

动态随机一般均衡模型全局非线性分析 方法研究进展

聂光宇 赵云霄*

摘要: 动态随机一般均衡 (DSGE) 模型是宏观经济学的主流模型。近年来,传统求解该模型的局部线性近似法的局限性愈发明显,而全局非线性方法逐渐兴起,在一系列前沿领域取得突破性进步,推动了宏观经济学发展。本文介绍全局非线性方法的一般性框架及其优势,随后梳理该方法在货币政策、金融危机、结构转型中的经济周期等课题上的最新成果。全局非线性方法可以提高宏观理论和量化分析的准确性和可靠性,有力推动国内宏观研究的进展。

关键词: 动态随机一般均衡模型;全局非线性解法;不完备金融市场

DOI: 10.13821/j.cnki.ceq.2024.04.01

一、引言

动态随机一般均衡 (DSGE) 模型的分析框架具有高度灵活性与广泛适用性,被应用于各类宏观经济问题的研究,包括经济增长和经济周期的分析及预测,以及宏观政策效果的评估等。2008 年全球金融危机前,学者们在使用 DSGE 模型进行分析和预测时,通常采用线性近似法,求解 DSGE 模型在确定性稳态附近的局部近似解。Blanchard and Kahn (1980) 等学者建立了线性近似方法的一般性框架,同时软件 Dynare (Adjemian et al., 2011) 的普及极大地促进了该方法的使用。

然而,金融危机的爆发凸显了线性近似法的局限性,主要体现在如下四个方面:一是当经济存在大幅外生冲击或表现出高度非线性时,线性近似得到的结果与经济现实之间存在巨大差别。诺贝尔经济学奖得主约瑟夫·斯蒂格利茨 (Stiglitz, 2018) 对此明确批评道:“能够刻画现实经济周期的 DSGE 模型通常依赖于线性近似法,在小幅冲击条件下求解。在巨幅冲击发生的区间,这种线性近似得到的结果将完全丧失有效性。”二是当存在零利率下限、借贷约束等偶然紧约束 (occasionally binding constraint) 时,该约束是否收紧会将经济划分为不同的状态区间。线性近似法得到的结果只能刻画稳态所处区间的经济波动,而其他区间经济周期的性质发生了变化,不能再用线性近似法来刻画。三是不适

* 聂光宇,上海财经大学商学院、富国 ESG 研究院、滴水湖高级金融学院;赵云霄,上海财经大学商学院。通信作者及地址:赵云霄,上海财经大学商学院,200433;电话:(021) 65906898;E-mail:zyxavazs@163.com。本文得到国家自然科学基金项目(71803124、72273080、72271253)、上海市教育发展基金会和上海市教委“曙光计划”、上海财经大学富国 ESG 研究院年度课题(SUFE-ESG-20240304),以及中央财经大学青年科研创新团队支持计划资助。作者感谢主编及两位匿名审稿人的宝贵意见。文责自负。

用于特定的研究课题,例如资产定价研究关注的核心变量之一是风险溢价,而线性化之后效用函数变为风险中性,风险溢价也就不存在了。四是无法刻画个体的预防性动机:企业和家庭预期到未来有可能发生危机时,会预防性地降低投资和消费、增加储蓄。线性近似法只能刻画经济受到真实冲击时的经济波动,无法刻画这种预防行为。

由于线性近似法的缺陷,并随着计算方法与运算能力的不断提升,全局非线性方法近年来得到蓬勃发展。该方法突破了上述问题,可以准确刻画宏观经济中的非对称、非线性、不可导、非连续、时变性等特征,深化了学者们对于不同经济机制与政策效果的理解,拓宽了DSGE模型的研究主题和内涵,并在多个领域取得了突破性成果,包括:(1)金融市场与实体经济的互动关系,以及金融风险防范,例如 Brunnermeier and Sannikov(2014)、He and Krishnamurthy(2012,2013)、Cao and Nie(2017)。(2)巨灾风险冲击,例如 Barro(2006)、Guerrieri et al.(2022)。(3)货币政策零利率下限,例如 Gust et al.(2017)、Cao et al.(2023a)。(4)资产定价的相关研究,例如 Heaton and Lucas(1996)、Guisen(2009)。(5)开放经济体金融危机的产生、影响及应对,例如 Mendoza(2010)、Bianchi(2011)、Devereux and Yu(2020)。

近年来,DSGE模型在中国宏观问题研究上得到了广泛应用,在多个领域取得了重要进展(文献综述参见李戎等(2022)),然而目前采用全局非线性解法探讨中国经济波动与增长的研究还不多(例如 Storesletten et al., 2019;熊琛和金昊,2018)。事实上,全局非线性解法对于分析中国经济问题格外重要。一方面,作为一个高速增长且不断转型的经济体,我国的经济现实与理论模型中的确定性稳态相差很远,很多现象无法通过基于稳态的局部近似法来刻画;另一方面,当前我国经济已经进入高质量发展阶段,需要创新和完善宏观调控理论与工具。这对宏观经济政策提出了新的要求和挑战,需要运用科学方法量化分析经济运行状况,增强宏观调控的前瞻性、针对性、协同性。全局非线性解法可以提高分析的可靠性和准确性,有助于宏观调控科学精准施策。

二、全局分析方法与局部近似法的比较

DSGE模型刻画了不同经济主体(例如家庭、企业、政府)在不确定环境中的动态最优决策,以及各个变量如何通过一般均衡条件达到市场出清。从数学上看,DSGE模型的求解可以用如下的方程组来描述:

$$\mathbf{F}(z_t, s_t, x_t, y_t) = 0, \quad (1)$$

其中 $y_t = \mathbb{E}_t h(s_t, x_t, z_{t+1}, s_{t+1}, x_{t+1})$ 表示基于第 t 期的信息对于函数 $h(\cdot)$ 在下一期取值的预期^①。公式(1)中, $z_t \in Z \subset \mathbb{R}^{d_z}$ 表示模型中的外生冲击(exogenous shock, 如生产效率、国际利率),其取值独立于模型系统, $s_t \in S \subset \mathbb{R}^{d_s}$ 表示状态变量(state variable, 如资本积累、财富), $x_t \in X \subset \mathbb{R}^{d_x}$ 表示控制变量(control variable, 如消费、储蓄、投资、资产组

