

内生生产网络的理论发展与中国经济应用展望

王贤彬, 郑希恬

[摘要] 近年来生产网络理论在国内外兴起并广泛应用,成为理解和分析经济系统产业关联现象及政策实施效应的有力工具。随着生产网络模型的纵深发展,网络结构研究逐步向“内生性”方向演进。与固定结构生产网络相比,内生生产网络的模型设定更贴近经济主体的决策能动性和经济运行的动态性。本文对内生生产网络文献展开系统理论总结和应用展望,以期全面深入地理解这一趋势。本文首先就固定结构生产网络模型的均衡结果和经济学内涵进行解读,探究网络嵌入方式。随后,分析较为一般化的联系成本内生生产网络模型和投入产出关系的内生来源,并评述动态化联系成本、将联系视为投资、考虑区位转换成本、简单开放经济情形和广告发放五类重要扩展形式及其适用场景。接着,基于文献发展脉络系统梳理复杂网络、搜寻匹配和投入技术选择三种内生生产网络形成方式,论述各类设定的适用场景和优缺点。进一步地,综述内生生产网络理论建模方法在区域贸易、网络动态和宏观经济等关键领域的应用。最后,结合已有研究文献和当下中国经济情境,提炼中国内生生产网络的研究方向和重大议题,介绍国内现有的相关数据集及存在的问题,为未来应用内生生产网络展开中国经济分析和政策评估提供参考。

[关键词] 内生生产网络; 联系成本网络; 复杂网络; 搜寻匹配; 投入选择

[中图分类号] F124 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2024)12-0043-19

一、引言

2024年12月,中央经济工作会议提出,要以科技创新引领新质生产力发展,建设现代化产业体系,着力实现增长稳、就业稳和物价合理回升的优化组合。这为乘势而上巩固和增强经济回升向好态势作出重要部署。在宏观、中观乃至微观经济联系不断加深的背景下,采用经济学理论研究当前经济形势和破解发展难题,侧重于固定网络结构的传统生产网络分析框架已不能满足要求,培育新动能和更新旧动能、因地制宜发展新质生产力更加需要生产网络、创新网络等视角的理论指引。关注生产网络内在运行原理与变动规律、进一步形成关于中国经济运行更系统的网络理论,不仅有利于中国发挥基础稳、优势多、韧性强、潜能大的支撑条件以促进经济结构调整转型,也是构建“大国

[收稿日期] 2024-09-22

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“中国政府创新目标规划的创新效应研究:理论机制、实证识别与政策设计”(批准号72273052)。

[作者简介] 王贤彬,暨南大学经济学院、中观经济学研究中心教授,博士生导师,经济学博士;郑希恬,暨南大学经济学院、中观经济学研究中心博士研究生。通讯作者:郑希恬,电子邮箱:nancyzhengxt@foxmail.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

经济”、形成产业优势和核心竞争力的重要基础。

近年来,学术界对生产网络进行了大量研究,基于理论模型和实证方法的文献从多个方面论述生产网络在经济活动中的影响力以及网络的异质性特征。借助自然科学领域的分析工具,生产网络的研究方法日益丰富。得益于更多微观企业生产数据集被发现挖掘,学者可以实现生产网络的定量和实证研究,搭建起微观主体与宏观经济运行的桥梁。经过十余年的发展,生产网络研究呈现两大特征:一是横向发展,生产网络研究话题与其他领域交叉融合,为类似于政府行为、贸易冲击、产业动态、资源配置、技术创新等的变化和影响提供更加清晰的逻辑框架;二是纵深拓展,生产网络开始向“内生化的方向深入演化。“内生”指的是在生产网络内部各部门之间的投入产出结构是内生决定的,会随着经济环境和企业活动的变化而调整。与固定生产网络不同,内生生产网络理论具有以下核心优势:①更加贴近经济主体的决策特性。企业可以根据市场条件、成本收益和技术变化等因素来选择投入产出关系,这种灵活性更符合现实经济中企业的决策过程。②能够体现经济的动态性。企业间关系的动态变化本身是一个非常值得研究的话题,这种动态化能够捕捉随时间演化的政策变化、外生冲击等对生产网络的影响,更好地模拟现实世界的经济波动和增长过程。③研究更加微观化。内生生产网络基于微观个体(企业)的行为建模,使得网络结构从个体选择和博弈中形成,捕捉了个体层面的异质性和互动行为,为研究经济的复杂性和不均衡性提供了更加精确细化的工具。

基于近年来不断发展的内生生产网络文献,本文梳理了内生生产网络模型的建模方法和演化逻辑,并讨论相关研究话题和展望中国应用前景。本文分析了固定结构生产网络模型的均衡结果以及经济学含义,总结了内生生产网络理论的发展和建模过程,并将其分成两个部分:第一部分是从固定结构变形而来的联系成本网络,本文讨论在投入产出关系内生选择和形成链接需要承担成本假设下的三种联系成本形成来源和更具应用性的扩展情形。第二部分细化内生生产网络框架,进一步就企业间关系形成过程的建模方法进行系统性梳理。本文首先介绍文献中采用的复杂网络、搜寻匹配和内生投入/技术选择三种企业联系形成理论的建模方式。随后,对内生生产网络的应用话题进行分类探讨,对区域贸易、网络动态以及宏观经济研究领域如何综合运用上述几类模型假设进行综述。最后,针对中国情境中应用内生生产网络理论需要拓展的重要话题和可用数据集的优缺点进行探讨。

本文关于内生生产网络的总结和评述可能有以下边际贡献:①就理论贡献而言,本文介绍的三种内生生产网络中企业关系建模方法呼应了内生理论发展过程。“内生化的经济学理论研究的重要趋势,包括但不限于异质性企业理论、搜寻匹配理论和内生增长理论中的内生进程。内生生产网络既是生产网络理论的拓展,也是企业间关系理论的延续,其为前者提供了网络形成机制和网络结构的动态调整等现实现象的解释,为后者提供全局性的网络视角并有机关联了宏观经济运行规律。②从现有评述性文献看,以往关于生产网络的文献综述基本上就静态的固定网络框架展开评述(Carvalho, 2014; Carvalho and Tahbaz-Salehi, 2019; Baqaee and Rubbo, 2023)。本文重点关注如何从固定形式的模型演变为一般形式的内生化的生产网络模型,就网络结构形成过程进行详细分析,梳理关于生产网络内生结构变化更加全面系统且清晰的发展脉络,结合经济学理论阐述内生生产网络的理论内涵。本文借鉴Lim(2018)、Carvalho and Tahbaz-Salehi(2019)、Dhyne et al.(2023)等文献的分类思路,从各类文献中提出的内生机制整合出关于内生生产网络中应用较为广泛和理论性较强的四种分类。与这些研究不同的是,本文不仅强化了各个分类的理论性和应用性,而且对多个分类进行重新归纳和溯源,梳理和分析各类内生机制的发展脉络。③从中国情境的应用看,由于

中文文献对内生产网络的应用尚未起步,大部分内生生产网络话题的文献使用的内生网络构建方式仍较为单一且未涉及网络内部动态联系的本质,本文有助于为后续的相关研究提供理论参考和思路借鉴,尤其对与中国经济较为相关的研究进行展望,以期拓宽中国生产网络的研究视野、带来更多理论发现和政策启示。

余文结构安排如下:第二部分给出固定生产网络的基本分析;第三部分分析加入内生网络结构的联系成本网络以及拓展情形;第四部分梳理复杂网络、搜寻匹配与投入组合选择三类企业间联系的形成过程;第五部分展示了内生生产网络应用话题;第六部分是中国应用展望和结论。

二、固定结构生产网络

本部分分析固定结构生产网络及其经济学含义。^①考虑一个静态的封闭经济环境,经济体内包含家庭部门、多企业的生产部门,不考虑资本、土地等生产要素和多区域情形。家庭部门为生产部门提供劳动力,获得工资收入和企业利润作为总收入并根据效用最大化原则对不同偏好的最终产品进行消费。生产部门包含垄断竞争市场内的多个企业,企业投入劳动力和来自其他企业的中间品用于常替代弹性(CES)技术形式的生产,根据利润最大化原则选择最优的投入,生产产品销售给家庭部门和其他企业。投入份额体现了投入对生产的重要程度,虽然企业可能内生地选择采用投入数量,但供应商和客户集合是外生的,在没有冲击的情况下不同企业之间的固定生产技术和投入比例以及企业间联系和网络结构不会受到企业决策的内生调整。因此,生产网络的整体结构保持不变,此时网络将存在唯一的均衡解。

企业的均衡产出和利润主要取决于:家庭部门的消费需求、生产部门的自身生产率和采购能力以及下游企业产品需求。在生产侧,当企业自身采购能力或生产技术提高时,均衡产出以及利润提高,此时企业有更大的决策优势,市场势力较强,有利于生产和销售。企业客户的采购能力和生产技术提高将降低企业均衡产出和利润,原因在于当下游获得更大的采购能力和生产技术时,企业面临更激烈的市场竞争,此时相比而言下游更具市场势力,不利于企业的产品定价销售。下游产出和产品份额提高能够提高企业均衡产出和利润,企业对下游而言更加重要,此时企业比下游更具市场势力,有利于产品定价销售。在消费侧,产品定价、消费者总支出和最终产品的重要性提高,消费者产品消费能力上升,此时企业更具市场势力,企业均衡产出和利润将受到正向影响。企业面临的产品需求由两部分组成:消费者的最终产品需求和客户的中间产品投入需求,二者均对企业均衡产出和利润有促进作用。

