分类号(IPC),实现产品网络和技术网络的链接.

### 3 基于 SPOT 框架的未来研究和应用

企业构建 SPOT 四张网框架是对供应链生态系统的一个全面梳理的过程.通过 SPOT 四张网的构建,可以去多维度分析,如风险的分析、

监测指标的构建、风险的冲击仿真、结构的优化,以及冲击后的生态重构工作.没有对生态系统的全面梳理和构建,则较难开展系统有效的监测、仿真、优化工作.

现有的研究基本使用一张网络开展相关的探索.极少数研究工作已经尝试联合使用两张网络.比如联合使用供应网络和技术网络来研究供应关系特征对创新的影响.然而股权网络目前较少和其它网络结合使用来研究相关问题.在未来的研究和应用中,尝试使用多张网络从而获取更全面的信息往往有助于做出更合理的决策.下文从中宏观和微观两个层面探讨 SPOT 网络框架的可能应用.

#### 3.1 中宏观经贸和产业层级应用

在百年未有之大变局下,中美贸易关系跌宕起伏,全球供应链格局正在经历快速重构.如何及时全面地了解各国之间的贸易关系,各国企业之间的合作状况,各国在产业中的位置?深度分析 SPOT 网络框架,可以多维度了解现状.首先,在美国积极推动对华“去风险”的各种措施下,中美经贸脱钩的程度为政府和相关企业所关注.基于供应网络,贸易数据确实揭示了中国出口美国占中国总出口的份额有显著下降.然而中国企业在应对美国对华关税和各种贸易壁垒的过程中,积极布局全球供应链,在东南亚、墨西哥等地的产能布局在多大程度上弥补了中美两国的直接贸易是政商两界都极为关注的问题.通过全球供应网络的分析,并借助股权网络识别海外企业的国别背景(例如一些东南亚企业或墨西哥企业是否属于中资控股),可以比较客观地回答这个问题.

此外,在美国推行的对华“小院高墙”策略下,中国与其它国家在科技研发领域的国际合作受何影响是需要持续关注的重要方面.通过技术网络的分析,可以了解跨境人员和跨境企业的科技研发合作情况,了解不同行业的国际科技合作和国内科技合作的演变情况.例如,国际科技合作是否有所减少,减少的领域是否被国内科技合作所弥补,哪些领域的弥补较为困难.基于技术网络的相关研究可为政府制定针对性的研发激励政策提供决策依据.

除了直接的科技研发合作,并购也是企业实现技术突破和相关布局的常用途径.通过分析特

定产业的关键企业股权关系网络,并监测股权网络的变化。结合企业所拥有的专利等技术信息,可以了解该产业在全球的分布以及各国对相关技术的掌握情况。近年来,我国高新技术企业受到海外资本的青睐。具体而言,不同行业均出现了高新技术企业被海外资本收购的情况。国内生物医药公司接连被海外资本收购。如 2023 年 12 月,药企巨头阿斯利康公司以 12 亿美元的价格收购中国生物技术公司巨喜生物集团。2024 年 4 月,丹麦药企 Genmab 以 18 亿美元的高价并购普方生物公司。在化工行业,美国富乐公司于 2022 年宣布收购重庆中科力泰高分子材料股份有限公司以帮助其站稳中国市场。高新技术企业被并购在国际上十分常见。而欧美发达国家对于关键技术的保护十分小心,尤其近年来美国通过穿透股权对具有我国资本背景的企业并购海外高科技企业(尤其如芯片半导体企业)监管十分严格。这个过程中专利网络和股权网络的联合使用是我国政府对相关并购进行监管的有力工具。