^① 在少数情况下, $t+1$ 期变量也可能以期望运算之外的形式出现,例如在 Geanakoplos(2010)、Cao and Nie(2017)、Cao(2018)中,企业的借款上限为下一期资产价值最小可能值的固定比例,此时 $t+1$ 期的资产价格以 $\min_t \{q_{t+1}\}$ 形式出现在方程组 \mathbf{F} 中。此类问题的进一步介绍和求解方法参见 Cao et al.(2023a)。

合)。准确区分状态变量 s_t 与控制变量 x_t 对于模型的求解至关重要: s_t 由上一期的均衡决定,取值在第 t 期是给定的,而 x_t 由方程组 \mathbf{F} 代表的第 t 期模型均衡条件(如欧拉方程、市场出清条件、状态变量的运动规律等)求得,为该方程组的解。

我们发现,将 DSGE 模型的均衡条件表示为公式(1)中的方程组后,外生冲击 z_t 与状态变量 s_t 可以完整描述当前状态。换句话说,给定 (z, s) , 控制变量 x 的取值以及经济的演进路径与时间 t 无关。因此,我们通常求解模型的递归均衡(recursive equilibrium)形式,将不同 (z, s) 取值下,公式(1)得到的 x 表示为 (z, s) 的函数,并称之为政策函数: $x = P(z, s), \forall (z, s) \in Z \times S$ 。通常情况下,下一期的状态变量 s' 可以表示为控制变量 x 的显性表达式^①,因此在得到 x 后,我们可以立即得到 s' ,并根据外生冲击 z' 的实现值与政策函数迭代得到下一期的 $x' = P(z', s')$ 。依照此方式通过不断向未来迭代,可以获得此经济的随机演进路径。

全局解法的目的是得到公式(1)对应的政策函数。直观上这项工作并不复杂,只需要不断改变 (z, s) 在空间 $Z \times S$ 上的取值并求解方程组即可,然而在操作层面却面临进一步的困难:注意到公式(1)的期望运算中出现了下一期的控制变量 x_{t+1} ,其是 (z_{t+1}, s_{t+1}) 的函数,然而此时政策函数 $x = P(z, s)$ 还未求解出来,研究者无法事先得知 x_{t+1} 如何对 (z_{t+1}, s_{t+1}) 取值的变化做反应,因此无法直接求解公式(1)。

有鉴于此,文献中一般采用政策函数迭代法求解,具体算法如下:第一步,猜测下一期的政策函数形式 $x' = P^{(0)}(z', s'), \forall (z', s') \in Z \times S$,并带入公式(1),得到如下方程组:

$$\mathbf{F}[z, s, x, \mathbb{E}(h(s, x, z', s', P^{(0)}(z', s')))] = 0.$$

此时方程 \mathbf{F} 有了明确的表达式,可以直接求解。第二步,通过数值求解方法,遍历 $(z, s) \in Z \times S$,求解上面的方程组得到新的政策函数 $x = P^{(1)}(z, s)$ 。第三步,将 $P^{(1)}(z', s')$ 作为新的猜测放入方程组 \mathbf{F} 求解,并得到下一轮结果 $P^{(2)}(z, s)$,重复第一、二步进行循环迭代。当迭代次数足够多时,这一方法得到的政策函数结果将向真实函数收敛,即 $\lim_{n \rightarrow \infty} P^{(n)}(z, s) = P(z, s), \forall (z, s) \in Z \times S$ 。在实际操作中,当两次迭代得到的函数之间的差距 $\|P^{(\hat{n})}(z, s) - P^{(\hat{n}-1)}(z, s)\|$ 小于预先设定的精度要求后就停止迭代, $P^{(\hat{n})}(z, s)$ 即为该模型的全局解。具体的算法设计参见 Duffie et al. (1994) 及 Magill and Quinzii (1994)。Cao et al. (2023b) 基于上述算法开发了 GDSGE 软件工具包(www.gdsge.com),可以简便准确地求解 DSGE 模型的全局非线性解。

与全局非线性解法不同,传统的局部近似解法并不直接求解政策函数 $P(z, s)$,而是基于确定性稳态进行一阶泰勒展开,得到线性近似的政策函数:

$$x = \hat{P}(z, s) = x^* + \gamma^s (s - s^*) + \gamma^z (z - z^*).$$

本文附录 I^② 中提供了具体求解方法,并基于一个简单的实际周期模型直观地比较两种方法的差异。近年来也有文献使用更高阶的泰勒展开,然而其局部近似的本质是不变的,而且高阶近似方法可能造成严重误差(Petrosky-Nadeau and Zhang, 2017)。

① 某些情况下, s' 不能表示为 x 的显性表达式,此时需要额外求解状态转移方程。相关的讨论参见 Cao et al. (2023a)。

② 篇幅所限,附录未在正文列示,感兴趣的读者可在《经济学》(季刊)官网 (<https://ceq.ccer.pku.edu.cn>) 下载。

三、采用全局非线性解法的文献综述

本部分基于代表性成果,介绍全局非线性方法在货币政策、金融危机、结构转型中的经济周期等领域中发挥的关键作用。由于篇幅所限,全局解法在罕见灾难、异质性个体模型、资产定价、劳动力市场等领域的应用参见本文附录II。

