

结构模型在国际贸易研究中的应用

王子, 周雁翎

[摘要] 结构模型 (Structural Model) 又称为结构计量模型 (Structural Econometric Model), 是将正式的经济学模型和统计模型 (Statistical Model) 结合, 用于估计描述现实的深层参数 (Deep Parameters), 模拟现实世界, 以便合理地评估政策效果的实证工具。结构模型对于国际贸易研究尤其重要, 因为国际贸易理论和政策评估通常涉及复杂的一般均衡效应和福利分析, 需要将多国多部门的因素在统一的结构框架下进行量化, 从而得到较为可靠的政策建议。本文全面介绍了结构模型的概念、方法、优势以及局限, 并在此基础上, 具体介绍了结构模型在全球价值链 (Global Value Chain)、异质性企业贸易模型, 以及动态空间模型 (Dynamic Spatial Model) 等三个前沿领域中的应用, 梳理各领域的重要文献, 发掘现有研究的不足和未来的研究方向。

[关键词] 结构模型; 国际贸易; 全球价值链; 动态空间模型

[中图分类号]F740 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2019)04-0062-19

一、引言: 简约式与结构式模型

政策制定者和研究者试图评估真实世界中的因果联系, 以促进政策优化。党的十九大报告明确指出, 全面深化改革总目标是完善和发展中国特色社会主义制度、推进国家治理体系和治理能力现代化。为实施科学合理的社会经济政策, 实现国家治理体系和治理能力的现代化, 需要运用实证研究方法, 科学地评估各项政策产生的效应。那么应如何利用实证研究来评估政策效应? 经济学理论在政策评估中又能发挥怎样的作用?

一种常用的政策评估方法被称为简约式方法 (Reduced-form Analysis)。在这种方法中, 经济学理论指出了哪些因素是原因 (X), 哪些变量是结果 (Y)。研究者进而搜集或者构建反映 X 和 Y 的相应指标或者进行实验, 以期观察到当 X 变化而其他所有影响 Y 的因素保持不变时, Y 产生怎样的变化。这种实验或者准实验的观察为 X 到 Y 的因果联系提供了经验证据, 但其是否科学的关键在于如何保证除 X 之外其他影响 Y 的因素都近似于不变。另一种经验研究的方法则是本文讨论的核心——结构模型。要理解结构模型与简约式方法的差异, 以及运用结构模型的必要性和重要性, 必须首先理解简约式方法的局限性。本文以 Feng et al.(2017)的论文《贸易政策不确定性与出口: 以中国加入 WTO 为据》为例, 来归纳总结简约式方法的思维范式, 并引出结构模型的优势。Feng et al.(2017)讨论了贸易政策不确定性的下降是否促进了中国企业的出口。他们首先基于 Melitz(2003)

[收稿日期] 2018-12-19

[作者简介] 王子, 上海财经大学商学院助理教授, 经济学博士; 周雁翎, 上海财经大学商学院博士研究生。通讯作者: 王子, 电子邮箱: wang.zi@mail.shufe.edu.cn。感谢匿名审稿专家和编辑部的宝贵意见, 当然文责自负。

构造了一个理论模型,在异质性企业出口模型中加入了贸易政策不确定性。模型预测贸易政策不确定性的下降将推动中国企业新进入出口市场,但对已经出口的企业没有影响。

如何来检验这些预测?基于简约式方法,他们利用了中国企业对美国出口的数据并提出了以下的回归分析框架:

$$\log \text{Num}_{new}^h = \alpha + \beta_1 \kappa_h + \beta_2 \tau_a^h + \beta_3 f_h + \beta_4 dGAP_h + \beta_5 d\tau_h + \alpha_{HS2} + \varepsilon_h \quad (1)$$

其中, α 为常数项, $\beta_i, i=\{1,2,3,4,5\}$ 表示各变量对应的系数。 Num_{new}^h 表示新增出口 h 产品到美国的中国企业数, $dGAP_h$ 是 h 产品贸易政策不确定性变化的一个度量, τ_a^h 表示实际关税税率, $d\tau_h$ 表示关税变化, κ_h 表示产业 h 内部企业生产率的分散程度, f_h 表示产业 h 出口的固定成本。类似地,为了研究贸易政策不确定性对已出口企业的影响,他们将上式的因变量变为产品 h 已出口企业的出口额。 α_{HS2} 是固定效应, ε_h 是误差项。

简约式方法的关键在于排除关键自变量的内生性,从而保证证实的是 X 对 Y 的因果影响。为了做到这一点,他们利用了美国在中国加入WTO之前贸易政策的制度背景。2002年之前,美国已经对中国授予最惠国关税待遇,但须经国会年度审议。如不通过,则美国将对来自中国的进口施加非最惠国的高关税。 $dGAP_h$ 即非最惠国关税和最惠国关税之间的差距。识别的关键因素在于非最惠国关税与影响中国企业出口的因素是无关系的。中国加入WTO之后,美国即授予中国永久最惠国待遇。因此,较大的 $dGAP_h$ 表示较大幅度的不确定性降低。

根据理论预测,公式(1)中的 β_4 在新增出口企业的回归中应该显著为正,而在已出口企业的回归中应该不显著。他们的回归结果与这些理论预测完全一致。在这种情况下,这种简约式方法得到的经验证据支持了理论。这就是简约式方法的标准思路。

在上述的简约式方法中,经济学理论起了怎样的作用?理论指出了什么因素是原因(贸易政策不确定性),什么因素是结果(企业出口)。但在简约式方法中,理论和实证的联系是松散的:①理论没有指导计量方程的形式,上式的线性形式并没有理论基础。②简约式方法支持了 X 到 Y 因果关系的存在性,但没有说明通过怎样的机制贸易政策不确定性影响到了企业出口。上式中的关键参数 β_4 被称为非结构性参数(Non-structural Parameter),因为它并不出自经济学理论的刻画。换言之,本文并不清楚 β_4 来自消费者效用函数、企业的生产函数、其他政策因素,亦或是这些因素的组合。因此,即使 β_4 如理论预料一样显著为正,研究者也不清楚其背后的机制是否也与理论刻画的一致。

除了对机制刻画的不足,简约式方法在回答一些重要的政策评估问题的时候也力有不逮。许多政策问题都涉及假设类型的问题(What-if Questions):如果中国没有加入WTO,中国对美国的出口会怎样?如果美国取消中国的最惠国待遇并发起贸易战威胁,中美贸易又会出现什么情况?简约式方法的关键不足正是在于对背后机制理解的不足。如上所述,因为 β_4 是非结构性的,研究者并不能保证其不随贸易政策不确定性变化而变化。因此,简约式方法的结果很难被用来指导政策的量化评估。如Lucas(1976)所指出的一样,政策评估需要建立在理解对政策不变的“深层”参数(Deep Parameters)之上。简约式方法并不满足这一要求。

为了回答假设性问题并做出政策评估,本文需要一个能将理论和实证设置紧密结合的框架。这个框架有两个要求:①实证设置的形式应该出自理论的指导;②实证所估计的参数应该从理论结构中得出。例如,如果上式中的 β_4 可以写成企业生产率分散度与家户时间贴现率的函数,那么本文认为 β_4 将不受贸易政策不确定性变化的影响,即可作为政策分析的基础。而目前的简约式分析无法保

证这一点。

满足上述两项要求的分析框架,本文称之为结构模型或者数量模型(Quantitative Model)。如本文开头定义的,它是经济学模型和统计模型的结合。概念上讲,它可以表达为以下形式:

$$Y=F(X,\xi,\Theta) \quad (2)$$

其中, Y 表示研究者感兴趣的结果,通常是经济学模型中的均衡结果(Equilibrium Outcome)。 X 是解释变量,其中包含研究者关心的政策变量,如关税、企业所得税、反倾销案件等。

$F(\cdot)$ 是一个已知形式的确定性函数。本文称之为结构模型的核心机制。跟简约式方法不同的是,结构模型当中的核心机制其形式来自于经济学理论,通常由均衡条件给出,代表了研究者所理解的 X 对 Y 的因果联系。

Θ 是影响 X 对 Y 因果联系的未知参数。通常,理论只建立起 X 对 Y 有影响,而通过数据来验证影响的大小。一个简单的例子是Cobb-Douglas生产函数:

$$Y(\omega)=K(\omega)^\alpha L(\omega)^{1-\alpha} \quad (3)$$

其中, $Y(\omega)$ 是企业 ω 的产出,而 K 和 L 分别是企业 ω 的资本与劳动投入。理论设定了生产函数的形式,但没有固定参数 $\alpha \in [0, 1]$ 。当研究者获得了企业层面的 Y 、 K 、 L 的数据,可以利用这些数据估计出参数 α 。

仅仅有一个确定性的经济理论,尚不足以和数据紧密关联。在实践中,总是存在未知或者不想解释的因素,使得这个确定性的理论模型无法准确拟合数据。因此研究者还需要引入随机误差项 ξ 。本文称 ξ 为结构误差(Structural Error)。它们是结构性的,因为它们可以与模型的特定结构相联系。仍然以Cobb-Douglas生产函数为例:

$$Y(\omega)=\xi(\omega)K(\omega)^\alpha L(\omega)^{1-\alpha} \quad (4)$$

这里新引入的结构误差 $\xi(\omega)$ 使得模型可以与数据相连接。在理论中,这个结构误差代表的是希克斯中性(Hicksian Neutral)的全要素生产率,具有重要的结构意义。在很多实践中,尽管这些结构误差不是研究的主要目标,研究者也希望尽可能多地了解它们,使得在进行政策实验的时候,它们不会随着 X 的变动而发生变动。