对于一些关键产业链,识别产业的薄弱环节和可能的卡脖子原材料和技术对于国家和企业的研发投入决策至关重要。首先依据 2.1 节和 2.2 节提到的方法构建特定产业链的供应网络和产品网络。继而,分析供应网络中所有企业的股权网络,通过股权网络的控股股东分析了解企业的国别属性,即美资、欧资、其它外资,还是中资。对外资占主导的产品或者设备,进而开展技术网络分析,了解中资和外资在技术维度的差距。该分析有助于识别出国内相对薄弱的技术领域和生产能力尚欠缺的关键原材料,进而指导研发投入决策。此外,利用专利网络分析国内哪些供应商的专利和国际领先的生产商的专利相似性高,可识别出具备相关技术能力的国内供应商,进而开展针对性的培育。

### 3.2 企业层级应用

对于一家企业而言,构建 SPOT 网络框架的首要任务是构建相对完备的供应网络。若分析整个经济或者某个产业,尽管第三方数据公司提供的供应关系数据会有较多缺失,但是仍然可以构建一个具有一定规模的供应网络。例如,Inoue 和 Todo<sup>[3]</sup>利用 Tokyo Shoko Research 收集的 Company Linkage Database 构建了一个包含 1 109 549 家

公司和 5 106 081 条供应关系连边的供应网络,最后去掉没有销量信息的公司后,形成了一个包含 887 715 家公司和 3 223 137 条供应连边的网络。该文章继而用日本的投入产出表和企业的销售数据估计供应连边的交易额。尽管供应网络不可能包含所有企业和所有供应关系,但是基于供应网络和相应的产品网络信息,分析经济和产业的一些特征仍然是可行的,比如识别关键环节和薄弱环节,并通过仿真评估可能的冲击事件带来的影响。

然而对于一家企业而言,其有一级供应商和一级客户的信息,但是对于二级或更高层级的供应商或客户信息则较少掌握。第三方数据公司提供的数据往往较稀疏,捕捉到的更上游供应商或下游客户相对较少。尽管此类数据能在一定程度上帮助企业构建供应网络,但仅依赖第三方数据,构建一个相对完备的供应网络则较困难。因而,最主要的渠道仍然是通过供应商或者客户与企业进行信息共享。这里最重要的问题是如何解决供应商和客户的信息共享意愿问题。对于供应商而言,其有些物料的某些采购渠道也是公司的商业秘密。然而往往大部分物料的供应商不止一家,有的供应商在业内比较主流,大家耳熟能详,有些供应商则是公司的独家信息。在这种情况下,企业还是可以积极与供应商沟通,提供那些非敏感的供应商信息。如何提供激励机制,让供应商愿意分享其供应商信息是目前一些链主企业非常关心的问题。比如华为在这个方面做了较多努力和尝试。而对于学界而言,与企业一起考虑信息共享激励机制的设计问题是重要且极具创新性的研究问题。

产业层面的产品网络构建,前面已经介绍基于大语言模型构建了一套算法。而企业层面的产品网络,则是在企业 BOM 表的基础上加上机器设备等信息,其覆盖的范围大小根据探讨的问题而定。供应网络和产品网络的链接比较自然,而重要的问题是供应网络和股权网络以及技术网络如何链接。下面重点探讨这个问题。如前文所述,国内股权数据比较完备,跨境股权关系信息获取尽管挑战更大,但是仍有相关渠道。在供应网络中的企业的股权网络和技术网络是需要重点考虑的。在供应网络中识别出关键节点企业时,对这些企业的资本构成情况的了解有助于评判供应链的韧

性. 通过了解供应网络中企业的技术合作信息, 或许可识别在某个技术领域内的其他企业, 这为开拓或发展新的供应商提供了可能. 此外, 当企业识别出关键供应商和关键技术并希望进行相关投资提升对供应链的把控时, 对企业研发合作和专利信息的深入理解, 有助于企业做出更优的投资决策.