(一) 全局解法在货币政策零利率下限领域的应用

2008年金融危机爆发后,美联储、欧洲央行等中央银行纷纷采取宽松货币政策作为应对手段,将政策利率下调到0附近,此时零利率下限(zero lower bound)限制了进一步降息以刺激经济的操作空间,引发了学术界和政策界的热议讨论。理论上,零利率下限约束的一般形式为:

$$r_t = \max\{r_t^D, 0\}, \quad (2)$$

其中 r_t^D 为货币当局在第 t 期所希望设定的利率水平, r_t 为实际执行的利率水平。在新凯恩斯模型中加入零利率下限约束后,取决于该约束是否收紧,模型均衡被划分为两个区间,不同区间内的经济性质存在本质差别。当经济处于未收紧区间时, $r_t = r_t^D$,货币政策可以通过影响利率水平起到熨平波动的作用;然而当经济面临大幅冲击,经济运行切换至收紧区间时, $r_t = 0$,此时中央银行无法再对利率水平施加干预,传统货币政策失效。线性近似解法假定零利率下限约束始终不收紧,因此无法刻画经济周期在约束收紧区间的性质,以及均衡在两个区间之间的内生转换。

近年来,一系列量化分析表明含有零利率下限的模型存在高度的非线性(Fernández-Villaverde et al., 2015)。此时全局非线性解法的优势体现在三方面。第一,全局解法得到的结果从定性和定量上更加准确。Gust et al. (2017)发现零利率下限约束增大了美国在2008年金融危机期间经济下行的程度,同时显著地阻碍了经济复苏,并发现线性近似解会带来明显的偏差。Boneva et al. (2016)发现在零利率下限处,局部近似解对于减税政策的效果会做出错误判断。进一步地,Cao et al. (2023a)构建了含有不完备金融市场且同时包含零利率下限和内生借贷约束的新凯恩斯模型,根据这两个约束收紧与否,经济的运行被分为四个可能的区间,更加凸显了使用全局非线性解法的必要性。第二,在对模型参数进行估计时,由于线性近似法只能使用零利率下限约束不收紧时的样本,因此得到的参数会存在偏差;准确的参数估计应该使用同时包含零利率下限约束收紧时期和不收紧时期的样本(Gust et al., 2017)。第三,全局非线性解法可以刻画经济个体的预防性动机,即使当前经济的运行处在未收紧的区间,个体对于零利率下限约束在未来可能会收紧的担忧也会对当前的经济变量产生影响。例如Gust et al. (2017)发现,2002年年末,私人部门预期零利率下限约束在2003年会有12%的概率收紧,该预期对于总产出产生了收缩效应。Cao et al. (2023a)发现个体对于零利率下限在未来收紧的预期会导致当期资产价格的下降,造成与资产价格绑定的内生借贷约束更有可能收紧,而线性近似解无法刻画这一机制。其他使用全局解法的研究还包括Adam and Billi(2007)、Mertens and Ravn(2014)、

Aruoba et al. (2018)、Lindé and Trabandt (2018)等。

(二) 全局解法在金融危机领域的应用

近年来,将金融系统纳入宏观经济分析框架,探讨两者之间的互动关系以及金融危机防范成为学术界的研究热点,开创性研究包括 Bernanke and Gertler (1989) 和 Kiyotaki and Moore (1997),此后学者们又将其拓展到开放条件下的金融危机问题。其中的核心机制是偶发收紧的内生借贷约束:在不完备金融市场中,大幅负向冲击会导致借款人面临的内生借贷约束收紧,从而放大负面冲击的效果,产生金融危机。值得注意的是,危机的爆发是小概率事件,经济在大多数时候位于借贷约束不收紧的正常区间。经济周期由此表现出非对称、非线性、时变性等特征。

在设定上,内生借贷约束主要分为存量型约束和流量型约束。存量型约束中,借款的上限取决于抵押资产的价值,通常具有如下形式:

$$b_{t+1} \leq \theta q_t k_t, \quad (3)$$

其中 b_{t+1} 为第 $t+1$ 期需要偿还的金额, k_t 为抵押资产数量, q_t 为抵押资产的价格, θ 为参数。代表性研究之一是 Mendoza (2010)。该文基于一个小国开放模型刻画了新兴市场国家的资本流入突然中断(sudden stop)现象,并通过全局非线性解法强调了准确刻画内生借贷约束在开放经济体的经济周期中所起到的关键作用。 q_t 的波动导致融资上限随之改变,在危机期间会产生强烈的金融放大效应:当经济中的负债水平 b_t 较高时,负向冲击将导致借贷约束收紧,造成消费、投资、资产价格、产出呈现“螺旋下降”,借贷约束进一步收紧。此模型表现出高度非线性,同时也具有高度非对称性与时变性:负向冲击的效果远大于正向冲击;相比于正常时期,同样的冲击在危机期间能够产生更强的效果。

流量型约束中,借款上限取决于当前收入,通常具有如下形式:

$$b_{t+1} \leq \kappa (P_t^N y_t^N + y_t^T), \quad (4)$$

其中 y_t^T 和 y_t^N 分别为可贸易品和不可贸易品的收入, P_t^N 为不可贸易品的相对价格,其波动会影响借款上限, κ 为参数。本文第四部分以 Bianchi (2011) 为例说明,流量型约束同样会产生强烈且非对称的金融放大效应。

总之,经济周期在正常时期与危机时期的运行存在本质区别。采用线性近似解法求解模型时,通常假定内生借贷约束(3)或(4)总是收紧的,因此无法刻画经济周期的非对称、非线性、时变性等特征,同时会显著高估危机爆发的可能性和危害。在理论和求解方法方面,Cao and Nie (2017)发现,与内生借贷约束的设定相比,不完备金融市场的设定在解释外生冲击的放大效应和非对称效应时起到了更重要的作用,而使用线性近似解会严重高估金融摩擦的放大效应。Di Tella (2017)强调了不确定性冲击与生产效率冲击在产生金融放大效应方面存在的差别,发现不确定性冲击即便在完全金融市场中仍会起到放大效应。Faria-e-Castro (2022)研究了美国在2008年金融危机时期财政政策的效果。由于预防性储蓄动机,并且家庭和银行均存在偶发收紧约束,线性近似解并不能准确地描述经济出现危机时的动态,应当使用全局非线性解。