总结起来,结构模型帮助研究者量化政策的影响,同时保持深层参数和结构误差不变。那么,在政策评估结果方面,结构模型相比于简约式模型有什么不同?回到贸易政策不确定性对企业出口影响的例子。本文已经指出,Feng et al.(2017)识别了美国对华贸易政策不确定性下降带来的中国对美出口增长,但其仅提供定性的结论,无法回答诸如“如果美国依然维持对华贸易政策不确定性,中国在2002—2007年间对美出口将会如何变化?”这一类本文称之为反事实(Counterfactual)的问题。

结构模型的特点正好弥补了简约式实证分析的不足。Handley and Limão(2017)建立了一个包含企业异质性和政策不确定性的一般均衡结构模型,并用2000—2006年的中国企业数据对结构模型进行了估计。他们的结论指出,中国加入WTO削弱了美国发动贸易战的威胁,由此带来的贸易政策不确定性下降就可以解释2000—2005年间中国对美出口增长约1/3。这一结论是在给定了中美贸易环境的深层参数(消费者效用函数、企业生产函数、非关税贸易成本等),单纯变动贸易政策不确定性得到的,而这无法由Feng et al.(2017)的简约式方法得到。更进一步地,Handley and Limão(2017)的模型可以用于评估尚未发生,或者没有完整数据的政策实践,例如美国在2018年发起的对华贸易摩擦所带来的不确定性提升。评估尚未发生政策的影响,是结构模型独有的优势,其他的实证方法,包括简约式方法、田野实验或者准自然实验、基于实验室实验的方法都无法做到。

在实践中,结构模型的估计过程通常由以下步骤组成:①利用经济学理论设置核心机制

$Y=F(X)$;②设置深层参数 Θ 以及结构误差 $\xi:Y=F(X,\xi,\Theta)$;③给定 Θ 与 ξ 求解模型均衡条件;④利用特例和数量算例刻画均衡性质;⑤从数据中估计 Θ ;⑥利用样本外预测检验模型有效性;⑦反事实政策分析。

国际贸易是最早引入结构模型思想和框架的领域之一,结构模型在国际贸易的研究中有两大独特优势:①国际贸易研究通常涉及多国多部门一般均衡效应,需要将很多作用相反、影响可能相互抵消的因素纳入统一的框架进行衡量,因此,理论通常无法简单地得到 X 对 Y 正向或者负向影响这样的结论。例如,分析进口关税降低对出口的影响,一方面,进口关税降低引来了进口竞争,压缩国内企业生产规模,从而降低其出口竞争力;另一方面,进口关税降低导致进口中间品价格下降,提高了国内企业出口竞争力。这种复杂框架下的量化分析,结构模型比简约式模型更为擅长。②国际贸易研究的政策针对性较强,很多情况下政策分析不仅要求定性的判断,更要有定量分析。例如,美国对中国一些行业进口品加征 20%关税,对中国各行业出口和生产影响如何?仅仅得出关税上升将导致出口下降远远不够,政策分析要求得出相关行业在其他条件不变下,出口和生产将下降多少。如前所述,结构模型能够在给定深层参数不变的前提下做反事实分析,对于政策的效果进行量化评估。

结构贸易模型的核心问题是贸易的福利效应,即贸易政策和其他影响贸易成本因素的变化将如何影响各国的福利水平。福利效应是一切政策评估的最终依据。与贸易额、产出水平等因素不同,福利水平不能从数据中直接观测,必须依赖模型假设,因此,结构模型是评估福利效应的有力工具。Arkolakis et al.(2012)在较为一般的模型假设下将贸易的福利效应与可观测的贸易比重变化联系起来,这种充分统计量(Sufficient Statistics)方法为结构贸易模型打开了思路。

除了关注福利分析之外,目前前沿的结构贸易模型还关注(但不限于)以下重要的问题:贸易冲击通过全球价值链对各国生产和福利水平的影响;大型贸易企业与跨国生产企业在全球化中的作用,特别是考虑这些企业的特性对贸易政策效果的影响;空间结构模型,特别是贸易政策和区域政策对企业和人口空间分布的静态和动态影响。在之后的章节,本文将结合这些前沿的重要问题,具体介绍结构模型在国际贸易研究中的应用。涉及到结构模型方法更一般的讨论及其在经济学其他领域的应用,请参考 Reiss and Wolak(2007)以及 Low and Meghir(2017)的综述和介绍。

二、结构模型在全球价值链研究中的应用

全球生产分工和价值链的分散化(Fragmentation)将各国的生产活动紧密连接,成为当前国际贸易研究和国际政策分析关注的焦点之一。给定当前的国际分工和全球价值链分布,国际贸易成本的变化,特别是贸易政策的变化,将给各国带来怎样的影响?与经典的讨论最终品贸易的理论不同,全球价值链的结构有助于理解当前各国经贸相互依存状况、制定有针对性的贸易政策很重要。而全球分工和价值链的复杂结构使得理论很难得到解析解(A analytical Solution)。如本文在引言中所述,这一类的政策分析问题,适合基于结构模型的框架,将复杂的全球价值链分工嵌入多国一般均衡模型之中,利用反事实分析来量化相关政策变动的影响。在这一节中,本文将详细介绍 Caliendo and Parro(2015)的文章《对北美自由贸易协定贸易和福利效应的估计》,展示结构模型在全球价值链研究中应用的具体方法。之后本文将梳理这一领域最新的进展。

1. 模型设定

Caliendo and Parro(2015)(后文简称 CP(2015))在 Eaton and Kortum(2002)的基础上,引入由投入—产出表所刻画的上下游行业间的联系,构建了一个多国、多部门的李嘉图贸易模型,并使用该模型研究了北美自由贸易区关税的变动对墨西哥、美国和加拿大之间贸易的影响以及各国福利

的损益。本节介绍 CP(2015)模型的基本设定和参数假定,即结构模型应用步骤的第一步和第二步。

每个国家有 L_n 个代表性消费者通过选择最终品 C_n^j 的消费量来最大化其效用水平,消费者的偏好用 Cobb-Douglas 效用函数来表示:

$$U(C_n) = \prod_{j=1}^J (C_n^j)^{\alpha_n^j}, \sum_{j=1}^J \alpha_n^j = 1 \quad (5)$$

公式(5)中,每个行业 j 供给连续统的中间品 $\omega^j \in [0, 1]$, 中间品 ω^j 的生产需要劳动力以及来自各行业复合材料的投入。 α_n^j 表示每个行业 j 的消费占总支出的份额。各国供应商的生产效率是不同的,在这里用 $z_n^j(\omega^j)$ 表示各国生产中间品 ω^j 的效率,并假定该生产率是独立地从以下的 Frechet 分布中抽取出来:

$$\Pr(z_n^j(\omega^j) \leq z) = \exp(-T_i^j z^{-\theta^j}) \quad (6)$$

公式(6)中, Frechet 分布的水平参数 T_i^j 表示国家 i 在产业 j 上的平均生产率水平,而形状参数 θ^j 表示产业 j 内部各产品生产率分布离散程度。 θ^j 越低表示离散程度越高,即各国在该产业上存在很具比较优势的产品,相应地,各国从贸易当中获得的收益也越大。

结合公式(5)和公式(6),中间品 ω^j 的生产函数可以表示为:

$$q_n^j(\omega^j) = z_n^j(\omega^j) [l_n^j(\omega^j)]^{\gamma_n^j} \prod_{k=1}^J [m_n^{k,j}(\omega^j)]^{\gamma_n^{k,j}} \quad (7)$$

其中, $l_n^j(\omega^j)$ 是劳动力的投入, $m_n^{k,j}(\omega^j)$ 是来自于其他行业的复合材料投入。 γ_n^j 和 $\gamma_n^{k,j}$ 分别表示劳动与中间品投入份额。在 CP(2015)中假设中间品的生产是规模报酬不变的,并且在完全竞争的市场环境下进行交易。因此,从公式(7)推出,生产 ω^j 的单位成本可以表示为 $c_n^j/z_n^j(\omega^j)$, 其中, c_n^j 表示要素投入成本:

$$c_n^j = \hat{\gamma}_n^j w_n^j \prod_{k=1}^J (P_n^k)^{\gamma_n^{k,j}} \quad (8)$$

其中, w_n 和 P_n^k 分别表示劳动力工资与投入中间品的价格, $\hat{\gamma}_n^j$ 是一个常数。由完全竞争的中间品市场可以得到:

$$p_n^j(\omega^j) = \min_i \left\{ \frac{c_i^j \kappa_{in}^j}{z_i^j(\omega^j)} \right\} \quad (9)$$