在四网相互链接的 SPOT 网络框架下, 当输入某一种产品时, 系统应该能输出相关的供应网络中的企业信息, 并给出这些企业之间是否存在股权关联(在穿透股权的视角下)和技术合作信息. 此外, 在给定任意的几家公司时, 系统也应该能够识别这些公司之间的股权和技术关系. 这些信息有助于企业更好地了解生态中的企业的关系, 以及某一个产品的资本和技术集中度. 对于这些功能的实现, 一般企业仅凭自身的能力会比较困难, 因为这涉及大量股权与技术信息的获取和维护, 且上述功能的数字化实现也需要较强大的 IT 团队. 因而, 更可行的方式为数据平台公司进行全量的股权数据和技术(专利与研发等)数据维护, 并通过其强大的数据功能实现团队为客户提供灵活的可外接的服务. 因而, 从可行性和效率角度讲, 企业自身所需要维护的主要是供应网络和产品网络, 而股权网络和技术网络可以通过第三方数据平台企业提供.

SPOT 框架若和外部数据链接, 则其价值能够进一步被挖掘. 比如和灾害数据库链接, 则可以及时识别处于灾害地以及影响范围内的供应商和客户, 继而视情况采取相应的应对措施. 若和舆情数据库链接, 当得知某企业具有例如重大财务问题时, 可以通过股权网络或供应网络及时甄别是否和企业或企业所在的供应链生态中某供应商或客户具有关联.

## 4 结束语

SPOT 框架通过供应网络、产品网络、股权网

络、技术网络可以较系统地梳理一个产业或者以一家企业为核心的供应链生态体系. 本研究首先介绍了每一张网络的构建和意义, 并介绍了应用这些网络的相关文献. 最后, 探讨了 SPOT 框架在中宏观产业层级的应用以及微观企业层级的应用.

针对宏观经济或者产业研究, 第三方数据平台公司或机构提供的供应关系数据往往能够满足构建供应网络的需求. 第三方数据服务商收集的供应关系数据往往有较多缺失, 但是因为大企业的信息容易被捕捉, 故缺失的很大一部分可能为小公司的信息. 所以尽管有较多企业和供应关系数据的缺失, 仍然可以利用有限的采用复杂网络等方法对网络的拓扑结构进行分析, 并且结合股权和技术网络对宏观经贸以及产业的现状和走势进行预判. 网络的构建也是后续采用仿真等方法进行风险冲击影响评估的基础.

针对个体企业的应用, 供应网络的构建更具挑战. 为了构建高质量的供应网络, 除了使用第三方数据外, 企业需要考虑相应的激励机制鼓励供应商分享它们的供应商信息. 对于学界而言, 这个维度的机制设计是重要且具有前瞻性的研究议题. 此外, 如何利用大语言模型等 AI 方法对多源异构数据进行处理来完善 SPOT 框架所需要的数据也是极有价值且影响广泛的工作. 这些探索和引领性基础工作将扩展和深化 SPOT 框架可挖掘的信息, 有助于企业更好的了解其供应链生态体系, 促进供应链韧性和安全方面的工作.

SPOT 是一个灵活性高和可延展性强的框架. 其四张网络如何联合应用的逻辑取决于问题和目标. 文中提到的产业和企业层面的应用例子体现了多样化的网络联合应用逻辑. 本研究的有关探讨均在 SPOT 框架内, 在未来的研究和应用中, 通过将 SPOT 框架和外部数据(如风险和舆情等数据)链接, 体现框架的可延展性, SPOT 框架将发挥更大的价值.

## 参 考 文 献:

- [1] Kouvelis P. Paradoxes and mysteries in virus-infected supply chains: Hidden bottlenecks, changing consumer behaviors, and other non-usual suspects [J]. *Business Horizons*, 2022, 65(4): 469–479.
- [2] Choi T Y, Dooley K J, Rungtusanatham M. Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence [J].