2008年金融危机后,运用全局非线性方法研究金融与实体经济互动关系以及金融监

管的文献大量涌现,例如 He and Krishnamurthy (2012)、Brunnermeier and Sannikov(2014)、Ai et al. (2020)、Elenev et al. (2021)、Begenau and Landvoigt(2022)、Corbae and D'Erasmus (2021)、Greenwald et al. (2021)等。此外,关于开放经济体金融危机的研究可以参考 Bianchi and Mendoza(2020)的综述文章。

(三) 全局解法在结构转型中经济周期问题的应用

DSGE模型的分析框架大多基于发达国家的设定。在此类标准的分析框架中,影响长期经济增长的动因(例如企业研发新技术、制度质量提升)与影响经济周期的因素存在本质不同,因而学者们在讨论经济周期问题时,通常不考虑经济增长,或者将增长视为外生给定,隐舍地假定宏观经济已达到稳定状态,经济周期围绕确定性稳态波动。^①

然而,采用这一分析框架研究仍处于结构转型中的发展中国家,可能会造成偏误。与发达国家不同,发展中国家通常经历了,并且正在经历着广泛而持续的结构转型和制度调整,这些因素很可能同时影响经济增长路径以及围绕该路径的经济周期的性质(Aguiar and Gopinath, 2007),此外经济增长与经济周期之间还存在交互影响。因此有必要将结构转型过程中的增长问题与周期问题纳入统一的框架进行分析。换句话说,对于尚未达到稳态的经济体,线性近似法适用的前提假定并不成立。因此,在使用DSGE模型分析包括中国在内的发展中国的经济波动问题时,应当转向更加符合现实的全局非线性解法。

Storesletten et al. (2019)是目前国际文献中唯一一篇采用全局非线性方法同时研究中国在经济转型过程中的经济增长与经济周期问题的文章。除了他们的文章之外,其他学者也发现转型过程中,短期的经济波动与长期的经济增长紧密相关,并且强调了结构转型中的关键因素对于增长与波动的共同影响。Chen and Zha(2020)发现1997年后,我国经济发展由国有企业主导转向投资驱动阶段,经济的短期波动特征和长期趋势也随之变化。他们认为信贷政策既影响了经济的短期波动,也改变了其长期趋势。Brandt and Zhu (2001)解释了我国在20世纪末出现的产出增长率和通货膨胀率在经济周期中呈现显著正相关的现象,认为财政和金融分权促进了经济增长,但同时也使得中央政府更多地依赖于货币创造以支持向国有部门的转移支付,通货膨胀率也随之上升。

此外,宏观经济学中研究结构转型的另外一种方法是求解确定性转移路径,即假设经济中不存在不确定性,计算宏观变量从其初始位置向长期稳态的转移路径。很多学者也运用该方法探讨中国经济增长与转型的相关课题,包括:Song et al. (2011)、Li et al. (2020)、Nie (2020)、Dong et al. (2021)、Liu et al. (2021)、张军等(2020)、赵扶扬等(2021)、彭俞超和何山(2020)等。相关综述详见本文附录II。

^① 事实上,早期的研究者在构建经济周期一般框架时,综合考虑了增长趋势变化和短期波动的影响(Kydland and Prescott, 1982; King, et al., 1988)。然而之后的宏观研究更多将增长和波动作为独立的研究对象,这可能与发达国家的经济特性有关,例如 Aghion et al. (2009)发现汇率波动与经济增长负相关,但是在金融市场发达的国家样本中,二者的相关性变得不显著。

四、全局非线性解法的实例

本部分以零利率下限、金融危机、结构转型中经济周期三个领域的代表性模型为例,详细介绍全局非线性解法在宏观量化分析中起到的关键作用。此处仅涉及模型的简要介绍和主要结果的分析,具体的模型设定、参数选择和计算方法请参考本文附录Ⅲ、附录Ⅳ和附录Ⅴ。

(一) 全局解法在零利率下限领域的应用实例

我们构建了一个包含家庭、中间品生产商、最终品生产商、中央银行的标准新凯恩斯模型。家庭选择消费和劳动以最大化其效用,中间品生产商使用劳动作为投入以生产中间品,进而由最终品生产商将其打包为最终品。我们假定中间品生产商在调整其产品价格时需要支付价格调整成本(Rotemberg, 1982)。货币政策遵循泰勒规则,但其对利率的调整面临如式(2)所示的零利率下限约束。家庭部门的随机折现因子 β 为唯一的外生冲击,并且没有内生的状态变量。

图1给出了产出、通货膨胀率和利率关于折现因子 β 的政策函数。图中虚线为局部线性近似解,实线表示全局非线性解。随着 β 的增大,家庭的消费下降,储蓄上升,导致利率下降。同时这会导致总需求收紧,从而使产出、工资以及通货膨胀率下降。根据图1(c)中的全局非线性结果,当 $\beta_t > 1.0054$ 时,零利率下限收紧,此时传统货币政策失效,导致消费和产出进一步减少。而局部近似解无法刻画零利率下限带来的严重后果,因此会低估经济受到的不利影响。当折现因子 $\beta_t < 1.0054$ 时,经济处于正常状态,此时两种解法的结果较为接近。仔细观察可以发现,图1(c)中的利率曲线在 $\beta_t = 1.0054$ 附近,全局非线性解的结果低于线性近似解得到的结果,这是由家庭的预防性储蓄导致的:由于未来有较大概率会达到零利率下限从而产生经济萧条,家庭会预防性地降低消费、增加储蓄,从而使实际的利率水平比线性近似结果更低。