在固定结构的生产网络框架下,网络的嵌入逻辑为:企业供应商和客户的集合在企业间联系中共同组成了供应商—客户网络中的每个节点,这种供应和销售关系应用于中间产品的投入和产出中,构成了生产网络;众多下游企业通过中间产品投入份额、采购能力、技术水平和产出规模组成的中间产品需求影响上游企业并传递到更上游;众多上游企业通过产品定价、下游企业的中间品投入份额影响下游采购能力从而影响下游企业生产过程并传递到更下游;每个企业都存在自己的供应商集合和客户集合,这些集合组成的节点通过链接将影响传递到网络中的每段投入产出关系。上述过程体现了生产网络的最重要特征是存在非对称的网络传递效应和节点异质性,即外部冲击或波动的传递在上下游之间以及在拥有不同中心性的企业之间的强度存在差异。因此,生产网络中

^① 模型设定及详细说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

的投入产出关系是研究微观冲击影响宏观总体波动和增长的重要机制,能够应用在理论模型中解释类似于核心企业或者产业具有较大影响力的原因、微观冲击如何在不同产业和不同地区之间进行传导以及不同网络结构的异质性影响等重要议题。

三、联系成本网络

本部分介绍内生生产网络结构文献应用与研究最多的一类模型——联系成本网络。该模型的关键思想为:在与其他企业建立或维持联系时,企业需要付出一定的成本,企业根据联系所需成本和收益进行利润调整决策,选择满足利润最大化的供应商和客户,从而内生地决定网络的结构。其在固定网络结构的基础上赋予企业可以自由选择投入产出关系和投入份额的能力,并且施加企业可能需要支付相应的链接成本的假设。在CES生产技术中,一方面,企业增加额外供应商会降低边际成本,提高收益,从而给企业带来更多利润;另一方面,由于企业生产技术具有规模报酬不变的特点,增加客户不会影响供应商的边际成本,而是线性地增加企业的收入。在没有其他条件限制下,企业会无限扩张供应商和客户以获得无限增长的利润,因此,额外限定企业建立和维持联系需要一定的成本,只有维持/建立联系的价值足以弥补成本时,企业才会选择建立和维持关系。

联系成本设定最初来源于贸易领域文献,假设最终产品企业在中间品市场(本地或外地)寻找供应商时需要支付一个固定进入成本,该成本属于企业组织成本的一部分并以劳动力计价。在内生网络结构的固定成本联系文献中,类似地假定发起方需要支付相应的成本,联系发起方不同,则拥有议价能力的经济主体不同。Lim(2018)、Bernard et al.(2022)均假设企业联系由供应商发起,Huang et al.(2024)假定联系成本是由客户承担,Dhyne et al.(2023)讨论当联系由供应商或客户发起时的市场环境,Arkolakis et al.(2023)、Demir et al.(2024)假设双边发起联系,因此,联系成本由供应商和客户共同承担。在该基本框架下,部分文献进行了拓展,使得这类模型与宏观经济理论、区域贸易理论以及搜寻匹配理论结合得更加紧密。

1. 一般情形

(1)客户发起网络。当联系是由客户发起时,联系形成前客户需要在增加一个供应商导致的联系成本增加和投入的边际成本递减之间进行权衡,联系建立的过程可以看作是客户寻找潜在供应商的过程。如果联系发起方是客户,供应商不需要承担联系成本,由于生产规模报酬不变,增加客户数量对于供应商而言总能提高产量和潜在收益,因此,供应商愿意形成下游关系,并提供较低的价格来激励这种关系的形成。由于增加一个供应商会影响其他供应商的采购份额,进而影响企业的边际效益,因此,以联系成本为代价选择供应商导致了一个相互依赖的决策问题,企业无法自由选择。客户具有充分的议价能力,以供应商边际成本购买产品作为投入,而对最终消费端收取垄断加成价格。联系的固定成本与劳动力投入有关,如采购部门。假设发起网络的成本与劳动力有关,对于企业*i*而言,每段与供应商*j*建立的投入产出关系所需的维护成本为 f_{ij} 单位劳动。作为客户的企业发起网络时利润表达式为:

$$\pi_i = \left[(\beta_{iH} P_H)^{\sigma-1} E + \sum_{j \in B_i} A_j^{-1} \alpha_j^{\sigma-1} \Phi_j^{\sigma/(1-\sigma)} y_j \right] (\mu - 1) \mu^{-\sigma} A_i^{\sigma-1} \Phi_i - w \sum_{j \in S_i} f_{ij} \quad (1)$$

在此设定下,供应商的异质性有两个渠道:一是生产投入的异质性。在客户生产函数中, α_{ij} 决定了客户*i*对于来自供应商*j*的中间投入的异质性偏好。二是最终产品需求异质性。根据消费者效用函数, β_{iH} 决定消费者对产品*i*的异质性偏好。客户异质性有两个来源:①固定联系成本的异质性。

网络双方在建立联系时,发起方客户对关系赋予独特的成本代价标识 f_{ij} ,此时客户享有议价能力。②最终产品需求异质性。根据消费者效用函数, β_{ii} 决定消费者对产品 i 的异质性偏好。

(2) 供应商发起网络。当联系是由供应商发起时,联系形成前供应商需要在增加一个客户产生的成本和收益之间进行权衡,联系建立的过程可以看作是供应商寻找潜在买家的过程。如果联系发起方是供应商,客户不需要承担联系成本,由于CES生产技术的特征,增加中间投入种类对于客户而言总能降低生产边际成本提高收益,因此,客户愿意形成上游关系,并接受来自供应商的价格加成来激励这种关系的形成。同理,为了利润最大化,供应商倾向于收取垄断加价:

$$\pi_i = \left[(\beta_{ii} P_{ii})^{\sigma-1} E + \sum_{j \in B_i} A_j^{-1} \alpha_j^{\sigma-1} \Phi_j^{\sigma/(1-\sigma)} y_j \right] (\mu - 1) \mu^{-\sigma} A_i^{\sigma-1} \Phi_i - w \sum_{j \in B_i} f_{ji} \quad (2)$$

同理,供应商的异质性来源有三个渠道:生产投入的异质性、固定联系成本的异质性,以及最终产品需求异质性。而客户异质性仅存在于对最终产品消费者产生的产品供给异质性。

(3) 双方发起网络。假设供应商—客户联系成本由双方共同承担,此时买卖双方均具有议价能力,根据自身最优化策略进行讨价还价和匹配。将采购人员与销售人员 L_f 从企业雇佣劳动 L 中分离出来,在外生网络结构情形中 L_f 视为给定,而内生网络结构中 L_f 是内生变量,企业根据每个合同决定投入的采购与销售人数。劳动力市场出清条件为: $\sum_i l_i = L - L_f$ 。对于供应商(或客户)而言,假设联系成本为 ξ_{ji} (或 ξ_{ij}),则有: $L_f = \left(\sum_{S_i} \xi_{ij} + \sum_{B_i} \xi_{ji} \right) / w$ 。在垄断竞争市场中,利润最大化问题可表示为: $\pi_i = \pi^i - \sum_{B_i} \xi_{i, \max} - \sum_{S_i} \xi_{i, \max}$,其中, π^i 表示企业的生产性收益。

与前面两种类型相比,双方发起网络链接情形下的企业需要支付采购和销售过程中的联系成本,因此,企业同时向上游和下游进行投入产出决策。对于上游供应商,企业考虑中间品购买时的成本和产品生产产量;对于下游客户,企业考虑产品销售带来的收益。由于家庭效用的衡量仅包含参与企业生产的劳动力而不包含联系成本维持人员,上述三种情形与社会最优情况相比,经济的无效率均来源于企业的加成定价以及联系的成本。网络内部会自发形成扭曲,这种扭曲也造成了企业异质性的另一个来源,与固定结构生产网络的不同之处在于:具有相对优势的企业会产生更多的投入产出关系,高质量的企业会更更多地与同样高质量的企业建立联系,而市场地位处于劣势的企业将被剥夺更多的利润和合作伙伴。