- Journal of Operations Management ,2001 ,19( 3) : 351 – 366.
- [3]Inoue H ,Todo Y. Firm-level propagation of shocks through supply-chain networks[J]. Nature Sustainability ,2019 ,2( 9) : 841 – 847.
- [4]Crosignani M ,Macchiavelli M ,Silva A F. Pirates without borders: The propagation of cyberattacks through firms' supply chains[J]. Journal of Financial Economics ,2023 ,147( 2) : 432 – 448.
- [5]乔小勇,吴晓雪,薛蕊,等. 反倾销嵌入全球生产网络的级联效应仿真研究[J]. 管理科学学报,2024 ,27( 8) : 1 – 22.
- Qiao Xiaoyong ,Wu Xiaoxue ,Xue Rui ,et al. Simulation of the cascading effects of anti-dumping embedded in global production networks[J]. Journal of Management Sciences in China ,2024 ,27( 8) : 1 – 22. ( in Chinese)
- [6]Li J A ,Wang L ,Xie W J ,et al. Economic importance and structural robustness of the international pesticide trade networks [J]. Journal of Management Science and Engineering ,2023 ,8( 4) : 512 – 528.
- [7]Malacina I ,Kimpimäki J P ,Arminen H ,et al. Decoupling firm growth from carbon emissions: A supply network role perspective[J]. Journal of Operations Management ,2025: 1 – 22.
- [8]Kao T W D ,Simpson N C ,Shao B B M ,et al. Relating supply network structure to productive efficiency: A multi-stage empirical investigation[J]. European Journal of Operational Research ,2017 ,259( 2) : 469 – 485.
- [9]Su H C ,Kao T W D ,Linderman K. Where in the supply chain network does ISO 9001 improve firm productivity? [J]. European Journal of Operational Research ,2020 ,283( 2) : 530 – 540.
- [10]Narasimhan R ,Narayanan S. Perspectives on supply network-enabled innovations [J]. Journal of Supply Chain Management ,2013 ,49( 4) : 27 – 42.
- [11]Bellamy M A ,Ghosh S ,Hora M. The influence of supply network structure on firm innovation [J]. Journal of Operations Management ,2014 ,32( 6) : 357 – 373.
- [12]Pham T ,Yenradee P. Optimal supply chain network design with process network and BOM under uncertainties: A case study in toothbrush industry [J]. Computers & Industrial Engineering ,2017 ,108: 177 – 191.
- [13]Cinelli M ,Ferraro G ,Iovanella A ,et al. A network perspective on the visualization and analysis of bill of materials [J]. International Journal of Engineering Business Management ,2017 ,9: 1847979017732638.
- [14]Tian Y ,Lautz S ,Wallis A O G ,et al. Extracting complements and substitutes from sales data: A network perspective [J]. EPJ Data Science ,2021 ,10( 1) : 45.
- [15]Lismont J ,Ram S ,Vanthienen J ,et al. Predicting interpurchase time in a retail environment using customer-product networks: An empirical study and evaluation [J]. Expert Systems with Applications ,2018 ,104: 22 – 32.
- [16]Hidalgo C A ,Klinger B ,Barabási A L ,et al. The product space conditions the development of nations [J]. Science ,2007 ,317( 5837) : 482 – 487.
- [17]La Porta R ,Lopez-De-Silanes F ,Shleifer A. Corporate ownership around the world [J]. The Journal of Finance ,1999 ,54( 2) : 471 – 517.
- [18]Berle A A ,Means G. The Modern Corporation & Private Property [M]. New York: Harcourt ,Brace and Company ,1932.
- [19]洪亮,欧阳晓凤. 金融股权知识大图的知识关联发现与风险分析 [J]. 管理科学学报,2022 ,25( 4) : 44 – 66.
- Hong Liang ,Ouyang Xiaofeng. Knowledge association discovery and risk analysis based on financial equity knowledge graph [J]. Journal of Management Sciences in China ,2022 ,25( 4) : 44 – 66. ( in Chinese)
- [20]Claessens S ,Djankov S ,Lang L H P. The separation of ownership and control in East Asian Corporations [J]. Journal of Financial Economics ,2000 ,58( 1) : 81 – 112.
- [21]Antón M ,Ederer F ,Giné M ,et al. Common ownership ,competition ,and top management incentives [J]. Journal of Political Economy ,2023 ,131( 5) : 1294 – 1355.
- [22]Song S. Ownership increase in international joint ventures: The within-and across-country flexibility perspective [J]. Management International Review ,2017 ,57( 1) : 93 – 120.
- [23]Chen Q ,Chen Z ,Liu Z ,et al. Regulating conglomerates: Evidence from an energy conservation program in China [J]. American Economic Review ,2025 ,115( 2) : 408 – 447.
- [24]Cao Y ,Gregory-Smith I ,Montagnoli A. Transmission of liquidity shocks: Evidence on cross-border bank ownership linkages [J]. Journal of International Financial Markets ,Institutions and Money ,2018 ,53: 158 – 178.