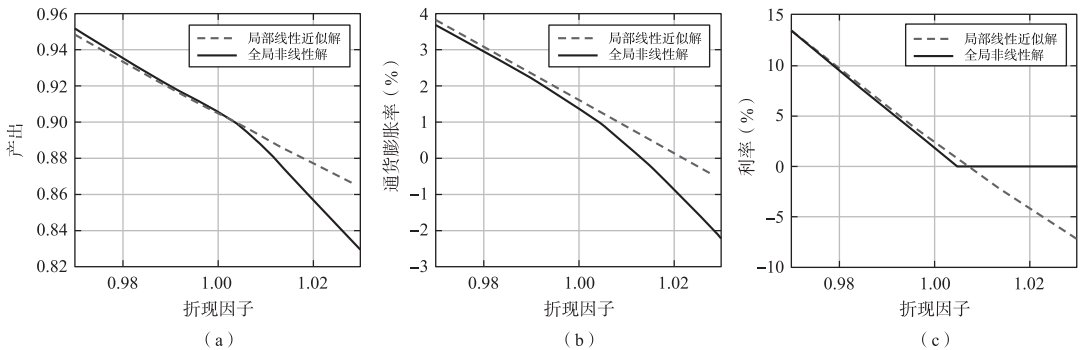


图1 产出、通货膨胀率和利率作为折现因子的政策函数

图2显示了产出、通货膨胀率和利率在折现因子受到大幅正向和负向冲击时的脉冲反应,并比较了两种解法的结果。如左侧三个图所示,当折现因子受到大幅正向冲击时,全局非线性解表明在前4期零利率下限收紧,并导致产出与通货膨胀率的大幅下降。具

体而言,在第一期产出与通货膨胀率相对于稳态值分别下降6个和2.6个百分点。而局部线性近似解不考虑零利率下限的影响,严重低估了产出与通货膨胀率的下降程度,两个变量在第一期相对于各自稳态值的降幅分别为3.8个和1.8个百分点,只是真实下降值的60%。作为对比,右栏表明当折现因子受到大幅负向冲击时,因为不存在零利率下限收紧的情况,此时两种解法的结果十分接近。上述分析还表明,局部近似解对于正向和负向冲击的反应是完全对称的,而全局解能够准确刻画大幅冲击产生的非对称效应。

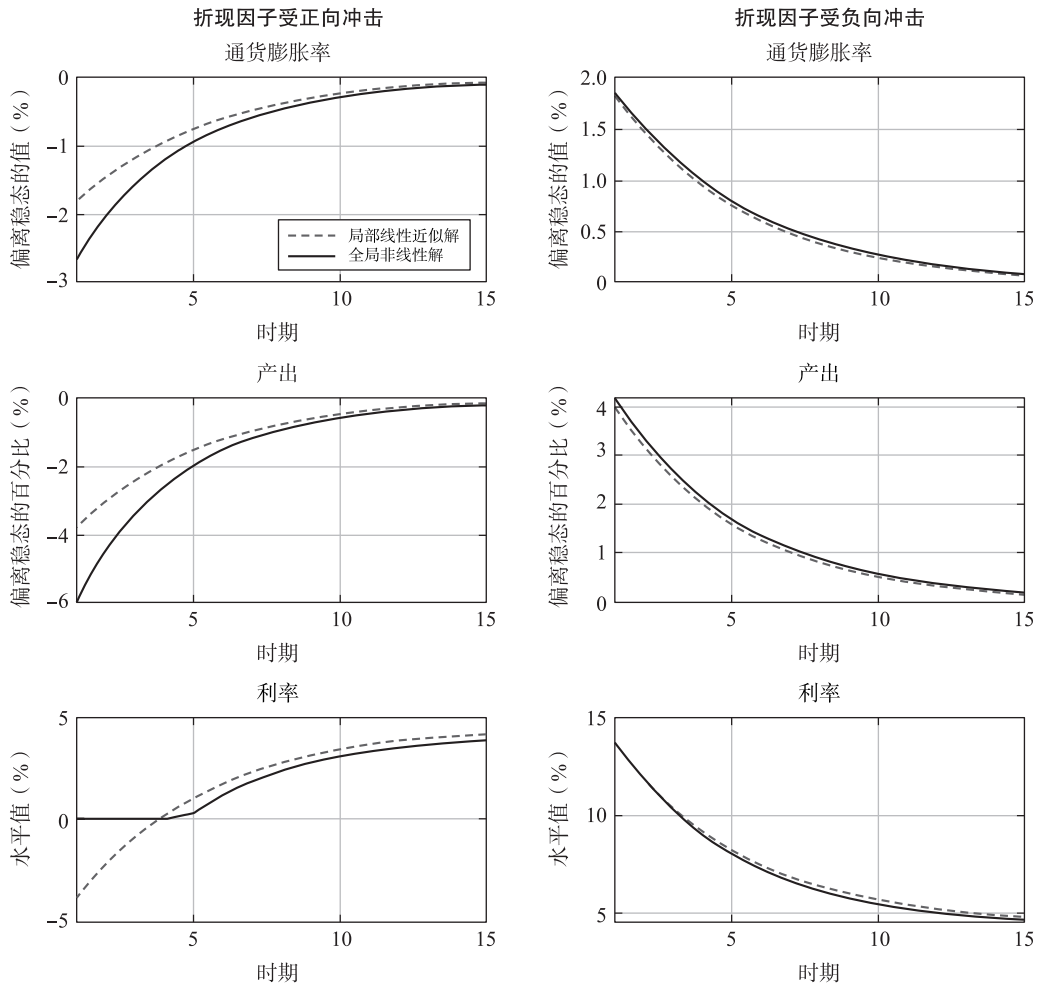


图2 正向和负向冲击下的经济反应

注:图中外生冲击的幅度为5个标准差。

(二) 全局解法在金融危机领域的应用实例

我们以 Bianchi(2011)为例说明偶发收紧的借贷约束导致危机爆发的内在机制,以及全局解法在其中发挥的作用。Bianchi(2011)研究资本账户开放的新兴市场国家出现的资本流入突然中断现象:跨境资本流入急速下滑,导致经常账户反转,本国信贷供给和有效需求骤降,产出和汇率水平大幅下跌,从而爆发金融危机。