CP(2015)模型中包含两类贸易成本:冰山成本 $\tau_{in}^j \geq 1$ 和关税 $t_{in}^j \geq 0$ 。令 $t_{in}^j = 1 + \hat{t}_{in}^j$, 可以将企业所面临的贸易成本写为:

$$\kappa_{in}^j = t_{in}^j \tau_{in}^j \quad (10)$$

2. 均衡与福利效应

基于上一节所描述的模型基本设置,这一节介绍结构模型所要求的均衡定义和模型性质的刻画,即结构模型应用步骤的第三步和第四步。这将为之后的模型估计和量化分析打下基础。

(1)均衡条件:由 Cobb-Douglas 效用函数,可以将价格指数表示为:

$$P_n = \prod_{j=1}^J \left(\frac{P_n^j}{\alpha_n^j} \right)^{\alpha_n^j} \quad (11)$$

其中, α_n^j 是各行业价格在价格指数中所占份额, P_n^j 是消费者面临的最终产品价格。它是由生产其所需要的中间品价格加总得到:

$$P_n^j = \left[\sum_{i=1}^N T_i^j (c_i^j \kappa_{in}^j)^{-\theta^j} \right]^{-\frac{1}{\theta^j}} \quad (12)$$

根据 Frechet 分布的性质, 可以将 j 行业由 i 国出口到 n 国的产品总值占到 n 国总消费的比重 π_{in}^j 表示为技术水平 T_i^j 、价格 c_i^j 以及贸易成本 κ_{in}^j 的函数:

$$\pi_{in}^j = \frac{T_i^j (c_i^j \kappa_{in}^j)^{-\theta^j}}{\sum_{h=1}^N T_h^j (c_h^j \kappa_{hn}^j)^{-\theta^j}} \quad (13)$$

对于 n 国而言, 在 j 产品上的总支出 X_n^j 表示为中间品投入的总支出加上收入 I_n 的固定份额, 其具体表达式为:

$$X_n^j = \sum_{k=1}^J \gamma_n^{k,j} \sum_{i=1}^N X_i^k \frac{\pi_{in}^k}{t_{in}^k} + \alpha_n^j I_n \quad (14)$$

最后, 劳动力市场出清条件为:

$$w_i L_i = \sum_{k=1}^J \gamma_n^{k,j} \sum_{n=1}^N X_i^k \frac{\pi_{in}^k}{t_{in}^k} \quad (15)$$

在进行反事实分析的时候, 很多情况下研究者并不关心均衡结果 (Equilibrium Outcome) 的水平值, 而侧重于其在政策冲击之下的变动情况。因此, 可以将这一节所介绍的 CP(2015) 的均衡条件, 用其政策冲击之下的变动率来表示。具体地, 令任意变量 x 在政策冲击之后的值为 x' , 其变动率形式记为 $\hat{x} = x'/x$, 则这一节所描述的一般均衡条件可以改写为价格、工资以及总收入的变动形式。具体的形式请参考 CP(2015) 或者 Dekle et al. (2008)。

(2) 贸易的福利效应: 基于之前两节推导出的均衡条件, 可以将全球价值链之下贸易的福利效应表示成各产业贸易份额和贸易弹性的函数。这种福利效应的表示方法是对 Arkolakis et al. (2012) 提出的充分统计量 (Sufficient Statistics) 方法的严格拓展。

具体地, 将实际工资写为变动率的形式:

$$\log \left(\frac{\hat{w}_n}{\hat{P}_n} \right) = - \sum_{j=1}^J \frac{\alpha_n^j}{\theta^j} \log \hat{\pi}_{nn}^j - \sum_{j=1}^J \frac{\alpha_n^j}{\theta^j} \frac{1-\gamma_n^j}{\gamma_n^j} \log \hat{\pi}_{nn}^j - \sum_{j=1}^J \frac{\alpha_n^j}{\gamma_n^j} \log \left(\prod_{k=1}^J \left(\frac{\hat{P}_n^k}{\hat{P}_n^j} \right)^{\gamma_n^{k,j}} \right) \quad (16)$$

上面等式右边第一项代表贸易降低最终产品价格的效应, 注意到在没有贸易时 $\hat{\pi}_{nn}^j = 1$ 。等式右边第二项表示贸易降低中间投入品价格的效应, 等式右边最后一项表示上游行业价格下降给下游行业带来的福利改进。

上式中将贸易的福利效应利用充分统计量, 即各产业贸易占比的变动, 表示出来的方法, 有两方面优势: ①当研究者可以直接获取 $(\hat{\pi}_{nn}^j, \hat{P}_n^j)$ 的数据时, 贸易自由化在全球价值链当中的福利效应

即可用简单的公式求出,这一结果已经考虑到了多边贸易相互影响和上下游产业的联动效应。②当评估尚未发生的政策,或者 $(\hat{\pi}_{nn}^j, \hat{P}_n^j)$ 无法从数据中直接得到时,研究者可以利用均衡条件联立求解均衡结果的变动,同样可以做出政策评估。这一做法的具体步骤请参考 CP(2015)。

3. 贸易弹性估计与反事实分析

CP(2015)的均衡条件和福利刻画指出,各行业双边贸易对双边贸易成本的弹性(简称贸易弹性)是求解贸易的福利效应的关键。因此,这一节首先介绍 CP(2015)对于贸易弹性相应参数的估计方法,即结构模型应用步骤的第 5 和第 6 步,再基于这一估计结果,介绍其反事实政策分析的结果,即结构模型应用步骤的第 7 步。

(1)贸易弹性估计。CP(2015)除了将全球价值链引入贸易模型,其另一大贡献在于采用了一种更为简洁的方法来估计贸易弹性。对任意三个国家 $i \neq n \neq h$,取 i 到 n 、 n 到 h 、 h 到 i 在行业 j 的出口量 X_{in}^j 、 X_{nh}^j 、 X_{hi}^j 。以及相对应的出口量 X_{ni}^j 、 X_{hn}^j 、 X_{jh}^j 。通过双边贸易额的引力方程式可以得到:

$$\log \left(\frac{X_{in}^j X_{nh}^j X_{hi}^j}{X_{ih}^j X_{hn}^j X_{ni}^j} \right) = -\theta^j \log \left(\frac{\kappa_{in}^j \kappa_{nh}^j \kappa_{hi}^j}{\kappa_{ih}^j \kappa_{hn}^j \kappa_{ni}^j} \right) = -\theta^j \log \left(\frac{t_{in}^j t_{nh}^j t_{hi}^j}{t_{ih}^j t_{hn}^j t_{ni}^j} \right) + \varepsilon^j \quad (17)$$

其中 θ^j 表示贸易弹性, ε^j 表示误差项。基于上式利用最小二乘法即可估计贸易弹性 θ^j 。估计的唯一假设是,双边贸易成本当中除了关税之外的非对称因素(举例而言,双边距离是一个对称的贸易成本)与关税水平线性不相关。这一假设弱于之前结构模型估计贸易弹性所用的假设。

虽然上述估计模型参数的方法能够较好地处理内生性问题,但在后续的应用过程中这一方法还是暴露出明显的不足:①此方法对贸易数据的质量要求较高,任意两国间的贸易量不能为零。而在实际贸易数据中,双边的贸易量为零的情况经常出现。②为了能够更有效地估计参数,需要关税的变动足够大。然而随着 WTO 协定、北美自由贸易协定等旨在降低关税的协议被越来越多的国家接受,商品关税尤其是制造业产品关税已经日渐稳定在较低的水平。这就意味着使用近几年的关税数据不能有效地估计贸易弹性。

(2)反事实分析。利用上述估计好的结构模型,CP(2015)主要进行了两个反事实分析:①将世界其他地区的关税水平固定在 1993 年,研究 1993—2005 年北美自由贸易区关税的变动对墨西哥、美国和加拿大福利的影响。研究发现贸易自由化不仅使得三国的贸易量增加,也提高了各国的实际工资水平。其中,墨西哥在贸易自由化的过程中获益最大。②给定全世界的关税水平已经降低的情况下,探讨北美自由贸易区关税减少对世界其他国家的福利影响。研究发现每一个国家都在贸易自由化的过程中获得了福利改进。

需要再次强调的是,以上反事实分析结果是基于多国的一般均衡模型,在各国需求函数和生产率严格不变的情况下,单独改变贸易成本得到的,因此是对已有贸易政策的合理评估,同时可以应用于对其他尚未实施的贸易政策进行评估。另外,对于这种多国多产业包含全球分工和价值链的环境,理论的解析解或者简约式实证分析都很难得出令人信服的结论,结构模型则体现其优势和价值。

4. 结构模型在全球价值链研究中的其他应用

结构模型在全球价值链研究中最新的里程碑式的作品是 Antras and de Gortari(2017)。他们将序贯生产(Sequential Production)的性质和国际分工引入到了多国的一般均衡模型当中,得到了之前 Yi(2003,2010)、Johnson and Moxnes(2016)以及 Fally and Hillberry(2018)强调的全球价值链带来中间品反复穿越国境,并且贸易弹性随着下游度而提升的特性。他们使用跨国的投入产出数据估计了模型参数,分析了全球价值链下贸易政策的含义,拓展了之前 Antras and Staiger(2012)以及

Blanchard et al.(2016)的工作。

结构模型在全球价值链研究中的另一个发展方向是对企业之间投入产出联系和贸易关系的研究。Tintelnot et al.(2018)利用比利时企业间中间品贸易的数据,估计了企业层级受到国际贸易直接和间接影响的程度,发现考虑企业间的投入产出网络对理解全球价值链的作用有重要影响。Fieler et al.(2018)利用哥伦比亚企业数据,估计出国际贸易通过企业之间投入产出网络,对国内企业质量提升的效应。而 Bernard et al.(2018b)则研究了国际贸易中企业与企业的交易网络对贸易政策效果的影响。