(4) 模型评述。在联系成本网络的框架下,企业利润受到不同联系带来的成本的影响,此时存在两个区别于固定网络的要点:①在保持联系的情况下,企业的固定成本增加,平均成本曲线右移,最优利润点和企业关闭点也相应右移,企业需要生产销售更多产品才能实现原有的利润目标。结合现实情况,在企业发展状况较差时,企业发展投入产出关系的代价较高,通常倾向于维持现有的联系进行“保本经营”;而当企业发展状况较好时,企业活跃于产品市场,积极与其他新企业建立新关系。②利润表达式增加了关于上下游关系的决策变量,与固定结构的生产网络模型相比,企业的最优化决策不再仅限于投入数量和销售定价等变量,而是考虑投入产出关系的选择:企业将对放弃旧投入选择新投入、维持旧投入选择新投入、直接放弃旧投入等情况带来的成本收益进行权衡。联系成本模型为内生网络形成机制提供了一个具有普适性和一般性的研究框架,即在经济学理论建模思路下展现了企业如何内生选择投入产出关系(通过对联系产生成本和生产收益的权衡)、这一内生化的过程与原有的固定结构生产网络的本质区别(企业间联系的内生化造就了内生和动态的网络结构)、能得到的不同结论(企业的决策行为、行动集合、均衡结果、异质性特征和扭曲来源等均发生改变)。

2. 扩展情形^①

基本的联系成本内生生产网络的框架较为简单,无法分析过多关于动态和跨期决策或是区域贸易的生产网络情形,以及企业间联系建立的具体过程。因此,本文介绍其他五类扩展情形。

(1)动态化联系成本。动态成本联系对企业间的广延边际进行建模,可以观察企业间联系对生产网络冲击传递的重要性。Lim(2018)采用这种建模思路研究内生生产网络中的经济周期规律,而Heise(2024)将联系资本纳入企业的生产函数中,将其作为生产率转移因子进行建模并构造与上式类似的动态联系成本形式,使得模型能够匹配中间品价格随联系时间而下降的事实。联系成本的随机过程产生了一个随机的贸易生命周期,使得经济周期的来源和结果能够得到更加深入的探索和准确的识别。

(2)将联系视为投资。当联系变成一种投资时,前瞻性的投资者(企业)将考虑建立联系带来的期望收益,与普通的联系成本网络不同的是,联系建立的回报既取决于建立成功联系的期望值,也取决于最初建立成功联系的可能性。Eaton et al.(2021)提供了一种分析思路,假设联系成本由供应商承担,特定客户的联系的预期价值取决于客户购买的频率和规模,以及供应商为维持这种联系而投资的意愿。每次将产品卖给一个特定客户后,供应商评估是否值得继续维持这种联系。如果供应商认为继续维持联系有所收益,供应商会重新支付联系成本;否则,结束联系。供应商—客户的联系可能会突然结束,链接断裂对于供应商而言可能有两个原因:一是外因,例如,客户倒闭、客户找到更合适或更便宜的替代品;二是内因,如若供应商认为对客户的预期未来销售不值得进一步投资,将会主动终止匹配。这两个因素与原有的模型设定相比更加贴近现实,企业对合作伙伴的选择不仅限于考虑当下的最优化,还会对未来进行成本收益分析,因此,短期变化可以和长期问题结合起来。

(3)考虑转换成本。考虑一个动态的离散选择框架,客户基于当前的供应商和其他价格/质量了解的信息决定从哪家公司采购。Monarch(2021)加入了客户在未采购过的城市找到新合作伙伴时需要支付的城市转换成本。企业能够更换供应商以及到其他城市进行采购体现了企业有更强的采购能力,企业的采购来源更加丰富,能够承受更高的边际成本。

(4)简单开放经济情形。考虑如上文的固定联系成本假设,企业选择离岸外包或者出口销售时需要花费一定的联系维持成本,与封闭经济略有不同的是,企业离岸寻找供应商或者客户时会产生冰山贸易成本,体现在企业中间投入价格和产品销售价格上。企业均衡利润中增加了企业进出口时面临的市场需求和联系成本。在开放经济中,相比不出口企业,出口企业的利润还取决于外国最终产品需求、外国企业中间产品需求以及需要面临的联系成本,冰山贸易成本体现在对外销售的产品价格中。若企业面临负向贸易冲击,例如,更高的关税使得冰山贸易成本增加、外国产品需求变低,企业采购能力因为贸易成本而变低,企业利润也将减少。若企业对外销售获得的产品收入不能大于联系成本,则企业将相比于不出口时亏损更多。

(5)发放广告。与雇佣劳动力来维护投入产出联系类似,Shi(2022)、Arkolakis et al.(2023)、Demir et al.(2024)假定企业通过投放广告寻找供应商和客户。广告提供关于生产技术或产品质量和市场价格相关的完全信息,能给企业带来收益,但随着采购合同或销售合同增多,联系的边际成本递增,即广告的边际收益递减。假设企业购买中间投入和销售产品均需通过发放广告来提供信息,企业销售对象是最终消费者和下游客户,企业采购对象是上游供应商。给定外生匹配概率和广

^① 模型设定及详细说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

告成本函数,企业根据利润最大化决定消费者、客户以及供应商广告投放数量。发放广告的决策思路和联系成本类似,企业在发放广告带来的产出收益增加和需要支付广告带来的成本之间进行权衡,唯一不同之处在于广告存在一个不恒为1的匹配率,并非发放所有广告都能带来收益但是必然会产生成本,与下文将要论述的企业间的搜寻匹配情况类似。

(6)拓展评述。由于联系成本网络本身对网络关系的设定较为简单,忽略了很多与网络相关的重要问题,特别是关于企业联系的特征刻画和企业间联系的建立过程,上述方法极大地拓展了联系成本内生生产网络的应用话题,主要体现在以下几个方面:①第一类和第二类情形中,联系成本动态和对投资联系的预期促使企业具有更加丰富的决策特性,体现了经济学中的“动态性”和理性预期。这两类拓展在网络动态的话题研究中尤为重要,研究网络的断裂和链接过程有助于更加细致地讨论产业链韧性和稳生产的议题。②第三类和第四类情形使得内生生产网络的应用话题向区域贸易拓展,常见于异地采购销售、跨国贸易的研究,例如,地方保护、关税冲击、外需冲击等对国内生产网络结构影响的议题。已有研究对转换成本的讨论较少,而仅限于简单讨论企业跨区域贸易面临的贸易成本。③最后一类情形与企业间的搜寻匹配过程具有相似性,在区域贸易和网络动态话题中均有类似应用,此类拓展更类似于将联系成本和匹配两种链接方式结合起来,并且符合现代企业产品拓宽市场的宣传过程,是一种较为普遍的拓展。联系成本网络模型展示企业如何进行内生决策的基本思想,但是并未讨论企业间如何配对。现有大部分文献的做法是将联系成本及其拓展形式与企业间联系建立过程相结合,假设企业间联系建立时同时考虑联系成本。由于企业间联系的机制不同,模型的分析思路以及适用的研究议题可能出现差异。在第四部分,本文对企业间联系建立过程进行分类梳理,补充联系成本网络中缺失的重要研究假设。

四、企业间联系建立过程

复杂网络方法、搜寻匹配和投入选择是文献中采用较多的三类内生生产网络结构形成方式,更关注企业投入产出关系的建立过程。根据内生网络形成特点,本文梳理企业间联系形成的建模脉络,按照上述分类将其分为三个部分。随机网络的形成思路来源于复杂网络的拓扑分析,并且根据经济系统的运行特点加入网络的外延扩散;企业间搜寻匹配研究始于二部网络(Bipartite Network),对买方、卖方两个子集的匹配过程进行建模,随后又扩展到整个网络内部进行全网络主体的匹配链接;内生投入选择研究在前两类研究的基础上,从技术和投入的内生选择角度对内生网络形成过程进行更细致的分析。与第一种网络相比,后两种网络形成方式与经济系统中的企业经营生产决策分析结合更加密切,并且更能体现生产网络的“内生性”特征。

1. 随机复杂网络模型及其扩展

(1)复杂网络模型。①生产网络中的复杂网络模型最初来源于复杂网络中的ER随机图理论和BA偏好依附模型。这种理论早期多用于物理自然网络、社会网络等节点之间的随机链接,每个节点在形成链接时均被视为同质无差异。借鉴带有删除节点的物理随机增长网络模型,Atalay et al. (2011)在上述几类模型的基础上建立了一个企业诞生、死亡和投入—产出联系形成的模型,用来模拟美国经济中的客户—供应商网络。该模型融合了无标度网络的偏好依附机制和随机图理论中的随机链接机制,并考察了节点移除情况下的网络动态。

① 模型设定及详细说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

(2)模型评述。早期复杂网络形成模型虽然能描述企业间网络的重要特征,但不能捕捉企业作为行为主体的内生决策并研究这些决策如何以代理人的经济激励为基础,仅专注于理解网络形成规则如何系统地影响新兴的链接节点,因此,不能用于研究生产网络如何响应经济激励的变化。为了克服上述限制,Carvalho and Voigtländer(2014)在动态网络形成模型的基础上提出了一个产品和企业层面的动态投入扩散模型,并将网络形成与企业经济活动相结合,用于理解行业层面的增长模式。Chaney(2018)将企业网络建立在网络形成节点的基础上,假设企业只能通过现有的合作伙伴认识新贸易伙伴。这类假设可以很好地反映网络信息和网络传递性的作用,使得网络的动态变化能更快且清晰地被识别,并将企业层面结果的演变与总体经济后果联系起来。