Bianchi(2011)构建了一个不完备金融市场条件下的小国开放经济模型。本国消费者每一期获得外生的可贸易商品收入 y_t^T 和不可贸易商品收入 y_t^N ,并通过国际借贷以最大化自身效用。模型的关键假设是式(4)所示的借贷约束:本国消费者在国际市场上能够借入的资金存在最大限额,且该限额与汇率水平 P_t^N 正相关。当本国经济遭遇负向冲击使汇率贬值、融资约束收紧时,本国家庭被迫降低消费支出,从而导致汇率进一步下跌,融资约束进一步收紧,从而造成恶性循环。值得注意的是,汇率水平与可贸易商品的消费 c_t^T 正相关。

图3给出了两种外生收入冲击的组合下,债券数量 b_{t+1} 和实际汇率 P_t^N 作为当期持有债券数量 b_t 的政策函数。当可贸易商品收入 y_t^T 取最大值时(图中虚线),借贷约束并不收紧,此时 b_{t+1} 与 P_t^N 均为 b_t 的增函数,形状平滑,并未表现出明显的非线性特征。反之,当可贸易商品收入 y_t^T 取最小值时(图中实线),作为政策函数的 b_{t+1} 与 P_t^N 均表现出高度非线性特征:如果当前负债过高($b_t < -0.89$),则借贷约束收紧,从而导致可贸易商品消费下降,实际汇率水平被大幅压低,从而使得借贷约束进一步收紧,产生了经典的金融放大效应。在这一区间, b_{t+1} 为 b_t 的减函数,因为 b_t 的下降会导致借贷约束收得更紧,代表性家庭能够获得的新融资数量也随之下降,在宏观层面表现为经常账户反转。

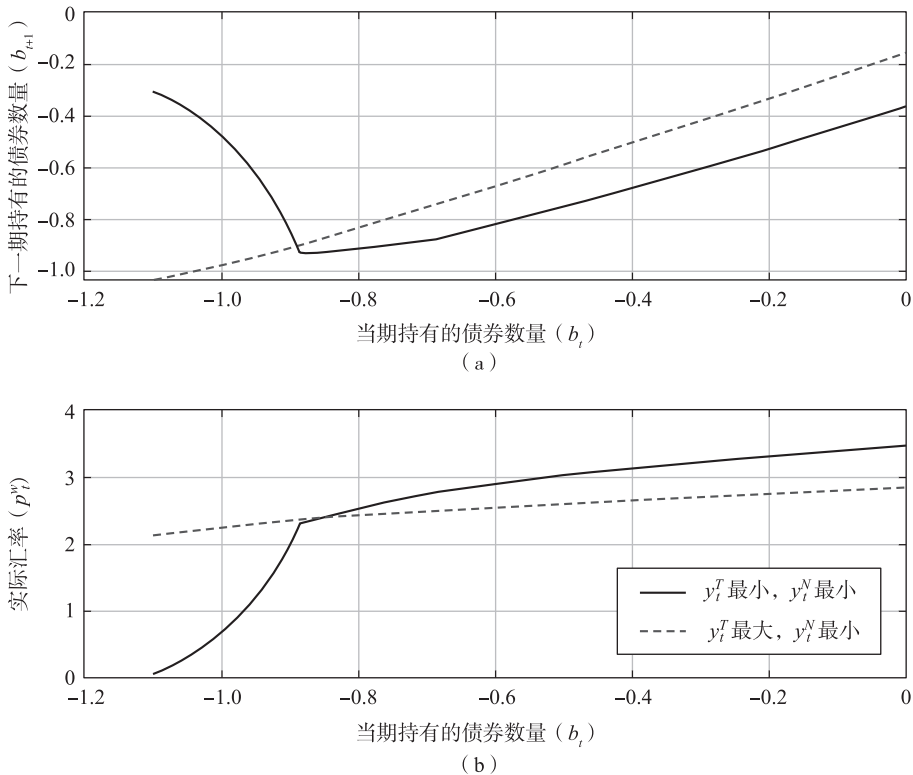


图3 债券持有与实际汇率的政策函数

由于借贷约束的存在,当经济遭受负向冲击时,主要经济指标的反应程度会被放大。为了展示这种放大效应,我们计算了可贸易商品 y^T 受到一个标准差的负向冲击时,主要变量的反应程度,并将之与另外一个版本的经济——不存在借贷约束的经济中该变量的反应程度做比较,将差值记录在表1中。我们进一步将当前经济所处状态区分为借贷约束

收紧状态和未收紧状态。从中可以看出,当借贷约束未收紧时,主要变量对于外生冲击的反应与不存在借贷约束经济中的反应相似;而一旦借贷约束收紧,此时变量的反应程度大幅上升,例如债务的下降比例为未收紧状态下的10倍(-19.71%/-1.90%),而汇率的下降程度是未收紧状态下的5倍(-26.86%/-5.10%)。上述结果表明,借贷约束收紧会对经济周期的性质造成显著影响,产生明显的放大效应。这种差异在局部近似解中不能得到体现,更加突出了使用全局非线性解法求解模型的必要性。

表1 负向冲击下借贷约束产生的放大效应

主要变量的平均相对变化程度	借贷约束收紧	借贷约束未收紧
债务(- b')	-19.71%	-1.90%
实际汇率 P^N	-26.86%	-5.10%
消费 c	-8.40%	-1.38%
总收入 Y	-18.54%	-4.11%