这些研究共同的特点是:发现企业与企业之间的贸易和投入产出联系,而不仅仅是宏观产业间的投入产出联系,对于理解政策冲击的国际国内传导,以及贸易的生产率及福利效益,具有重要的意义。因此,挖掘企业间微观层面的联系对于推动国际贸易研究深入有重要意义。

三、结构模型与异质性企业贸易模型

Melitz(2003)构建的异质性企业模型,开启了一系列从企业微观层面来解释国际贸易的研究。然而 Melitz(2003)强调的生产率异质性对企业贸易行为的影响,无法与实际的微观数据很好地拟合。为了真正意义上把企业微观层面的异质性与贸易政策的宏观影响结合起来,Eaton et al.(EKK, 2011)(后文简称 EKK(2011))拓展了 Melitz(2003),引入了企业在出口固定成本和目的国需求上的多重异质性,使得结构模型既可以较好地拟合真实的微观数据,又能够得出简洁的宏观影响。同时,EKK(2011)非常严谨地实施了结构模型应用的7个步骤,是理解结构模型在贸易研究当中应用的重要范例。

1. 数据和典型事实

在结构模型的应用当中,研究者常常在构建模型之前,就从数据中挖掘典型事实,以此说明构造结构模型的方向和必要性。EKK(2011)非常重视这一点。EKK(2011)利用23多万家法国制造业企业在113个国家出口的数据,归纳总结了如下典型事实:①进入某一市场的法国出口企业数量会随着该市场规模的扩大而增加;②尽管各个目的国市场在规模上有很大差异,企业的销售分布在这些目的国市场较为相似;③企业在法国本土的平均销售额会随着企业进入更多的市场而增加,随着进入更受欢迎的市场而减少;④企业的出口目的国不存在严格的嵌套关系,即进入某个目的国的企业并不一定同时向更受欢迎的目的国出口,但数据当中企业出口目的国的结构也不能用企业完全随机进入各目的国的模型来解释。这些事实表明,Melitz(2003)所强调的生产率的确对企业出口行为有很大的影响,但不足以解释微观层面上所有的出口行为。因此,需要一个扩展的 Melitz 模型来更好地拟合微观数据。

2. 模型设定与一般均衡

(1)生产者异质性:国家*i*拥有外生给定的潜在企业数量,其企业生产产品*j*的生产率为 $z_i(j)$,该生产率服从 Pareto 分布,其水平参数为 T_i 而形状参数为 θ 。要素投入成本为 $w_i(j)$,国家间的冰山贸易成本 $d_{in} \geq 1$ 。商品从*i*国销售到*n*国单位成本为:

$$c_{in}(j) = \frac{w_i(j)d_{in}(j)}{z_i(j)} \quad (18)$$

(2)需求与市场结构:对于每一个来自*i*国的企业而言,服务*n*国市场的消费者将面临一个固定成本 $E_{in}(j)$,它由三个部分组成: $\varepsilon_n(j)$ 表示在市场*n*销售产品*j*的固定成本; E_{in} 表示在*n*国市场

销售产品的所有 i 国企业都要面对的成本冲击; $M(f)$ 将企业需要支付的固定成本与其能够服务的消费者数量联系起来。

$$E_{in}(j) = \varepsilon_n(j) E_{in} M(f) \quad (19)$$

其中:

$$M(f) = \frac{1 - (1-f)^{\frac{1}{\lambda}}}{1 - \frac{1}{\lambda}} \quad (20)$$

$M(f)$ 方程的具体形式采用 Arkolakis(2010) 的设定。在这里可以将 $M(f)$ 理解为营销成本, 由于参数 $\lambda > 0$, 意味着随着企业能够服务更高比例的消费者 f , 其投入的营销成本也会随之增加。该方程的另一个特征在于当 $f=0$ 时, 企业的营销成本为 0, 随着 f 的增加, 营销成本缓慢递增。这样的方程形式很好地解释了数据中大部分企业不出口(较大的出口固定成本), 同时在出口的企业中, 大多数企业的出口额较小(占据较大的市场份额意味着很高的营销成本)。这一设定对于拟合微观数据非常重要。

在垄断竞争之下, 对于来自 i 国的企业出口产品 j 到 n 国, 并服务比例为 f 的消费者所获得的利润为:

$$\Pi_{in}(p, f) = \left(1 - \frac{c_n(j)}{p}\right) \alpha_n(j) f \left(\frac{p}{P_n}\right)^{-(\sigma-1)} X_n - \varepsilon_n(j) E_{in} M(f) \quad (21)$$

其中, $\alpha_n(j)$ 表示 n 国市场对于产品 j 的外生需求冲击, σ 是商品替代弹性。根据 Pareto 分布的性质, 求解企业利润最大问题, 最终可以得到企业在市场 n 的价格、销量以及最终面临的市场成本的表达式。

需要注意的是, EKK(2011) 同时引入出口固定成本冲击 $\varepsilon_n(j)$ 以及外生需求冲击 $\alpha_n(j)$ 是为了解释数据当中大企业不一定出口以及大企业在特定目标国出口较少的现象。在结构模型的方法中, 研究者经常在模型不同的位置加入类似的冲击或者结构性误差, 其目的并不是由于这些误差具有理论上的微观基础, 而仅仅是为了更好地拟合数据, 使得模型与数据联系更为紧密。换言之, 尽管理论无法解释这些误差项, 但它们的存在对于结构模型而言是必不可少的, 这也是结构模型与纯理论模型的主要区别。

(3) 均衡条件: 均衡要求产品市场总需求与总供给相等, 国家 i 的总产出 Y_i 等于各国对其产品需求总和:

$$Y_i = \sum_{n=1}^N \pi_{in} X_n \quad (22)$$

本文将上述产品市场出清条件转换为劳动力市场出清, 并通过该均衡条件决定各国工资水平 W_i 。由贸易引力模型可以写出 i 国出口到 n 国的产品总值占到 n 国消费总支出的比重 π_{in} :

$$\pi_{in} = \frac{T_i (W_i^\beta P_i^{1-\beta} d_{in})^{-\theta} (\sigma F_{in})^{-[\theta - (\sigma-1)]/(\sigma-1)}}{\sum_{k=1}^N T_k (W_k^\beta P_k^{1-\beta} d_{kn})^{-\theta} (\sigma F_{kn})^{-[\theta - (\sigma-1)]/(\sigma-1)}} \quad (23)$$

其中, F_{in} 和 F_{kn} 分别表示 i 国和 k 国受到的成本冲击。 σ 是商品替代弹性, β 是劳动投入比重。同时, n 国的价格指数可以表示为:

$$P_n = \bar{m} \kappa_1^{-1/\theta} \left[\sum_{i=1}^N T_i (W_i^\beta P_i^{1-\beta} d_{in})^{-\theta} (\sigma F_{in})^{-[\theta - (\sigma-1)]/(\sigma-1)} \right]^{-1/\theta} \left(\frac{X_n}{W_n} \right)^{(1/\theta) - 1/(\sigma-1)} \quad (24)$$

其中, \bar{m} 是常数, κ_1 是一个包含参数的表达式。以上均衡条件即可解出均衡结果 (W_i, P_i) 。跟之前介绍的 CP(2015) 一样, 均衡条件可以写成相对变化的表达式, 从而简化反事实分析。

3. 参数估计和样本外检定

EKK(2011) 完全基于其模型的结构, 利用企业层级的微观数据, 估计了以下五个参数:

$$\Theta = \{\hat{\theta}, \lambda, \sigma_\alpha, \sigma_\eta, \rho\} \quad (25)$$

其中, $\hat{\theta} = \theta / (\sigma - 1)$ 是贸易弹性和替代弹性的组合, 而 $(\sigma_\alpha, \sigma_\eta, \rho)$ 则反映了出口固定成本冲击和需求冲击的方差和协方差。具体地, EKK(2011) 利用模拟矩估计 (Simulated Methods of Moments) 的方法, 先随机生成若干企业样本, 在给定 Θ 下, 求解这些模拟企业的生产和出口行为, 并计算与其出口的扩展边际 (Extensive Margin) 和集约边际 (Intensive Margin) 相关的统计量, 进而调节 Θ 使得这些模拟的统计量与数据中对应的统计量距离最小化。EKK(2011) 还详细地讨论了这些矩条件对每一个参数的识别作用 (Identification)。

基于上面模拟矩估计的结果, EKK(2011) 进一步讨论了模型模拟的结果和数据的对应状况, 发现模型能够很好地模拟数据当中企业在各目的国的出口、出口企业在法国的销售额, 以及各企业的出口密度。能够拟合这些在估计中没有直接使用的矩条件, 证明了 EKK(2011) 模型对微观层面的出口数据具有较好的解释能力。