2. 企业间搜寻匹配

在随机网络之后发展的一支文献假设企业间联系的形成来自企业间的搜寻匹配过程。搜寻匹配模型起源于物物交换经济,之后多用于国际贸易中的进口商和出口商之间的二部网络匹配问题,由此衍生出全球生产网络以及国内生产网络、空间生产网络等全网络研究。在搜寻匹配问题中,常见的还有定向搜寻与非定向搜寻两种搜寻方式。定向搜寻方式是指,搜寻者在搜寻过程中有明确的目标或方向,例如,供应商(客户)可能会针对特定行业或特定生产率的客户(供应商)进行专门的搜寻,这种搜寻方式减少了不必要的搜寻范围,通常更加高效。非定向搜寻是一种较为宽泛的信息搜寻方式,搜寻者没有特定的目标或方向,而是广泛地收集信息,希望从中找到自己最优的匹配对象。

(1)二部网络匹配。贸易是一种天然的网络活动,然而,为了抽象出更具有一般性的企业间买卖关系建立过程,通常先把贸易主体分成两部分:买方和卖方。买方可以和卖方联系,但买方(卖方)无法与买方(卖方)联系,由此形成了二部网络。类似于固定成本联系的建立方式,已有文献也结合贸易中的可变和不变贸易成本对供应商(出口商)和客户(进口商)的匹配行为进行研究。与固定成本联系的不同之处在于,搜寻匹配研究更加关注存在信息摩擦和匹配摩擦的情况下哪类供应商和哪类客户可以形成联系以及买卖双方的匹配数量,从而导致贸易关系的异质性。

非定向搜寻中,Eaton et al.(2021)相对于以往的与企业间贸易相关的文献更加细化了贸易摩擦和贸易具体过程的构建,并纳入信息和学习等现实企业决策的考量因素。该研究建立了一个连续时间内企业与其买家关系的模型,采用非定向搜寻方式对企业间贸易壁垒进行了不同讨论。假设出口商进入新市场存在买家搜寻、了解自身产品吸引力和建立知名度三类摩擦。

在定向搜寻模式中,由于对匹配企业进行限制,匹配效率大幅提升,并且能够得到更多匹配异质性结论,这也符合现实生活中企业匹配的事前预期和筛选。Bernard et al.(2018)假设联系需要固定成本,企业层面的生产率提高来自成本下降或获得更高质量的投入以及新的供应商。Bernard et al.(2018)假设买方和卖方分别通过供应商和客户的生产率帕累托分布特征确定自身生产率关于对方生产率的均衡排序函数,根据能使自身有利可图的该排序函数的生产率阈值对供应商和客户进行搜寻匹配。Huang et al.(2024)建立了一个存在贸易成本、匹配摩擦,市场为下游垄断竞争和上游寡头竞争的可量化贸易模型,使用的是基于冲击的匹配方式。该匹配会产生一个服从帕累托分布的特定冲击,可被视为将一种产品投入到企业生产过程的意外成本。这种设定类似于联系成本动态化,但又使得企业间联系的设定更加灵活,能够分析全球生产网络内国家贸易政策和产业政策对企业全球采购和贸易收益的影响。Sugita et al.(2023)将供应商和客户之间的匹配扩展到多对多匹配情形,使得研究对象从企业延伸到企业的生产线和产品层面。

(2)全网络匹配。全网络匹配将视角放大到整个生产部门中,每个企业都能成为买家和卖家,甚至是买家的买家和卖家的卖家,因此,企业之间可以产生除了单一产业链关联之外的循环关联和

共同关联等多维联系,此时网络结构也是影响企业生产经营绩效和均衡的一个重要因素。

Eaton et al.(2022)假设企业间的匹配是非定向搜寻模式,对于每个企业,潜在贸易伙伴的到达类似于泊松过程。给定供应商和客户相遇的概率取决于一系列模型参数,卖家随机遇到潜在买家,低成本卖家比其他卖家更有吸引力,因此,会遇到更多潜在买家。买家最优地选择是自己生产所需中间品还是将中间品投入外包给成本最低的供应商。因此,企业可以有零个、一个或多个供应商,也可以有一个或多个客户,取决于其是否在潜在客户中被选为供应商。

Oberfield(2018)、Boehm and Oberfield(2023)、Demir et al.(2024)考虑了定向搜寻模式。Oberfield(2018)较早考虑联系成本和企业定向搜寻假设的内生生产网络,将其用于研究微观企业异质性和异质性对总体生产率的影响。假设企业可能向许多客户销售产品,但只有一个供应商。下游企业在决策时会考虑在某个阈值以上的特定供应商的生产率。Boehm and Oberfield(2023)完善了上述关于企业联系的设定,进一步细化关于企业间匹配动态的函数,假设高于某个阈值的供应商的到达是一个泊松过程。使用广告的设定也能得到相似的结论,Demir et al.(2024)假设企业发布广告来寻找其他企业,生产率更高的企业发布更多广告,也拥有更多客户和供应商。在这个模型中,企业对质量和技能的选择通过生产网络相互关联,高质量的企业将其搜索方向指向其他高质量的企业。两种设定的不同之处在于,前者关注网络自身的调整规律,有助于研究生产分散和网络结构特征等话题,而后者对于研究外部冲击引发网络内企业间关系的内生变化具有较强的适用性。

(3)模型评述。二部网络能够清晰地刻画企业匹配的特征,例如,在研究供应链广度时发现具有更多下游联系的卖家将会匹配具有更少联系的买家的负度分类性,这也是生产网络区别于社交网络的最重要特征;在分析贸易摩擦、市场信息等因素对企业间关系的动态影响进而分析网络资源配置效率上,二部网络具有较大的优势。全网络匹配能够将研究话题扩充到劳动力市场和总体经济的分析,通过企业的决策求解决定工资的劳动力市场均衡、技能溢价、企业规模分布特征、企业供应链深度、网络结构形成来源。然而,关于宏观增长和技术扩散的研究中,仅讨论搜寻匹配行为仍无法得到更加契合实际的新结论,需要将投入产出关系与技术发展结合,这就形成了生产网络内生性的另一个来源——内生投入技术选择。

3. 内生投入/技术选择

Leontief(1941)指出投入产出关系构成了生产网络。然而,在生产网络各类议题研究中,大多文献关注的是行业间或企业间网络,并未就缔结网络关系的更微观纽带即投入(或具体为产品)进行探究。区别于前文各种内生网络形成过程,这类模型内生化投入的选择,将生产网络形成过程细化到产品和技术层面的使用决策而非仅局限于企业间互动行为,并推广到产品投入带来的技术流动。

(1)产品层面的投入选择。产品市场动态均衡形成的过程天然地会产生选择行为,当上游产品供给和下游投入需求无法匹配时,交易中止并转向新的交易过程,就会带来投入产出网络的微观结构变化。如前文所述,最先将生产网络引入技术进步话题的Carvalho and Voigtländer(2014)的建模思想来源于复杂网络文献,企业建立新链接面临着新品种投入成本和由于采用额外投入而产生的品种偏好效用之间的权衡,在此过程中发生了技术采用和扩散。该研究对于理解一项技术如何成为许多其他技术的输入供应商的技术扩散过程具有启发性意义,不仅成功地将复杂网络方法过渡到一般情形下的经济学理论分析,并识别出内生生产网络中投入的采用和扩散对技术进步的重要性。Gualdi and Mandel(2016)采用了类似思路,构建非均衡动态模型来解释产品投入供应关系的内生成。与Carvalho and Voigtländer(2014)不同的是,在他们的中间产品市场的垄断竞争模型框架中,供

应关系表示为网络的加权边,上游产品调整价格以平衡实际供应和下游名义需求,下游逐步调整其生产技术(即网络权重)以适应上游产品市场价格。

(2)企业层面的投入选择。对于企业而言,选择新投入除了可以增加可用于生产的产品种类以外,新投入的技术内涵通过企业活动带来供应链上的技术溢出,因此,技术选择也是企业决定投入产出关系的一个渠道。如果将投入或者说技术选择扩展到动态过程的分析,可以深入研究某个行业的技术选择如何影响整个经济的投入产出联系结构、均衡互补性直到促进经济的长期增长。Oberfield(2018)、Boehm et al.(2024)关注的是企业层面的投入选择,类似于产品层面的研究,他们将供应商和客户之间的关系用生产技术联系起来,每一组匹配都为这条供应链上的供应商和客户带来特定的生产率。当客户选择供应商时,考虑的是特定于匹配的生产率和每种技术相关投入的成本,而供应商也将考虑匹配后的产品价格和生产技术,在均衡状态下,生产率更高的技术创造了更多的供应链关系。Gualdi and Mandel(2019)在Gualdi and Mandel(2016)分析的基础上加入了技术变革,考虑经济和生产网络的联合演化,将生产产品的生产率提高和投入组合增加表征为技术创新(分别体现激进创新过程和增量创新过程)。投入组合的变化在网络中表现为添加或删除链接,网络的演变又反映了由竞争和创新过程驱动的经济的长期动态。Acemoglu and Azar(2020)基于上述研究,构建了一个可处理的内生生产网络模型,企业对投入和技术的选择依据成本最小化原则。假设产品生产使用的不同投入组合会影响该产品的生产率,因此,在比较静态分析中,技术的改进或市场扭曲的减少将通过投入—产出联系在整个经济中传播并降低所有投入的价格,也导致更密集的生产网络。在动态设置里,产品投入与技术变革之间的关系体现为新产品(投入)的出现大大扩展了所有现有行业的技术可能性:经济中有 n 种产品,则每个行业有 2^{n-1} 种输入组合可供选择;对于现有 n 个产品,某个产品的加入将使得可行的输入组合的数量增加到 2^n 。