图4中的实线给出了代表性家庭持有债券 b 的稳态概率密度分布。该分布下 b 取值全部为负,表明该经济体总是处于对外负债的状态。我们将危机定义为借贷约束收紧,发现危机是否发生除了受外债规模的影响,还和当前收入水平高度相关。当 y^T 取其最小值、 y^N 取其最大值时,一旦 $b < b_1$ (图中深色部分)危机就会发生;而当 y^T 取其次小值、 y^N 取其最大值时, $b < b_2$ 时(图中斜线部分)危机才会发生。平均而言,该经济体爆发危机的概率是7.7%^{①②}。

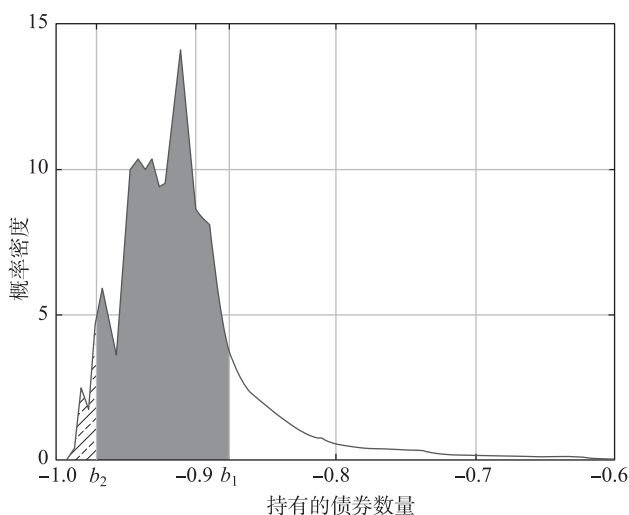


图4 债券持有量的稳态分布

注:实线为代表性家庭持有债券的稳态概率密度分布,通过100次10万期的蒙特卡洛模拟得出。我们舍弃掉前4000期观测值以避免稳态分布受到初始值的影响。图中 b_1 代表 y^T 取其最小值、 y^N 取其最大值时借贷约束收紧的门槛值, b_2 代表 y^T 取其次小值、 y^N 取其最大值时借贷约束收紧的门槛值。

① Bianchi(2011)对于危机的定义是借贷约束(4)收紧,同时资本流出超过某一数值,得到的危机概率为5.5%。

② 理论上,政府可以通过限制个体事先的借款降低危机的概率或严重程度,改善社会福利。政府可以选择多种政策工具实现这一目标,资本流动税是其中常见的手段之一(Korinek, 2018; Ju et al., 2019)。

(三) 全局解法在结构转型中经济周期问题的应用实例

我们基于 Storesletten, Zhao and Zilibotti(2019) (以下简称为 SZZ) 模型的简化版本,介绍全局非线性解法在研究结构转型中经济周期问题上的应用。中国在经济结构转型过程中,就业的波动性很小,同时几乎不随经济周期变化。SZZ 强调农业部门就业的调整对于理解这一现象至关重要。由于中国在转型初期拥有巨大的农业人口,当非农部门的劳动生产率受到正向冲击时,劳动力会从农业部门流入非农部门以弥补劳动力缺口,从而使整体就业不产生明显波动。SZZ 特别强调了非农部门劳动生产率的上升对经济增长、经济结构调整,以及经济周期性质的影响。^①

模型包含农业(G)和非农业(M)两个生产部门,农业部门的生产仅需使用实际劳动,而非农业部门的生产需同时使用实际劳动和资本。部门 $i(i=M,G)$ 的生产率包含长期增长率 g^i 以及短期波动 z_i^t 两部分。假定非农业部门的长期增长率高于农业部门,即 $g^M > g^G$ 。代表性个体选择消费、劳动时间以及资本积累以最大化其效用。实际劳动等于劳动时间与劳动人口的乘积。代表性个体的劳动时间反映了经济中的整体就业状况。农业和非农业部门的(税后)工资率相等决定了劳动人口在两部门之间的分配。

如图 5 所示,由于非农部门的劳动生产率增长速度更快,两部门生产率的绝对差距会不断扩大,农业部门的劳动力被逐渐吸纳到非农部门,从而导致农业部门持续收缩,在经济中的占比最终趋于 0。在该经济体向长期稳态收敛的结构转型过程中,政策函数也会随着时间 t 的推移而发生改变,整体经济表现为围绕其转型路径的随机波动。

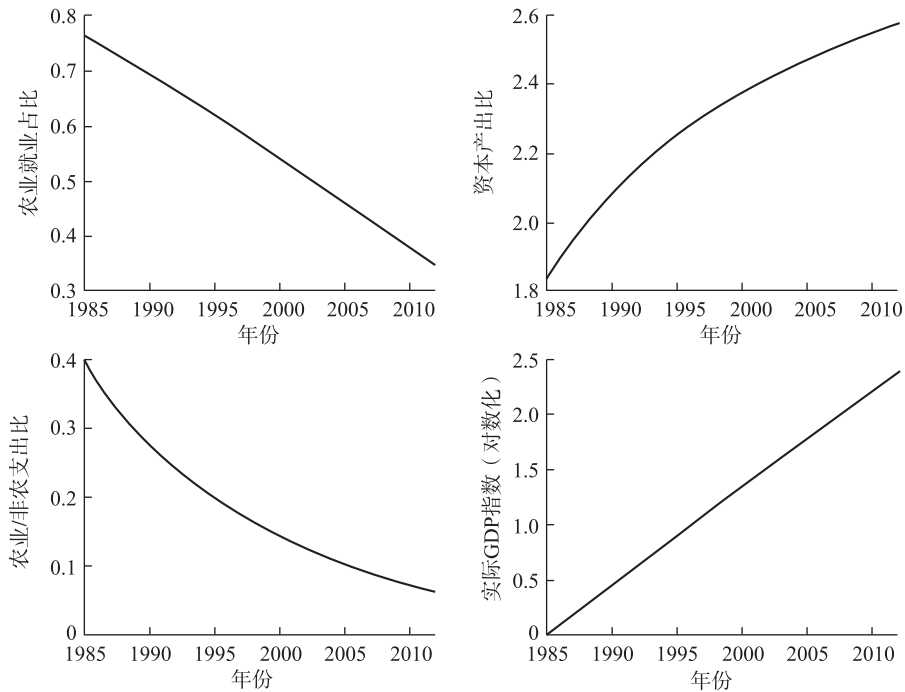


图 5 1985—2012 年的确定性转移路径

注:农业/非农支出比定义为 $(P^G Y^G) / (P^M Y^M)$, 其中 Y^i 为部门 i 的产出, P^i 为部门 i 产出的价格, $i=M,G$ 。