4. 反事实分析

在这一部分 EKK(2011) 希望通过反事实分析来研究加总层面的政策冲击如何影响个体企业的行为。与之前讨论的 CP(2015) 类似, 他们应用 Dekle et al. (2008) 方法, 首先定义 $\hat{x} = x' / x$, 其中, x' 表示政策实施后的状态, x 表示基准状态, \hat{x} 表示变动率。根据定义可以分别写出贸易份额的变动形式:

$$\hat{\pi}_{in} = \frac{(\hat{W}_i^\beta \hat{P}_i^{1-\beta} \hat{d}_{in})^{-\theta} \hat{F}_{in}^{-[\theta - (\sigma - 1)] / (\sigma - 1)}}{\sum_{k=1}^N \pi_{kn} (\hat{W}_k^\beta \hat{P}_k^{1-\beta} \hat{d}_{kn})^{-\theta} \hat{F}_{kn}^{-[\theta - (\sigma - 1)] / (\sigma - 1)}} \quad (26)$$

以及价格指数的变动形式:

$$\hat{P}_n = \left[\sum_{i=1}^N \pi_{in} (\hat{W}_i^\beta \hat{P}_i^{1-\beta} \hat{d}_{in})^{-\theta} \hat{F}_{in}^{-[\theta - (\sigma - 1)] / (\sigma - 1)} \right]^{-1/\theta} \left(\frac{\hat{X}_n}{\hat{W}_n} \right)^{(1/\theta) - 1 / (\sigma - 1)} \quad (27)$$

最后, 将 114 个国家的相关数据 (包括各国生产总值、贸易量、制造业产品产量等) 以及由参数估计得到的 $\beta = 0.34$ 应用到模型中, 通过反事实分析, 若贸易成本下降 10 个百分点, 则可以得到: ① 会提高各国的实际工资水平, 对于法国出口企业而言, 贸易自由化意味着国内销量的减少和对外出口的大幅增加。② 因成本下降带来的收入增长大部分是由大企业所贡献的, 也就是说大企业在贸易自由化的过程中获益更多。③ 对于中小企业而言, 贸易自由化更多的是降低了出口的门槛成本, 使得更多的小企业参与到国际贸易当中。这些宏观效应与 Melitz (2003) 的理论预测完全一致, 但 EKK(2011) 的重要意义在于基于微观层面的出口数据, 严谨地估计了一个拓展的 Melitz 模型当中的参数, 量化了 Melitz (2003) 基于企业异质性得到的贸易的生产率和福利效应。

5. 结构模型在异质性企业贸易模型中的其他应用

将企业层级数据的特性与宏观模型结合, 量化企业异质性的宏观含义, 一直以来都是结构模型应用的重点。Antras et al. (2017) 考虑了企业进口投入品的来源国选择问题, 估计了一个带有来源国进口固定成本的一般均衡模型, 很好地拟合了美国企业的进口数据, 并且发现了进口来源国之间

的互补性。Hottman et al.(2016)设置了一个高度灵活的模型来容纳企业各个侧面的异质性,从而估计出微观数据当中企业异质性的来源及其含义。Redding and Weinstein(2018)利用企业数据将贸易的宏观含义进行分解,发现比较优势主要由产品种类(Variety)的变化决定。Lim(2018)则引入了企业在投入产出网络上的异质性,利用美国数据估计了投入产出网络对企业的影响。Liu and Wang(2018)讨论的是企业在知识扩散网络上的异质性,利用中国数据估计了知识网络的宏观效应。

除了贸易,跨国企业与FDI也是结构模型应用的重要领域。Tintelnot(2017)利用德国跨国企业数据估计了一个带有出口平台(Export Platform)的多国一般均衡模型,量化了Helpman et al.(2004)关于企业跨国生产的理论模型。Bernard et al.(2018a)则构造了一个全球企业的模型,将企业的跨国生产、投入品购买、产出销售的全部地理选择囊括其中,凸显了跨国企业的宏观经济巨大的影响力。Coşar et al.(2018)以及Head and Mayer(2018)利用汽车行业全球生产和贸易的数据估计了跨国企业总部位置对其全球生产和销售的影响。Cravino and Levchenko(2017)构造了一个跨国企业的动态模型,利用微观数据估计了跨国企业对宏观冲击的国际传导作用。Bilir and Morales(2018)利用美国的跨国企业数据估计了母公司研发对子公司生产率的影响,从而检验了跨国企业对知识扩散的作用。

四、结构模型与动态空间模型

Allen and Arkolakis(2014)将国际贸易中商品在区域间的流动引入空间经济模型,从而开启了一系列将国际贸易理论与空间地理相结合的研究。与静态的Allen and Arkolakis(2014)模型不同,Desmet et al.(2018)构建了一个动态的空间经济增长模型来研究人口的流动与集聚,企业的创新对一个地区的经济增长带来的动态影响。在这一类模型当中,生产率的分布不再是外生给定的,而是来自于创新活动对创新利润的最优反应。因此这类模型可以很好地将空间集聚、区域政策和长期增长联系起来。其面临的挑战是,如何在一个复杂的地理空间中,求解创新的动态决策。Desmet et al.(2018)将这个动态问题简化成重复的静态问题(Repeated Static Problem),从而开创了动态空间模型的有效工具。

1. 模型设定

(1)偏好与个体选择。在经济地理模型中,消费者的效用一方面来自对商品的消费,另一方面来自其住地的宜居程度(Amenity)。消费者在 t 时期的效用函数可以写为以下方程:

$$u_t^i(\bar{r}_-, r) = a_t(r) \left[\int_0^1 c_t^\omega(r)^\rho d\omega \right]^{\frac{1}{\rho}} \varepsilon_t^i(r) \prod_{s=1}^t m(r_{s-1}, r_s)^{-1} \quad (28)$$

$$Pr[\varepsilon_t^i(r) \leq z] = \exp^{-z^{\frac{1}{\Omega}}} \quad (29)$$

其中, $1/(1-\rho)$ 表示商品替代弹性,并且 $0 < \rho < 1$ 。 $c_t^\omega(r)$ 表示 t 时期消费者在地区 r 对商品 ω 的消费量。 $m(r_{s-1}, r_s)$ 表示消费者从地区 r_{s-1} 移动至 r_s 的成本。 $\varepsilon_t^i(r)$ 表示不同消费者对于地区 r 的喜恶程度,服从Frechet分布。参数 $\Omega < 1$, Ω 的取值越大意味着对于地区喜恶的异质性程度越高。

另外,效用函数中 $a_t(r)$ 项表示地区 r 的宜居程度。 $\bar{a}_t(r) > 0$ 是外生给定的连续函数。 $\bar{L}_t(r)$ 表示 t 时期地区 r 的人口密度。 λ 是一个固定的参数且 $\lambda > 0$ 。从 $a_t(r)$ 的表达式中可以看到,一个地区的宜居程度与其人口密度呈负相关关系。这也意味着虽然人口的集聚效应会带来正的效应,但随着人口

增加,地区宜居程度恶化,最终达到一个均衡的状态。

$$a_i(r) = \bar{a}_i(r) \bar{L}_i(r)^{-\lambda} \quad (30)$$

接下来需要关注消费者对于居住地的选择问题。每一期,当消费者得到对某地区的喜恶程度后,会选择在哪个地区居住。这个选择过程受制于不同地区间的移动成本。在这里引入一个关键假设: $m(s,r) = m_1(s)m_1(r)$,在这样的前提假设下,消费者对于居住地的选择仅仅与当前变量有关,而与其之前的迁移历史或者未来的经济状况无关。这也意味着居住地选择是一个静态的过程,由于不需要追踪消费者的迁移历史,这在很大程度上简化了模型假设。

(2)生产者问题。商品 ω 的生产需要土地和劳动力的投入。 $L_t^\omega(r)$ 表示 t 时期生产所需投入的单位劳动力。企业的生产率取决于 $\phi_t^\omega(r)$ 和 $z_t^\omega(r)$,前者体现了企业的生产技术创新,后者代表生产某一具体产品的生产率。 γ_1 和 μ 为参数,并且 $\gamma_1, \mu \in (0, 1]$ 。

$$q_t^\omega(r) = \phi_t^\omega(r)^{\gamma_1} z_t^\omega(r) L_t^\omega(r)^\mu \quad (31)$$

$z_t^\omega(r)$ 在这里依然服从Frechet分布,其中, $\theta > 0, \alpha \geq 0$ 是外生参数。但与静态的空间地理模型不同的是,在这里通过定义 $T_t(r) = \tau_t(r) \bar{L}_i(r)^\alpha$ 引入了企业的创新过程:

$$F(z, r) = \exp^{-T_t(r)z^{-\theta}} \quad (32)$$

$\tau_t(r)$ 的取值由一个内生的动态创新过程决定,不仅取决于企业过去在当地所做出的创新的选择,还取决于其他地区的潜在创新能力 $\phi^\omega(\cdot)$ 。 η 是常数, γ_1 和 γ_2 为参数并且 $\gamma_1, \gamma_2 \in (0, 1]$ 。在 t 时期,企业在地区 r 的生产率表示为:

$$\tau_t(r) = \phi_{t-1}(r)^{\theta\gamma_1} \left[\int_S \eta \tau_{t-1}(s) ds \right]^{1-\gamma_2} \tau_{t-1}(r)^{\gamma_2} \quad (33)$$