(3)模型评述。产品层面的研究与企业层面的研究区别不大,现有文献一般采用的是企业层面的投入选择。在产品层面的两篇文献中,Carvalho and Voigtländer(2014)的产品层面的模型是为了区分企业生产需要一些必要投入和能形成技术参与网络行为的投入,而Gualdi and Mandel(2016)将产品种类等同于企业种类,因此,这两个框架可以由企业层面的假设替代。采用企业层面的研究能够将投入选择和企业行为决策匹配起来,这是产品层面无法设定的,并且企业和行业相互对应,可以通过加总的方式得到行业间的关系,从而能用投入产出表数据进行量化。

投入/技术选择的内生机制是通过将投入选择内嵌入生产率改进的技术进化路径中,将内生投入选择和内生技术进步对应起来,进而构建起企业/行业的投入产出关系选择与整个经济的投入产出联系结构、均衡特性和持续的长期增长之间的影响机制。企业建立新的联系或增加新产品的投入扩展了现有产品的技术组合,并且降低其他产品的价格使得新的投入组合更具吸引力,从而鼓励其他企业采用这种产品作为额外的投入并改变其生产技术,带动技术的扩散、网络中心度提高和总体经济增长。^①与质量阶梯模型、种类扩张模型不同,这类模型不需要单独分析创新部门和创新产品,每个企业、每种产品都是一种技术,这个关键设定为长期经济增长和技术创新的文献提供了新的理论思路,并强调了生产网络演进视角的重要性。然而现有研究主要将内生投入/技术选择用于研究技术进步和流动有关的话题,由于起步较晚,仅有部分文献考虑更现实的市场结构,以及企业间特定关系的投资、技术捕获的过程、各主体之间的博弈等微观行为,因此,仍有较大的拓展空间。

^① 在第五部分描述内生生产网络应用中,当相关研究假设企业只生产一种产品且企业间联系的形成不存在联系成本时,本文也将其归纳为广义上的“内生投入选择”的建模方式。

五、应用领域和相关研究议题

本部分介绍现有文献对内生生产网络应用的几个常见领域,包括前文提及的几种网络结构的内生机制如何应用到具体情境中、如何研究探讨并采用实际数据进行量化分析。

1. 区域贸易

区域贸易是应用内生生产网络最传统的领域,其中,一部分研究对国际贸易领域中进口商或出口商的选择进行了讨论。区域贸易的模型基本应用企业间搜寻匹配的方法来建立企业间的关系,并考虑了冰山贸易成本。此类议题研究了企业行为及其异质性如何影响本国贸易,进而讨论全球贸易网络和福利变化。Huang et al.(2024)研究中国企业进入和贸易活动的急剧扩张如何影响智利和法国这两个处于全球价值链不同环节和不同经济发展水平的经济体的下游生产商,评估贸易政策、产业政策和技术进步对全球采购和贸易收益的影响。Sugita et al.(2023)开发了出口商和进口商的多一多匹配模型研究贸易自由化促进供应商转化和全球匹配的有效性,解释墨西哥和美国的纺织品和服装贸易变化以及全球市场中“伙伴降级”和“伙伴升级”的现象。

贸易冲击在网络中的传播也是内生生产网络研究的重要话题,相关研究采用了多种网络形成方式来描述企业间联系,并且得到各种冲击对国内经济产生的连锁效应。一部分文献采用联系成本网络模型进行分析。例如,Dhyne et al.(2023)使用比利时数据的矩参数化内生网络模型,发现面临国际贸易成本的下降和增加时企业间联系的广延边际内生调整是不对称的。假设企业通过广告匹配,Demir et al.(2024)使用土耳其的企业间网络数据量化出口需求冲击对国内企业技能密集度的影响,反事实分析了出口促进政策有效性产生的条件。还有文献采用内生投入/技术选择组合的模型,例如,Elliott and Jackson(2023)研究在全球生产网络中外国中间产品生产的中断如何传播到本国最终产品,以及这种影响如何取决于产品在生产网络中的位置和整体结构。

空间视角也是研究区域贸易网络的重要角度,这部分文献的理论模型主要应用企业间的搜寻匹配模式,讨论企业的贸易地点选择以及相关的福利变化。Shi(2022)采用中国数据评估高铁开通的福利效应和企业区位选择。Arkolakis et al.(2023)评估了冰山贸易成本和搜索与匹配摩擦对总生产网络和贸易流量的影响,并且反事实模拟空间内生网络如何缓解国际和国内的负面冲击。

在国内研究中,部分文献基于内生网络的逻辑运用企业搜寻匹配的简单模型、随机模型进行分析。例如,包群和方浩丞(2024)构建企业间关系内生匹配的理论模型,运用计量分析方法考察全国统一大市场的发展逻辑。刘林青等(2021)等文献采用早期复杂网络方法中的时态指数随机图模型(TERGM)之类的随机模型估计和模拟贸易网络形成的内生和外生机制,并分析网络的动态演化特性。

2. 网络动态

网络结构的动态变化是内生网络的本质特征,最直接的应用之一是讨论网络链接的断裂产生的经济后果,识别企业反应。Elliott et al.(2022)模拟网络中企业为了防止供应失败引发的生产扰乱而内生选择投入的策略,企业需要在投入的投资成本与增强稳健性的收益之间进行权衡。Boehm et al.(2024)构造一个企业间动态匹配的模型,将该模型应用于合同摩擦对企业间关系的影响和模型对企业动态的预测,并采用印度和巴基斯坦企业间交易数据进行检验。魏龙等(2024)构造了具有联系成本的企业异地采购模型,从理论和实证两个方面研究当面临自然灾害引发供应链中断时供应链多元化战略对企业发展韧性的重要性。

另一个直接应用是讨论网络内链接的重新生成如何产生外部性和对总体经济的影响,部分文献进一步分析相应的政策设计。Kopytov et al.(2024)通过构建内生生产网络模型,发现企业会在投入使用决策时对供应商平均生产率和稳定性之间进行权衡,由此引发的网络重组有助于减少宏观经济的波动性,但导致总产出的下降。Grossman et al.(2023)采用具有联系成本内生网络模型,研究发现在出现供应中断和产品正向加价的市场环境下,政府提高经济韧性和福利的最优和次优政策是对消费者和企业多元化采购进行补贴。Grossman et al.(2024)进一步假设企业可以内生地对供应链弹性进行投资和建立多重联系来规避可能存在的供应中断风险,以此研究企业的前瞻性投资供应链弹性决策和上下游配对的讨价还价博弈过程。周密等(2024)采用随机网络方法,利用2021—2022年产业链数据构建面临“断链”时数字产业如何赋能网络节点(即产业)间重建链接。

企业的进入退出动态也会影响网络链接和结构、冲击在网络中的传导甚至是总体波动。Baqae(2018)建立内生投入选择模型识别企业进入和退出产生的外部规模经济效应,投入产出结构和市场结构影响冲击的扩散模式,产生更大的总产出波动。Acemoglu and Tahbaz-Salehi(2024)从供应链关系的生产者剩余分配角度研究在具有联系成本的内生投入选择模型中,企业退出和由此导致的供应链中断如何放大负面冲击,引发整个经济生产网络的级联失败。Baqae and Farhi(2021)关注企业进入边际如何与内生投入选择生产网络相互作用来影响扭曲的成本、最优干预政策如何缓解效率损失。Baqae et al.(2024)采用联系成本网络模型研究企业进入退出导致的供应商变动对经济增长和贸易的驱动作用。Taschereau-Dumouchel(2024)也采用具有固定联系成本的内生网络模型,研究当企业退出市场时造成一连串企业倒闭的连锁反应及引发的总体波动。

3. 宏观经济研究

投入在生产网络中的采用和扩散是技术进步的核心,因此,在内生生产网络中对中间品投入和技术的内生选择也会产生宏观经济增长效应,部分文献基于这种建模思路识别来源于企业行为的技术进步如何影响总体增长。Carvalho and Voigtländer(2014)应用动态投入扩散模型发现一个部门的初始网络邻近性显著增加了其在未来采用该技术的可能性。Oberfield(2018)构建的生产网络结构内生形成模型解释了总生产率提高和技术进步的来源。Gualdi and Mandel(2019)采用模型拟合得到的过程/增量创新的描述与赖特定律的结论一致,并解释了内生增长路径和技术如何驱动商业周期。Acemoglu and Azar(2020)构建采用不同供应商技术组合、存在扭曲的内生生产网络模型,研究网络的内生进化如何影响长期增长。Boehm and Oberfield(2023)从内生生产网络角度研究斯密式增长,即供应链内生产率较高的企业对供应商的搜索选择过程将导致更多的垂直专业化和规模经济,促进经济增长。Baqae et al.(2024)构建供应商增加和分离的增长核算框架,提出了一种分解方法,以衡量供应链变动对经济增长的重要性。