- [25] Haw I M, Swink M, Zhang W. The role of direct equity ownership in supply chains [J]. *Journal of Operations Management*, 2023, 69(4): 586–615.
- [26] Ye X, Zhang J, Liu Y, et al. Study on the measurement of international knowledge flow based on the patent citation network [J]. *International Journal of Technology Management*, 2015, 69(3–4): 229–245.
- [27] Almeida P. Knowledge sourcing by foreign multinationals: Patent citation analysis in the US semiconductor industry [J]. *Strategic Management Journal*, 1996, 17(S2): 155–165.
- [28] 向希尧, 蔡虹, 裴云龙. 跨国专利合作网络3种接近性的作用 [J]. *管理科学*, 2010, 23(5): 43–52.  
Xiang Xiyao, Cai Hong, Pei Yunlong. Effect of three kinds of proximity in international patent co-application network [J]. *Journal of Management Science*, 2010, 23(5): 43–52. (in Chinese)
- [29] Huang H C, Shih H Y, Ke T H. Structure of a patent transaction network [J]. *Scientometrics*, 2017, 111: 25–45.
- [30] Cai J, Tian C. Dynamic formation of knowledge networks and innovating firm [J]. 2021, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3783373>.
- [31] Hsu P H, Hui H P, Lee H H, et al. Supply chain technology spillover, customer concentration, and product invention [J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 2022, 31(2): 393–417.
- [32] Chen C, Dasgupta S, Huynh T D, et al. Product market competition and corporate relocations: Evidence from the supply chain [J]. *Management Science*, 2023, 69(9): 5147–5173.
- [33] Palit S, Hora M, Ghosh S. Global buyer-supplier networks and innovation: The role of technological distance and technological breadth [J]. *Journal of Operations Management*, 2022, 68(6–7): 755–774.
- [34] 林祺云, 吴肖乐, 陶涵毅. 一种基于大模型的产品网络构建方法 [P]. 中国申请号: 202511407098.7, 2025.9.29.  
Lin Qiyun, Wu Xiaole, Tao Hanyi. A method for product network construction based on large language models [P]. Chinese Patent Application No. 202511407098.7, 2025.9.29. (in Chinese)

## Construction and analysis of industrial and supply chain networks: The SPOT framework

WU Xiao-le

School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China

**Abstract:** Traditional analyses of industrial and supply chain ecosystems have predominantly focused on supply relationships involving products and services. However, inter-firm connections extend beyond supply relationships to include equity investments and technological collaborations. Ownership penetration network analysis helps assess the interests represented by enterprises, as well as the stability and reliability of their supplies. Meanwhile, an analysis of technological networks allows for a forward-looking evaluation of a firm's technological potential and substitutability. To enable a more comprehensive analysis of industrial and supply chain ecosystems, this study proposes the SPOT framework, which integrates four types of networks: Supply relationship, product, ownership, and technology networks, to guide the construction and analysis of such ecosystems. While existing research and applications often rely on a single network, the SPOT framework emphasizes the interconnection and integrated analysis of these four networks. This study elaborates on the data sources and construction methods required for building the SPOT framework, along with its applications at both the macro-meso levels and the individual enterprise level. Moreover, it discusses the implications of the SPOT framework for academic research.

**Key words:** SPOT framework; industrial and supply chain; supply chain ecosystem; supply network; product network; ownership network; technology network