接下来探讨企业利润最大化问题。一个关键的假设是,企业在创新的当期享受创新带来的垄断利润,而到了下一期,创新的结果就会对所有当地企业公开,使得垄断利润消失。因此企业的创新决策只需要最大化当期利润。一个位于地区 r 的企业,销售产品所获得的收入需要支付当地劳动者的工资、地租 $R_t(r)$ 以及研发费用 $W_t(r)v\phi_t^\omega(r)^\xi$, $v\phi_t^\omega(r)^\xi$ 表示当企业使用其他地区的创新成果 $\phi_t^\omega(r)$ 需要雇佣的单位劳动,其中 ξ 是参数。

$$\max_{L_t^\omega(r), \phi_t^\omega(r)} p_t^\omega(r, r) \phi_t^\omega(r)^{\gamma_1} z_t^\omega(r) L_t^\omega(r)^\mu - w_t(r) L_t^\omega(r) - w_t(r) v \phi_t^\omega(r)^\xi - R_t(r) \quad (34)$$

由一阶最大化条件得到价格的表达式:

$$p_t^\omega(r, r) = \frac{mc_t(r)}{z_t^\omega(r)} \quad (35)$$

其中, $mc_t(r)$ 表示在 t 时期生产所需的要素成本,其表达式为:

$$mc_t(r) \equiv \left[\frac{1}{\mu} \right]^\mu \left[\frac{v\xi}{\gamma_1} \right]^{1-\mu} \left[\frac{\gamma_1 R_t(r)}{w_t(r)v(\xi(1-\mu) - \gamma_1)} \right]^{(1-\mu) - (\gamma_1/\xi)} w_t(r) \quad (36)$$

(3)地区间贸易平衡。Desmet et al.(2018)定义 $\zeta(s, r) \geq 1$ 表示地区 s 与 r 之间的贸易成本。则在 s 地生产的产品运输到 r 地的价格表示为: $p_t(s, r) = p_t(s, r)\zeta(s, r)$ 。同样地,可以参考国家的贸易

引力模型,写出 r 地的总消费中来自于 s 地产品所占的份额 $\pi_t(s, r)$:

$$\pi_t(s, r) = \frac{T_t(r)[mc_t(r)\zeta(r, s)]^{-\theta}}{\int_s T_t(u)[mc_t(u)\zeta(s, u)]^{-\theta} du} \quad (37)$$

价格指数 $P_t(s)$ 表示为:

$$P_t(s) = \Gamma \left(\frac{-\rho}{(1-\rho)\theta} + 1 \right)^{-(1-\rho)/\rho} \left\{ \int_s T_t(u)[mc_t(u)\zeta(s, u)]^{-\theta} du \right\}^{-1/\theta} \quad (38)$$

同样地,也可以写出区域间的贸易平衡表达式:

$$w_t(r)H(r)\hat{L}_t(r) = \int_s \pi_t(s, r)w_t(s)H(s)\hat{L}_t(s)ds \quad (39)$$

(4)一般均衡。对于消费者而言,首先考虑移动成本的前提下,选择合适的居住地,并通过商品消费量的选择和当地人口的集聚效应实现效用最大化。对于企业而言,需要求解利润最大化问题。各个地区间商品的贸易需要满足平衡条件。在每一个区域 r 有商品市场出清,劳动力市场出清条件以及土地市场的均衡。

(5)模型参数。在这篇文献中,求解均衡共需要计算 12 组参数值。除了生产函数和效用函数中的参数,还需要估计各地区的生产率水平和宜居度参数,当然还包括两地间的移民成本和商品运输成本。在这里因篇幅所限仅介绍宜居度参数的估计。

理论假设一个地区的宜居程度与当地人口成反比。参数 λ 表示宜居度对于人口密度的弹性。将方程 $a_t(r) = \bar{a}_t(r)\bar{L}_t(r)^{-\lambda}$ 取对数得到以下方程。这里作者使用 Desmet and Rossi-Hansberg(2013)中美国 192 个城市统计区的人口以及宜居度的数据对下式进行了估计:

$$\log(a(r)) = E(\log(\bar{a}_t(r))) - \lambda \log(\bar{L}_t(r)) + \varepsilon_a(r) \quad (40)$$

$\varepsilon_a(r)$ 是误差项。上述回归方程的问题在于,不仅人口会影响宜居程度,宜居程度也会反过来影响人口的集聚。为了解决内生性问题,Desmet et al.(2018)使用了地区层级的生产率来作为其人口的工具变量。两阶段回归的结果得到 $\lambda=0.32$ 。

2. 反事实分析:世界经济演化

为了更好地理解地理空间与经济增长间的联系,Desmet et al.(2018)使用各国间以及国家内部的数据对人口的空间分布,生产率以及经济增长的演化进行了研究,主要发现:①以 2000 年为基准,测度了人口在空间上的分布,生产率以及经济增长率。研究发现发达国家普遍具有较高的基准生产率,尽管发展中国家总体生产率水平较低,但在其国家内部,大城市的基准生产率要高于其他地区。在基准情况下,人口密度和生产率之间并没有很强的联系,体现为高人口密度、高生产率和高人口密度、低生产率并存的情况。然而在动态演进的过程中,这一联系逐渐加强,长期而言,高人口密度的区域通常伴随高生产率,原因在于高人口密度的穷国会有较高的创新投入,这一投入在未来逐渐转化为技术进步和经济增长。②作者进一步放开了人口的流动,在允许自由移民的条件下,研究发现,移民提高了人口密度与生产率之间的关系,类似于高人口密度、低生产率的国家在自由移民的前提下很少出现;允许自由移民在动态上会对经济增长产生更为深远的影响;在国家内部,相较于基准情况,人口会更倾向于往沿海地区集中。

Desmet et al.(2018)最重要的贡献在于构建了一个动态模型来研究空间上的不均衡对于经济

发展的影响。相较于静态模型,动态模型能够让研究者更好地理解随着人口的集聚,创新的投入对一个国家或者地区的生产率以及经济增长的长期影响。同时也为之后研究诸如贸易政策,环境政策的动态效应提供了模型工具。

3. 结构模型在动态空间模型中的其他应用

贸易政策和区域政策可以通过改变空间上的创新和要素分布,产生持续性的、动态的影响。这些影响在之前考虑长期稳态的静态模型中无法得到刻画。因此近来的结构模型越来越多地被应用到动态贸易和空间模型之上。Anderson et al.(2017)构造了一个内生资本积累的多国贸易模型,识别了贸易对长期增长的影响。Buera and Oberfield(2017)则考虑了贸易对技术扩散的作用,构建了一个通过贸易传播技术的动态一般均衡模型。Cai and Li(2018)强调了不同产业在技术空间中的异质性,构造了一个产业间有技术扩散的贸易模型,并用美国专利引用数据进行了估计。

在空间模型上,Allen and Donaldson(2018)构造了一个空间交迭世代模型(Overlapping Generation Model),讨论了空间中的路径依赖现象。Caliendo et al.(2018)利用Desmet et al.(2018)的模型讨论了美国行业和地区上的冲击如何带来动态的总体的影响。

五、参数估计与校准

结构模型方法是以理论模型的均衡条件为指引,从数据估计出不随政策变化的深层参数,进而以此为基础进行反事实分析的实证方法。因此,在结构模型方法中,参数的估计(Estimation)与校准(Calibration)处于方法论的核心地位,是连接起理论框架与政策评估的桥梁。

本节简要地讨论结构模型当中用到的常用估计方法和参数估计需要注意的一些问题。由于结构模型的参数估计高度依赖于具体模型的结构,因此不存在如简约式方法当中对计量模型和估计方法的一般性讨论,更深入细致的讨论需要结合特定模型进行。

最常用的参数估计方法仍然是回归分析和最小二乘法(Ordinary Least Square, OLS)。但与简约式模型直接列出因变量与自变量之间的线性表达式不同,结构模型中的线性回归方程必须来源于模型的均衡条件。换言之,利用线性回归进行的结构模型参数估计,其回归系数是具有结构含义的深层参数,而不是简约式方法当中强调的处理效应(Treatment Effect)。最常用线性回归估计的参数是贸易额对贸易成本变动的弹性(简称贸易弹性),这个参数对于贸易的福利效应极其重要(Arkolakis et al., 2012),而估计的方法则是将结构引力模型对数线性化,将双边贸易额对双边关税率回归,控制双边距离变量和出口国与进口国的固定效应。Eaton and Kortum(2002)、Costinot et al.(2012)、Simonovska and Waugh(2014)、Caliendo and Parro(2015)、Arkolakis et al.(2018)都采用此方法估计贸易弹性,得出的结果虽有差异但大体可比,本节将对这一参数值做简要总结。

结构模型的参数估计并不能自动避免内生性(Endogeneity)问题,因此在很多重要参数的估计中,工具变量(Instrumental Variable, IV)是识别参数所必需的,这一点上,结构模型与简约式模型并无不同。结构模型运用IV的优势在于,理论往往指出了回归式中的误差项的具体含义,这为研究者寻找或者构造IV提供了帮助。结构模型估计中构造IV有两种思路:①根据模型结构寻找与误差项理论上无关的外部冲击,例如,Adao et al.(2019)为了估计地区和产业层面上的集聚效应(Agglomeration Effect),就利用国际冲击,构造了一个以模型为基础的最优IV。②利用外生政策冲击。与简约式模型不同,此处外生政策冲击的作用不再是识别处理效应,而是结合模型识别深层参数。例如,Ahlfeldt et al.(2015)为了估计城市空间内部的集聚效应和溢出效应的相关参数,利用了柏林墙的修建和拆除作为外生冲击,解决了这一领域长期存在的参数识别难题。