生产网络的最大贡献是解释了宏观波动的微观来源,因此,宏观波动成为内生生产网络的最直接应用。Lim(2018)建立动态联系成本网络模型,量化生产网络内生调整对美国商业周期的重要性。关于企业进入、退出,Baqae(2018)、Baqae and Farhi(2021)、Baqae et al.(2024)、Taschereau-Dumouchel(2024)、Acemoglu and Tahbaz-Salehi(2024)研究了微观企业在市场中的生存状态与宏观经济波动的“蝴蝶效应”,企业退出通过网络造成更大范围的链接断裂,最终引起宏观经济波动。其中,Acemoglu and Tahbaz-Salehi(2024)利用具有联系成本的内生投入选择模型研究宏观经济波动话题,拓宽了内生投入选择模型的应用范围。与固定网络结构的级联失效相关研究相比,内生模型得到了更重要的结论:扩大供应商和客户联系的集合或者在现有联系的基础上提高生产率都能

增加总生产率和企业利润,因此,网络韧性提高与技术进步和密集网络结构有关。

货币政策是近年来应用生产网络内生化的前沿话题,是经济运行虚实结合的体现,但目前相关的理论研究仍凤毛麟角。Ghassibe(2024)构建了一个名义刚性下的以内生网络为特征的多部门模型,并采用不具有联系成本的供应商选择。该研究使用美国的数据进行校准和数值模拟后发现,在扩张性货币政策冲击或者生产率冲击下,价格设定中的互补性和货币非中性的强度增加了企业选择的最佳供应商数量,使得货币政策对GDP的传导效应更强,经济紧缩时期则相反。

六、应用展望和结论

1. 拓展中国经济中的重要议题

当前,中国正处在结构转型的关键时期,采用内生生产网络进行研究具有极大的优势:内生投入/技术的选择本身是增长的动力源泉,网络内部自发对技术进行选择,从而可以识别出当前经济发展最需要的技术、中国与外国在网络结构上的差异如何导致技术结构差异、中国与世界前沿技术的距离,有助于解决中国增长动力不足问题;基于搜索匹配和联系成本框架的理论模型与如何拉动有效需求、创造新价值以及调整供给侧结构息息相关,企业匹配到最优的供应商和客户带动产品有效配置、盘活实体经济、实现经济结构优化。这些框架决定了劳动力需求结构,网络内的企业在保持稳定增长和高效互动时,就业和技能需求相关的周期性矛盾和结构性矛盾将得到改善。结合现有经济环境和理论发现,中国内生生产网络研究的相关议题应从以下几方面入手:

(1)关注制度创新的影响。制度创新来源于现实问题导向和理论顶层设计,一方面,现有法治和产权等制度不够完善,企业创新和合约关系未能得到充分有效的保护,网络内部的低信任度和高联系成本阻碍企业链接的有效建立;另一方面,对于市场经济体制和制度的探索需要较为完善和全面的理论框架进行分析、估计和反事实推演,才能做出最优制度设计。然而,关于中国经济发展的制度研究,尚未关注制度对内生生产网络的作用,而内生生产网络提供了研究制度创新外部性和整体影响力的重要框架。未来研究需要更多关注制度因素在内生生产网络中的作用:①在对企业间联系过程建模时,例如,在搜寻匹配中加入关于规范企业行为、保护产权、保护合作和交易、降低违约和信息不对称造成的市场风险等制度变量和约束方程,施加契约理论中的规模经济和声誉效应等设定,探究企业间形成动态竞争关系所需的制度保障。②在不同行政治理模式和层级结构假设下,通过联系成本模型一般均衡和投入选择的多阶段博弈等方法得到企业有效需求的均衡影响因素,分析降低行政干预、交易成本、匹配摩擦等制度激励方式的短期和长期效果,探寻如何提高企业生产和经营活动跨地区跨部门转换的灵活性、如何协助企业发挥自身的比较优势寻找最优的生产伙伴、如何提高网络主体抵抗危机的韧性和动态恢复力,并从企业有效需求出发研究促进内生生产网络动态优化和高效循环的机制。

(2)关注政府行为的影响。中国经济的发展运行离不开政府宏观调控和发展规划。中央经济工作会议强调,充实完善政策工具箱,提高宏观调控的前瞻性、针对性、有效性。各级政府制定的短期和中长期发展计划、产业政策和行政法规均对经济增长起到重要作用。在现有经济环境下,地方政府如何调整产业政策方向、如何支持以及支持哪种企业最有效、如何引导地区产业最大化比较优势等问题只能依靠内生生产网络来解答。未来研究需要更多关注内生生产网络结构变化中的政府角色:①将政府部门的组织运作模式、官员激励和考核纳入经济环境,构造政府干预或引导经济的

信息、偏好等因素与企业最优化行为的关系式,研究政治激励和多任务代理如何通过政府行为影响企业间匹配关系和产业发展路径。②加入财政、税收、补贴、政府支出、政府规制等政策变量进行均衡求解和数值模拟,在企业搜寻匹配模型或者内生投入选择框架下研究政策变量如何对企业生产和联系决策、企业技术选择和内生增长产生影响,并分析相应的实施效果。

(3)关注资源错配。市场在资源配置中的作用随着市场化改革进程逐渐增强,但固定结构生产网络无法完全分析资源错配的形成原因:一是网络内部自然形成的资源错配。企业在内生匹配过程中会自发对上下游企业进行筛选,已有文献发现企业间匹配容易出现强强联合的“马太效应”,造成现有中小企业市场份额被挤占、创新型中小企业缺乏技术和产业链支持的结构性扭曲现象。二是网络外部冲击影响形成的扭曲。基于外生冲击研究生产网络特征和运行机制的文献发现,当面临外部冲击时,由于暴露程度和禀赋不同,网络节点上的企业对交易关系和投入选择采取不同反应,从而导致资源错配。未来研究应重视以下几个角度:①不存在外生冲击时,建立联系成本模型讨论从长期交易风险角度构造企业在有限理性和机会主义假设下的行动集,分析在现有市场化运行过程中垄断势力、道德风险等扭曲来源如何产生影响。②存在外生冲击时,建立内生投入技术选择或企业间搜寻匹配的内生生产网络模型研究技术断供冲击、地震台风等自然灾害冲击和地缘政治冲突引发的贸易冲击下异质性企业对原有和新的链接会采取何种决策以及对整个网络总收益的影响,以及国有和大型企业在稳定经济中发挥的作用。③当上述市场失灵时,引入“有为政府”部门分析应补贴和支持网络中哪些企业,以减缓资源错配和降低不平等。

(4)关注空间贸易。空间维度不仅影响了生产要素的流动,还直接决定了企业之间的交易成本、市场准入以及资源配置效率,现有文献较少从理论模型出发量化分析空间内生生产网络。现代行政区划、历史文化和集聚等多重因素的影响导致各类细分区域间存在较大市场分割,再加上不同的发展模式和基础禀赋使得区域内外发展存在较大差异和分化现象。为加大区域战略实施力度,帮助政策锚定和扫清全国市场一体化建设的障碍,未来应重点关注如下问题:①探索将内生生产网络和量化空间一般均衡理论结合起来,在联系成本和搜寻匹配的设定下分析异地销售和采购引致的空间福利改善,在内生技术选择设定下识别更多来源的投入如何形成先进技术,为落后地区寻找新的增长点。②将地方保护主义、行政壁垒、不完全信息等因素引入企业转换成本,构造企业搜寻匹配摩擦和逆向选择动机,分析如何畅通要素和产品跨区域流动体系、降低流通成本和信息不对称。③从各区域的均衡结果分析当前中国各地区的潜在优势和市场需求,结合本地特色推动区域发展优势产业链、多区域联合构建流通网络。④基于上述研究,结合公共投资、平台经济等理论,将地方收益最大化纳入模型中,分析基础设施投资建设、土地配置、跨区域信息共享平台和交易平台建立的集聚和溢出效应。

(5)关注产业创新。创新是发展新质生产力的主导因素,对制造业升级和产业振兴具有引领作用。当前,中国经济内部增长动力不足、转型升级陷入瓶颈期,外部面临技术封锁和“卡脖子”问题,亟须从经济结构内部寻找改革调整突破口。在内生生产网络框架下,投入和技术融为一体,为分析产业创新话题提供理论框架。现有文献仍对产业技术创新的关注较少,未来研究可以考虑拓展的方向有:①利用企业在网络中内生选择投入组合和技术的思路,结合创新网络模型量化中国生产网络中技术的广泛扩散方式和溢出方向,并分析产业异质性、效率异质性。②通过设定企业创新策略形式,比较产品质量创新、种类创新、激进创新等对产业发展的影响,并分析不同网络结构下的产业创新方向,探索适合中国国情的技术创新路径。③量化分析面临内外部技术冲击下的网络结构变化和产业迭代过程,研究传统产业如何抓住机遇进行转型升级。

(6)关注虚实结合。一方面,以股权和债权为核心的金融网络具有高传染性和高风险性,会影响经济系统的稳定性和增长路径;另一方面,中小企业在通过借贷融资、增资扩股、发行债券等缓解资金约束的过程中存在更大的潜在风险。现有文献仍未就虚实经济的结合进行深入探索,当假设链接被内生决定,则企业能够动态化地调整发展策略和合约的签订,利用投入产出关系释放融资约束,内生生产网络内的供应链金融模式也与内生金融网络产生联系。因此,未来研究需要拓展与内生金融网络的相关议题有:①将内生金融网络纳入包含联系成本和搜寻匹配问题的内生生产网络模型中,量化模拟金融系统性风险、违约风险、风险外溢、国际金融风险传染、资金挤兑等冲击对生产网络结构、产业连通性、企业间链接形成和维护的影响,为提高网络内部结构和现金流稳定性、网络韧性和抗风险能力以及防范化解可能存在的金融风险对实体经济的冲击提供理论依据。②将包含网络结构和风险分担等机制的金融平台变量纳入内生技术选择决策分析中,探究金融科技创新如何助力实体经济创新,实现中国建设金融强国的目标。

(7)关注劳动就业。目前,中国存在较严重的劳动就业问题:一是劳动和技能的供需、地域与产业不匹配;二是产业转型淘汰传统行业,并要求被迫失业的劳动者适应新兴技术。就业匹配问题与企业间搜寻匹配有着类似的建模思路,而生内化的网络结构能更加准确地量化劳动力需求结构变动来源。未来研究可从以下角度进行重点分析:①通过理论模型构建和数值模拟等方法,结合企业内生投入选择过程产生的技术需求对劳动力技能水平和就业结构的要求进行刻画。②将平台等信息媒介纳入模型中,在企业间链接内生匹配模式下研究劳动力对生产网络内生技术选择的核心作用,从技能选择角度分析人与技术融合对产业发展的推动作用。③聚焦劳动者权益保障,将就业歧视和失业引入模型中,衡量生产网络内生调整过程中由于不同技能劳动力偏好、需求和市场势力的改变,造成劳动收入份额过低、高技能劳动力供给不足而低技能劳动力失业率过高的程度,探索如何解决分配不均、供需失衡、下岗员工再就业和技能培养等问题,这些关于就业变化趋势和政策发力点的议题将成为今后的重要研究方向。

2. 中国生产网络研究的数据问题

在中国情境下,有三类数据可以支持生产网络相关的研究,分别是投入产出表、供应链关系和增值税发票等财务交易数据。这几类数据各具优势和使用局限,仍然存在较大的数据挖掘和补充的空间,尤其是在内生生产网络方向的研究更加需要更大样本和时空范围的数据作为支撑。

(1)投入产出表。国家统计局仅在逢2年份和逢7年份编制全国和省级行政区的投入产出表,并在逢0年份和逢5年份编制投入产出延长表,并未编制地级市层面的投入产出表,这将使得采用这套投入产出表分析区域投入产出关系只能精确到省级层面的个别年份。受限于官方数据的分辨率和年份跨度,学者们对编制不同维度的投入产出表进行尝试,其中,有几类投入产出表适用于中国内生生产网络的分析:Lenzen et al.(2013)(Eora MRIO)、Timmer et al.(2015)(WIOD)、Zheng et al.(2018)等构建了中国国家—行业层面逐年投入产出表;Chen et al.(2023)构建了包含大陆企业、港澳台企业和外商投资企业三种所有权属性的省份—行业层面新投入产出表;Zheng et al.(2022)构建了全国城市—行业层面投入产出数据。

这些测算数据库在原始数据来源和测算方法上均存在差异,其使用场景也不尽相同。首先,研究国际贸易中国内国外价值链和生产网络互动关系以及全球生产网络话题,一般采用WIOD、OECD和Eora MRIO数据库,但需关注以下问题:一是数据库在计算投入产出序列时假设技术系数是非时变变量,不会根据市场份额、技术和价格等影响行业生产结构的变化而进行调整,导致长期估计误差;二是两个数据库采用基价和不变价编制,而国家统计局和各类测算的数据采用生

产者价格,同时使用两种数据需要进行调整;三是中国投入产出表的进口数据使用到岸价格,也与世界投入产出表存在差异。其次,在研究国内贸易时,Chen et al.(2023)使用增值税发票数据,对区域间的产品流动刻画更加精确,并考虑所有权,有助于研究股权网络与生产网络框架的相关问题。

(2)企业供应链关系。现有公布时间跨度较大的供应链数据是企业年报中披露的前五大供应商和客户,仅代表企业供应链的某些部分而不具有网络特征,关于产业链断裂和重新链接的信息不能被精准识别。Wind数据库公布了细粒度更高的2021年、2022年产业链和供应链数据能够弥补这一问题,其涵盖了当年几乎所有的上下游企业关系。然而,该数据库存在的最大问题是仅有两年数据,因此,在类似于冲击—恢复话题的研究时无法模拟出初始状态—冲击—恢复过程的网络结构变化,只能依赖于复杂网络方法。同时,这些供应链上的企业也并非都能获得完整的财务数据,因此,在样本上可能不能如实反映网络特征,给内生生产网络的量化分析带来一定挑战。

(3)企业交易数据。企业交易数据也可以用来分析内生生产网络,主要分为三类:来自各大平台公布的企业招投标和合同协议数据质量参差不齐,存在大量缺失;通过增值税发票数据可以获得关于交易主体、时间、数量、价格、订单总额、纳税比率等详细交易数据,但囿于各种原因无法完全公开,且多区域多时期的记录难以获得;部分企业财务交易数据能够反映企业间的交易关系,例如,销售和采购记录、产品订单等反映了商品和服务流动,但这部分数据仍十分匮乏。

3. 结论

随着生产网络研究的逐步发展,对投入产出关系的研究进入更深层次的理论剖析,研究议题和研究视角也更加深入。本文以内生生产网络为分析对象,对网络结构内生机理和应用进展进行回顾。在固定结构生产网络框架中,企业同其供应商和客户集合形成具有投入产出关联的生产网络,使得冲击的影响具有传递性和宏观加总效应。网络结构固定不变的假设限制了生产网络理论对现实经济运行的解释能力和应用场景,促使相关研究转向内生网络。随后出现的联系成本网络模型假设企业建立联系需要付出成本,企业对于是否建立、维持和放弃联系进行内生决策,进而从动态化联系成本、将联系视为投资、考虑区位转换成本、简单开放经济情形和广告发放情形五个角度扩展丰富了此类模型的研究议题。由于上述模型尚未涉及联系如何形成,复杂网络、搜寻匹配和投入/技术选择通过假设企业联系过程的具体形式进行补充,与联系成本网络交叉应用于区域贸易、网络动态和宏观经济等领域。为丰富中国内生生产网络研究,未来可从制度创新、政府行为、资源错配、空间贸易、产业创新、虚实结合和劳动就业等方面对当前中国经济的重要问题进行探究。

长期看,经济学研究的“网络化”和“内生性”的建模方式将成为主流,这为经济运行的各类因素度量和结构分析提供了更大的拓展空间。可以预见,学术界对内生生产网络的理论模型的逐步完善和研究数据的深入挖掘,将不断拓展内生生产网络的应用领域,提升对经济运行的解释能力和预测能力。应用好内生生产网络分析范式和技术,在把握好中国经济运行特点和基本制度的前提下,中国学者有望取得更有学术价值和社会意义的研究成果,为进一步全面深化改革、更加有力推进中国式现代化提供新理论、新思想、新指引。

〔参考文献〕

- [1]包群,方浩丞.国内大市场视角下的间接网络关联与新商业关系的形成[J].经济动态,2024,(7):75-91.
- [2]刘林青,闫小斐,杨理斯,宋敏.国际贸易依赖网络的演化及内生机制研究[J].中国工业经济,2021,(2):98-116.