在多数情况下,结构模型的均衡条件很难被简化成线性回归的形式,因此更常用的参数估计方法是矩(Moments)方法,如广义矩方法(General Method of Moments)和模拟矩方法。矩方法对均衡条件形式限制较少,对识别假设要求也较少,因此能够适应各种复杂模型的估计需要。EKK(2011)利用模拟矩方法,从法国出口企业的数据中估计了贸易弹性以及企业营销成本与市场规模的弹性。Fieler et al.(2018)利用模拟矩方法结合哥伦比亚企业的产量和价格数据,估计了企业投入品质量和产出质量关系相关参数。Liu and Wang(2018)运用约束下的模拟矩方法估计了企业间知识溢出的网络结构。

最后,由于很多结构模型涉及离散选择问题(Discrete Choice),最大似然估计也是常用的参数估计方法。Tintelnot(2017)运用约束下的最大似然估计估计了跨国企业在海外建立分支的固定成本。Irrazabal et al.(2013)运用最大似然估计揭示了企业内部贸易在跨国企业活动当中的作用。最大似然估计对误差项分布的假设较为严格,但在假设成立的情况下效率(Efficiency)较高。

以上介绍的估计方法,需要与具体的模型紧密结合,根据模型的均衡条件和数据情况选择合适的识别假定以及估计方法。这种具体运用估计方法的能力也是结构模型方法入门门槛较高的原因。最后,本节总结文献中常用参数的数值范围,以供参考(见表1)。

表 1 结构贸易模型常用参数数值范围

参数	数值范围	文献
产业内产品间替代弹性	2—8,通常取 4 或者 6	Brod a and Weinstein (2006), Feenstra et al. (2018)
双边贸易额对贸易成本的弹性	2—12,通常取 4 或者 6	Eaton and Kortum (2002), Costinot et al. (2012), Simonovska and Waugh (2014), Caliendo and Parro (2015), Arkolakis et al. (2018)
产业平均生产率对产业规模的弹性	0.05—0.30,通常取 0.10	Bartelme et al.(2018), Lashkaripour and Lugovskyy (2016), Greenstone et al. (2010)
国内移民收入弹性 (Income-elasticity of Migration)	2.5—4.0	Bryan and Morten(2018), Tombe and Zhu (2019), Fan (2019)
跨国企业分支间替代弹性	0.55	Arkolakis et al. (2018)
劳动供给的工资弹性	1.8—3.0	Hsieh et al. (2013), Burstein et al. (2016), Galle et al. (2015)

需要注意的是,在结构贸易模型的实践中,一篇文章核心的、具有创新性的相关参数一般需要从数据中估计或者校准得到,其他非核心的参数才可以从文献中直接引用。

六、结构模型在贸易研究中的应用前景

本文全面地介绍了结构模型的定义、目的和实施步骤,并详细说明了结构模型在国际贸易研究的三个重要领域当中的应用。本节将对结构模型方法的优势和局限进行总结,并讨论这一方法在国际贸易研究中应用的前景。

结构模型本质上是一种将理论模型和数据紧密结合,充分利用理论的各种特性指导实证研究的范式。其模型的结构、估计的方法以及反事实分析的形式随着关心的问题和数据的形式需要相应地调整,在很多方面并没有严格统一的方法论依据,而是依赖于经验判断。这也是结构模型方法入门门槛较高的原因。因此本文较为详细地描述了三篇重要文献的主要过程,希望能够通过不同的应用,让读者体会到结构模型方法的一些基本原则和共性,一些无法覆盖到的细节,有兴趣的读

者可以参考论文原文。

结构模型的优势,在于识别出经济当中不随政策变化的深层参数(Deep Parameters),从而保证在这些参数给定的情况下,可以对相应政策进行合理的评估。特别地,这些政策可以是已经发生的,也可以是假想的、尚未实施的。对于后者的评估是结构模型独特的优势。然而,结构模型的这些优势并不是没有代价的。它之所以能够识别深层参数,原因在于引入了更严格的假设,而有些假设争议较大。与简约式方法相比,结构模型对假设的容错度更低,错误的假设将带来量化结果严重的偏误。但与此同时,结构模型的一个优点是将其依赖的假设明确地列出,可以讨论哪些假设在什么意义上的失效可能对结论造成什么影响,这一点在很多简约式研究中处于隐藏状态。

接下来回答两个重要的问题:①如何开始构建一个结构模型的研究项目?一个最重要的原则是从最后一步开始,进行一个思维实验。即需要问,如果模型构建顺利、估计结果良好,有哪些有意义的反事实实验可做?读者会不会对这些反事实结果感兴趣?如果答案为是,则才有从第一步开始进行的必要。在开始一个结构模型项目之前,务必要将你要进行的反事实实验和可能的量化结果对不同的听众进行宣讲,征求意见,以免在意义不大的题目上花费巨量的时间和精力。②哪些研究题目适合采用结构模型?结构模型只是进行实证分析的一种工具,其特性使得它有明显的比较优势。通常而言,适合结构模型的题目有两个特点:①是其基于的理论争议较少,属于被人广泛接受的理论基础。把结构模型构筑在颇有争议的理论基础之上是风险很高的行为。②是对于理论涉及到的行为主体,具有描述其行为较为完整的数据。例如,结构模型通常对企业和家户建模,而对政府建模的情况较少,因为相对于企业和家户,经济学家对政府行为目标的了解较少,数据也较少。这两个特点可以帮助判断结构模型的适用范围。

结构模型在国际贸易中的应用正经历飞速的发展,与本文之前讨论的几个重要应用领域相比,最近前沿的文献出现了以下两个趋势:①对微观基础和参数识别机制的强调。随着模型的丰富性和复杂化,结构模型所涉及的参数不断增加,这反过来对参数的微观基础和识别提出了更高的要求。不能得到很好识别的参数无法为政策评估提供指导。一个典型的例子是产业层面的外部规模经济,它在理论上被认为对贸易的效应有重要的作用,但其识别面临很难克服的内生性问题。最近 Adao et al.(2019)提出了基于模型的最优工具变量法来识别外部规模经济。Bartelme et al.(2018)利用类似思路估计了产业层面的外部规模经济。Lashkaripour and Lugovskyy(2016)则利用企业进口数据克服了识别问题。将核心的深层参数始终建立在坚实的微观基础和识别策略上是结构模型发展的重要原则。②对具体政策背景的强调。相比结构模型在国际贸易领域最初的运用,前沿文献越来越强调量化真实具体政策的影响。Eaton et al.(2016)的动态模型详细分解了金融危机期间导致国际贸易衰退的因素,量化了每一项真实因素带来的贸易和福利效应。Fajgelbaum et al.(2019)讨论了美国各州之间税收扭曲和协调州税减少扭曲的政策。Faber and Gaubert(2018)讨论了旅游业对墨西哥区域发展的影响。Allen and Arkolakis(2019)则讨论了交通基础设施对美国的影响。结合具体的政策背景,一方面能够说明结构模型的重要意义,另一方面能够为模型的估计提供帮助。

[参考文献]

- [1]Adao, R., C. Arkolakis, and F. Esposito. Spatial Linkages, Global Shocks, and Local Labor Markets: Theory and Evidence[R]. NBER Working Paper, 2019.
- [2]Ahlfeldt, G. M., S. J. Redding, D. M. Sturm, and N. Wolf. The Economics of Density: Evidence from the Berlin Wall[J]. *Econometrica*, 2015,83(6):2127-2189.
- [3]Allen, T., and C. Arkolakis. Trade and the Topography of the Spatial Economy[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2014,129(3):1085-1140.

- [4]Allen, T., and C. Arkolakis. The Welfare Effects of Transportation Infrastructure Improvements [R]. NBER Working Paper, 2019.
- [5]Allen, T., and D. Donaldson. The Geography of Path Dependence[R]. MIT Working Paper, 2018.
- [6]Anderson, J., M. Larch, and Y. Yotov. Trade and Investment in the Global Economy [R]. NBER Working Paper, 2017.
- [7]Antras, P., and A. de Gortari. On the Geography of Global Value Chains[R]. NBER Working Paper, 2017.
- [8]Antras, P., and R. W. Staiger. Offshoring and the Role of Trade Agreements [J]. *American Economic Review*, 2012,102(7):3140–3183.
- [9]Antras, P., T. C. Fort, and F. Tintelnot. The Margins of Global Sourcing: Theory And Evidence from U.S. Firms[J]. *American Economic Review*, 2017,107(9):2514–2164.
- [10]Arkolakis, C. Market Penetration Costs and the New Consumers Margin in International Trade [J]. *Journal of Political Economy*, 2010,118(6):1151–1199.
- [11]Arkolakis, C., A. Costinot, and A. Rodríguez–Clare. New Trade Models, Same Old Gains [J]. *American Economic Review*, 2012,102(1):94–130.
- [12]Arkolakis, C., N. Ramondo, A. Rodríguez–Clare, and S. R. Yeaple. Innovation and Production in the Global Economy[J]. *American Economic Review*, 2018,108(8):2128–2173.
- [13]Bartelme, D., A. Costinot, D. Donaldson, and A. Rodriguez–clare. External Economies of Scale and Industrial Policy: A View from Trade[R]. MIT Working Paper, 2018.
- [14]Bernard, A. B., J. B. Jensen, S. J. Redding, and P. K .Schott. Global Firms [J]. *Journal of Economic Literature*, 2018a,56(2):565–619.
- [15]Bernard, A., A. Moxnes, and K. H. Ulltveitmo. Two–sided Heterogeneity and Trade [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2018b,100(3):424–439.
- [16]Bilir, L. K., and E. Morales. Innovation in the Global Firm[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [17]Blanchard, E. J., C. P. Bown, and R. C. Johnson. Global Supply Chains and Trade Policy[R]. NBER Working Paper, 2016.
- [18]Broda, C., and D. E. Weinstein. Globalization and the Gains from Variety[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2006,121(2):541–585.
- [19]Bryan, G., and M. Morten. The Aggregate Productivity Effects of Internal Migration: Evidence from Indonesia[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [20]Buera, F. J., and E. Oberfield. The Global Diffusion of Ideas[R]. NBER Working Paper, 2017.
- [21]Burstein, A., G. Hanson, L. Tian, and J. Vogel. Trade Ability and the Labor–Market Impact of Immigration: Theory and Evidence from the U.S[R]. NBER Working Paper, 2016.
- [22]Cai, J., and N. Li. Growth through Inter–sectoral Knowledge Linkages [J]. *The Review of Economic Studies*, 2018, <https://doi.org/10.1093/restud/rdy062>.
- [23]Caliendo, L., and F. Parro. Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA [J]. *Review of Economic Studies*, 2015,82(1):1–44.
- [24]Caliendo, L., F. Parro, E. Rossi –Hansberg, and P. D. Sarte. The Impact of Regional and Sectoral Productivity Changes on the U.S. Economy[J]. *Review of Economic Studies*, 2018,85(4):2042–2096.
- [25]Coşar, A. K., P. L. E. Grieco, S. Li, and F. Tintelnot. What Drives Home Market Advantage [J]. *Journal of International Economics*, 2018,(110):135–150.
- [26]Costinot, A., D. Donaldson, and I. Komunjer. What Goods Do Countries Trade? A Quantitative Exploration of Ricardo’s Ideas[J]. *Review of Economic Studies*, 2012,79(2):581–608.
- [27]Cravino, J., and A. A. Levchenko. Multinational Firms and Business Cycle Transmission [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2017,132(2):921–962.

- [28] Dekle, R., J. Eaton, and S. Kortum. Global Rebalancing with Gravity: Measuring the Burden of Adjustment[J]. IMF Staff Papers, 2008,55(3):511–540.
- [29] Desmet, K., D. K. Nagy, and E. Rossi–Hansberg. The Geography of Development [J]. Journal of Political Economy, 2018,126(3):903–983.
- [30] Desmet, K., and E. Rossi–Hansberg. Urban Accounting and Welfare[J]. American Economic Review, 2013,103(6):2296–2327.
- [31] Eaton, J., and S. Kortum. Technology, Geography, and Trade[J]. Econometrica, 2002,70(5):1741–1779.
- [32] Eaton, J., S. Kortum, and F. Kramarz. An Anatomy of International Trade: Evidence from French Firms[J]. Econometrica, 2011,79(5):1453–1498.
- [33] Eaton, J., S. Kortum, B. Neiman, and J. Romalis. Trade and the Global Recession [J]. American Economic Review, 2016,106(11):3401–38.
- [34] Faber, B., and C. Gaubert. Tourism and Economic Development: Evidence from Mexico’s Coastline[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [35] Fajgelbaum, P. D., E. Morales, J. C. S. Serrato, and O. Zidar. State Taxes and Spatial Misallocation[J]. Review of Economic Studies, 2019,86(1):333–376.
- [36] Fally, T., and R. Hillberry. A Coasian Model of International Production Chains [J]. Journal of International Economics, 2018,(114):299–315.
- [37] Fan, J. T. Internal Geography, Labor Mobility, and the Distributional Impacts of Trade[J]. American Economic Journal: Macroeconomics, <http://dx.doi.org/10.1257/mac.2019>.
- [38] Feenstra, R. C., P. Luck, M. Obstfeld, and K. N. Russ. In Search of the Armington Elasticity [J]. Review of Economics and Statistics, 2018,100(1):135–150.
- [39] Feng, L., Z. Y. Li, and D. L. Swenson. Trade Policy Uncertainty and Exports: Evidence from China’s WTO Accession[J]. Journal of International Economics, 2017,(106):20–36.
- [40] Fieler, A. C., M. Eslava, and D. Y. Xu. Trade, Quality Upgrading, and Input Linkages: Theory and Evidence from Colombia[J]. American Economic Review, 2018,108(1):109–146.
- [41] Galle, S., A. Rodriguez–Clare, and M. Yi. Slicing the Pie: Quantifying the Aggregate and Distributional Effects of Trade[R]. NBER Working Paper, 2015.
- [42] Greenstone, M., R. Hornbeck, and E. Moretti. Identifying Agglomeration Spillovers: Evidence from Winners and Losers of Large Plants Openings[J]. Journal of Political Economy, 2010,118(3):536–598.
- [43] Handley, K., and N. Limão. Policy Uncertainty, Trade, and Welfare: Theory and Evidence for China and the United States[J]. American Economic Review, 2017,107(9):2731–2783.
- [44] Head, K., and T. Mayer. Misfits in the Car Industry: Offshore Assembly Decisions at the Variety Level[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [45] Helpman, E., M. J. Melitz, and S. R. Yeaple. Export Versus FDI with Heterogeneous Firms [J]. American Economic Review, 2004,94(1):300–315.
- [46] Hottman, C. J., S. J. Redding, and D. E. Weinstein. Quantifying the Sources of Firm Heterogeneity [J]. Quarterly Journal of Economics, 2016,131(3):1291–1364.
- [47] Hsieh, C. T., E. Hurst, C. I. Jones, and P. J. Klenow. The Allocation of Talent and U.S. Economic Growth[R]. NBER Working Paper, 2013.
- [48] Irarrazabal, A. A., A. Moxnes, and L. D. Oromolla. The Margins of Multinational Production and the Role of Intra–Firm Trade[J]. Journal of Political Economy, 2013,121(1):74–126.
- [49] Johnson, R. C., and A. Moxnes. Technology, Trade Costs, and the Pattern of Trade with Multi–Stage Production[R]. Dartmouth College Working Paper Series, 2016.
- [50] Lashkaripour, A., and V. Lugovskyy. Scale Economies and the Structure of Trade and Industrial Policy[R].

- Indiana University SSRIC Working Paper Series, 2016.
- [51]Lim, K. Endogenous Production Networks and the Business Cycle[R]. University of Toronto Working Paper, 2018.
- [52]Liu, C., and Z. Wang. Quantifying the Aggregate Effects of Inter-Firm Knowledge Networks [R]. Peking University Working Paper Series, 2018.
- [53]Low, H., and C. Meghir. The Use of Structural Models in Econometrics [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2017,31(2):33–58.
- [54]Lucas, R. Econometric Policy Evaluation: A Critique [J]. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier, 1976,1(1):19–46.
- [55]Melitz, M. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry [J]. *Econometrica*, 2003,71(6):1695–1725.
- [56]Redding, S. J., and D. E. Weinstein. Aggregating from Micro to Macro Patterns of Trade [R]. NBER Working Paper, 2018.
- [57]Reiss, P. C., and F. A. Wolak. Structural Econometric Modeling: Rationales and Examples from Industrial Organization[J]. *Handbook of Econometrics*, 2007,(6A):4277–4415.
- [58]Simonovska, I., and M. E. Waugh. The Elasticity of Trade: Estimates and Evidence[J]. *Journal of International Economics*, 2014,92(1):34–50.
- [59]Tintelnot, F. Global Production with Export Platforms[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2017,132(1):157–209.
- [60]Tintelnot, F., A. K. Kikkawa, M. Mogstad, and E. Dhyne. Trade and Domestic Production Networks[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [61]Tombe, T., and X. Zhu. Trade, Migration and Productivity: A Quantitative Analysis of China[EB/OL]. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20150811&&from=f>, 2019.
- [62]Yi, K. M. Can Vertical Specialization Explain the Growth of World Trade [J]. *Journal of Political Economy*, 2003,111(1):52–102.
- [63]Yi, K. M. Can Multi-Stage Production Explain the Home Bias in Trade[J]. *American Economic Review*, 2010,100(1):364–393.

Structural Models in International Trade

WANG Zi, ZHOU Yan-ling

(College of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract: The structural model, or the structural econometric model, is an empirical framework that combines explicit economic models with statistical models to estimate deep parameters that drive the economy, to simulate the real world, and to evaluate policy implications. Structural modeling is particularly important to the study of international trade, since international trade theories and policy practices often involve complex general equilibrium effects and welfare analysis. To propose reasonable policy suggestions, it requires incorporating factors from multiple countries and sectors into a unified quantifiable general equilibrium framework. This paper introduces the concepts and methodology of the structural modeling, discussing its advantages and limitations. To this end, we investigate three topics in international trade that attract increasing attention of structural modeling: the implications of global value chain, trade models with heterogeneous firms, and the dynamic spatial models. In each topic, we discuss the recent progress, the gaps in the literature, and the future directions.

Key Words: structural model; international trade; global value chain; dynamic spatial model

JEL Classification: F10 C50 C60

[责任编辑:许明]