- [3]魏龙,蔡培民,潘安.供应链冲击、多元化战略与企业发展韧性——来自中国重大自然灾害的证据[J].中国工业经济,2024,(9):118-136.
- [4]周密,郭佳宏,王威华.新质生产力导向下数字产业赋能现代化产业体系研究——基于补点、建链、固网三位一体的视角[J].管理世界,2024,(7):1-26.
- [5]Acemoglu, D., and P. D. Azar. Endogenous Production Networks[J]. *Econometrica*, 2020, 88(1): 33-82.
- [6]Acemoglu, D., and A. Tahbaz-Salehi. The Macroeconomics of Supply Chain Disruptions[J]. *Review of Economic Studies*, <https://doi.org/10.1093/restud/rdae038>, 2024.
- [7]Arkolakis, C., F. Huneus, and Y. Miyauchi. Spatial Production Networks[R]. NBER Working Paper, 2023.
- [8]Atalay, E., A. Hortacsu, J. Roberts, and C. Syverson. Network Structure of Production[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(13): 5199-5202.
- [9]Baqaee, D. R. Cascading Failures in Production Networks[J]. *Econometrica*, 2018, 86(5): 1819-1838.
- [10]Baqaee, D., A. Burstein, C. Duprez, and E. Farhi. Supplier Churn and Growth: A Micro-to-Macro Analysis[R]. NBER Working Paper, 2024.
- [11]Baqaee, D., and E. Farhi. Entry v.s. Rents: Aggregation with Economies of Scale[R]. NBER Working Paper, 2021.
- [12]Baqaee, D., and E. Rubbo. Micro Propagation and Macro Aggregation[J]. *Annual Review of Economics*, 2023, 15(1): 91-123.
- [13]Bernard, A. B., A. Moxnes, and K. H. Ulltveit-Moe. Two-Sided Heterogeneity and Trade[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2018, 100(3): 424-439.
- [14]Bernard, A. B., E. Dhyne, G. Magerman, K. Manova, and A. Moxnes. The Origins of Firm Heterogeneity: A Production Network Approach[J]. *Journal of Political Economy*, 2022, 130(7): 1765-1804.
- [15]Boehm, J., and E. Oberfield. Growth and the Fragmentation of Production[R]. Princeton University Working Paper, 2023.
- [16]Boehm, J., R. South, E. Oberfield, and M. Waseem. The Network Origins of Firm Dynamics: Contracting Frictions and Dynamism with Long-Term Relationships[R]. NBER Working Paper, 2024.
- [17]Carvalho, V. M. From Micro to Macro via Production Networks[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2014, 28(4): 23-48.
- [18]Carvalho, V. M., and A. Tahbaz-Salehi. Production Networks: A Primer[J]. *Annual Review of Economics*, 2019, 11(1): 635-663.
- [19]Carvalho, V. M., and N. Voigtländer. Input Diffusion and the Evolution of Production Networks[R]. NBER Working Paper, 2014.
- [20]Chaney, T. The Gravity Equation in International Trade: An Explanation[J]. *Journal of Political Economy*, 2018, 126(1): 150-177.
- [21]Chen, Q., Y. Gao, C. Pan, et al. An Interprovincial Input-Output Database Distinguishing Firm Ownership in China from 1997 to 2017[J]. *Scientific Data*, 2023, 10(1): 293.
- [22]Demir, B., A. C. Fieler, D. Y. Xu, and K. K. Yang. O-Ring Production Networks[J]. *Journal of Political Economy*, 2024, 132(1): 200-247.
- [23]Dhyne, E., A. K. Kikkawa., X. Kong, M. Mogstad, and F. Tintelnot. Endogenous Production Networks with Fixed Costs[J]. *Journal of International Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2023.103841>, 2023.
- [24]Eaton, J., M. Eslava, D. Jinkins, C. J. Krizan, and J. R. Tybout. A Search and Learning Model of Export Dynamics[R]. NBER Working Paper, 2021.
- [25]Eaton, J., S. S. Kortum, and F. Kramarz. Firm-to-Firm Trade: Imports, Exports, and the Labor Market[R]. NBER Working Paper, 2022.
- [26]Elliott, M., B. Golub, and M. V. Leduc. Supply Network Formation and Fragility[J]. *American Economic Review*,

- 2022, 112(8): 2701–2747.
- [27] Elliott, M., and M. O. Jackson. Supply Chain Disruptions, the Structure of Production Networks, and the Impact of Globalization[R]. SSRN Working Paper, 2023.
- [28] Ghassibe, M. Endogenous Production Networks and Non-Linear Monetary Transmission[R]. European Central Bank Working Paper, 2024.
- [29] Grossman, G. M., E. Helpman, and H. Lhuillier. Supply Chain Resilience: Should Policy Promote International Diversification or Reshoring[J]. *Journal of Political Economy*, 2023, 131(12): 3462–3496.
- [30] Grossman, G. M., E. Helpman, and A. Sabal. Optimal Resilience in Multitier Supply Chains[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2024, 139(4): 2377–2425.
- [31] Gualdi, S., and A. Mandel. On the Emergence of Scale-Free Production Networks[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2016, 73: 61–77.
- [32] Gualdi S., and A. Mandel. Endogenous Growth in Production Networks[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2019, 29: 91–117.
- [33] Heise, S. Firm-to-Firm Relationships and the Pass-through of Shocks: Theory and Evidence[J]. *Review of Economics and Statistics*, https://doi.org/10.1162/rest_a_01502, 2024.
- [34] Huang, H., K. Manova, O. Perello, and F. Pisch. Firm Heterogeneity and Imperfect Competition in Global Production Networks[R]. SSRN Working Paper, 2024.
- [35] Kopytov, A., B. Mishra, K. Nimark, and M. Taschereau-Dumouchel. Endogenous Production Networks under Supply Chain Uncertainty[J]. *Econometrica*, 2024, 92(5): 1621–1659.
- [36] Lenzen, M., D. Moran, K. Kanemoto, and A. Geschke. Building Eora: A Global Multi-Region Input-Output Database at High Country and Sector Resolution[J]. *Economic Systems Research*, 2013, 25(1): 20–49.
- [37] Leontief, W. W. *The Structure of American Economy, 1919–1929: An Empirical Application of Equilibrium Analysis* [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1941.
- [38] Lim, K. Endogenous Production Networks and the Business Cycle[R]. Working Paper, 2018.
- [39] Monarch, R. It's Not You, It's Me: Breakups in US-China Trade Relationships[R]. International Finance Discussion Paper, 2021.
- [40] Oberfield, E. A Theory of Input-Output Architecture[J]. *Econometrica*, 2018, 86(2): 559–589.
- [41] Shi, X. High-Speed Railway, Regional Production Networks, and Spatial Allocation of Firms in China[R]. SSRN Working Paper, 2022.
- [42] Sugita, Y., K. Teshima, and E. Seira. Assortative Matching of Exporters and Importers[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2023, 105(6): 1544–1561.
- [43] Taschereau-Dumouchel, M. Cascades and Fluctuations in an Economy with an Endogenous Production Network[R]. SSRN Working Paper, 2024.
- [44] Timmer, M. P., E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer, and G. J. de Vries. An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: The Case of Global Automotive Production [J]. *Review of International Economics*, 2015, 23(3): 575–605.
- [45] Zheng, H., Q. Fang, C. Wang, Y. Jiang, and R. Ren. Updating China's Input-output Tables Series Using MTT Method and Its Comparison[J]. *Economic Modelling*, 2018, 74: 186–193.
- [46] Zheng, H., J. Tobben, E. Dietzenbacher, D. Moran, J. Meng, and D. P. Wang. Entropy-Based Chinese City-Level MRIO Table Framework[J]. *Economic Systems Research*, 2022, 34(4): 519–544.

The Theoretical Development of Endogenous Production Networks and Prospects for Its Application in China

WANG Xian-bin^{1,2}, ZHENG Xi-tian^{1,2}

(1. School of Economics, Jinan University;
2. Institute of Mezzoeconomics, Jinan University)

Abstract: In recent years, the production network model has gained significant traction both domestically and internationally, becoming a powerful tool for understanding and analyzing industrial linkages. Progress in natural science methodologies and the growing availability of micro-level economic datasets have greatly enhanced research approaches to the study of production networks.

As the production network model advances, research on network structures is increasingly shifting toward endogenization. Compared to fixed structure production networks, endogenous production networks offer three core advantages. First, firms can endogenously choose input-output relationships, resulting in closer alignment with decision-making characteristics in the real world. Second, dynamic structures more effectively simulate the fluctuations and growth processes of the real-world economy. Third, the model captures heterogeneity and strategic behavior within dynamic network structures at the micro level.

This paper first analyzes the equilibrium and economic logic of the fixed structure production network model and then reviews the development and modeling processes of endogenous production networks: linkage-cost networks derived from fixed structures, with three main sources of linkage costs and their practical extensions. This paper analyses firm linkage formation, summarizing approaches commonly used in existing literature, including complex networks, search-and-matching frameworks, and endogenous input/technology choice models.

Next, this paper categorizes and discusses applications of endogenous production networks. Topics include regional trade and network dynamics, as well as applications to macroeconomic research. In addition, this paper explores key issues in applying endogenous production networks to the Chinese context and addresses considerations regarding datasets and methodological approaches.

Compared to existing reviews, this paper provides a more comprehensive, systematic, and clear synthesis of the development of endogenous production networks. It not only enhances the theoretical and practical relevance of various classifications but also reclassifies and traces their origins in greater depth. Given that research on endogenous production networks remains nascent in Chinese literature, this paper serves as a theoretical reference and research framework for future studies. In particular, it identifies critical research topics relevant to the Chinese economy and provides an in-depth exploration of these areas, aiming to broaden the methodological horizons of China's production network research and contribute to new theoretical discoveries and policy insights.

Keywords: endogenous production network; costly relationship network; complex network; search and matching; input selection

JEL Classification: B41 R15 R30

[责任编辑:李鹏]