^① SZZ 文章中的农业部门包含传统农业与现代农业两个子类,并探讨了农业现代化以及非农业-农业部门生产率差距的趋势和周期性质。本文简化了 SZZ 的设定,假设农业部门完全由传统农业构成。

图6画出了非农部门的生产率 z^M 受到1单位标准差正向冲击后就业和产出的脉冲响应函数,采用这些变量相对于其确定性转移路径变化的百分比来表示。我们对比1985年(模型 $t=0$)和2012年(模型 $t=27$)的脉冲响应函数以突出结构变迁对于经济周期性质的影响。正向冲击发生时,劳动力会从农业部门析出,向更有效率的非农部门集中,从而导致非农部门产出以及总产出增加,农业产出下降。在1985年,生产效率冲击对于整体就业的影响很小,非农部门增加的劳动需求主要是通过农业部门的劳动力转移得以满足;然而到了2012年,农业部门的规模已经很小,此时非农部门的劳动需求需要通过劳动供给的增加得到满足,此时整体就业也表现出了明显的顺周期特征。此外由于规模的缩减,农业部门的就业和产出在2012年时的反应程度要远大于1985年。

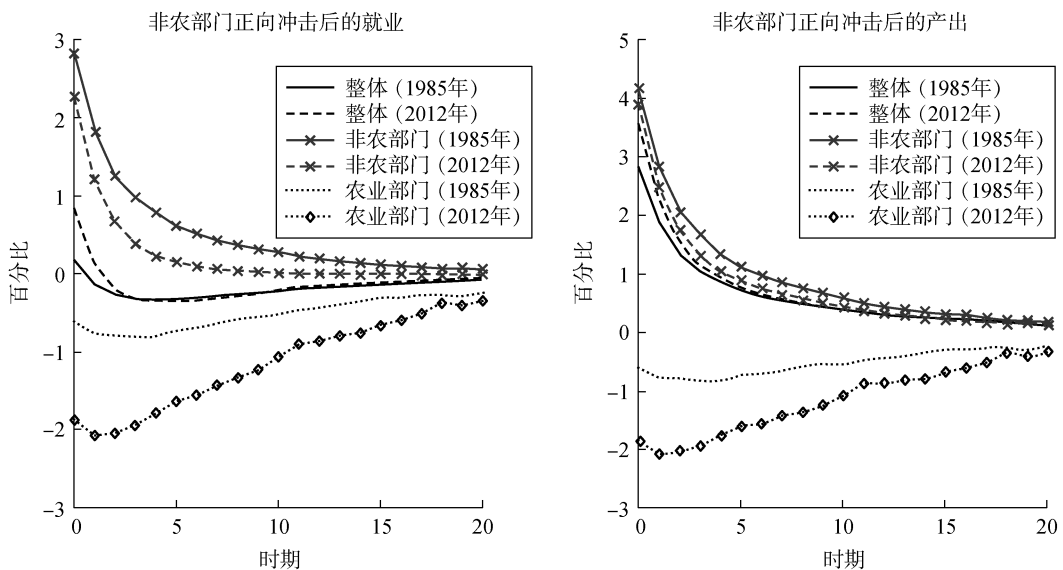


图6 非农业部门受正向冲击后的脉冲响应函数

注:曲线表示非农部门的生产率 z^M 受到1单位标准差的正向冲击后,就业和产出相对于其确定性转移路径变化的百分比。受到冲击后的演进路径通过正向冲击发生后,生成10万个随机模拟路径并取其平均值求得。

五、展望

全局非线性解法在分析中国宏观经济问题 and 经济政策上的前景广阔:第一,中国自改革开放以来的经济周期并非是基于稳态附近的小幅波动,而是转移路径趋势变化与围绕趋势的短期波动共同作用的结果。此时采用基于稳态的局部近似法分析中国宏观问题,显然造成了研究方法和研究对象之间的割裂,而全局非线性解法由于脱离了稳态附近小幅波动的限制,可以研究涉及结构转型和政策调整的广泛课题,极大扩展了DSGE模型的适用范围。第二,我国当前处于新发展阶段,这对于宏观研究的量化精准提出了更高要求。鉴于全局非线性解法在定性和定量分析方面存在的天然优势,采用该方法进行参数估计、经济动态分析可以使理论结果更准确,政策建议更可靠。第三,在研究主题上,全局非线性求解方法与异质性、摩擦等宏观前沿研究特征可以更好地结合(Kocherlakota, 2009)。

举例而言,全局非线性解法可以拓展以下课题的研究:

(1) 宏观审慎政策与系统性金融风险防范。近年来,我国学者基于包含金融机构的DSGE模型对金融稳定及宏观审慎政策进行了深入探讨。除熊琛和金昊(2018)采用全局非线性解法外,大部分文献仍然采用线性近似法。此类模型一般将式(3)、式(4)或其他形式的融资约束收紧作为判别金融风险的主要依据。由于该融资约束在稳态处收紧,线性近似法会得出该融资约束一直收紧的错误结论,从而高估金融风险的发生概率及影响(Cao and Nie, 2017)。采用全局解法可以对系统性风险做出准确的判断,并针对性地制定相应的宏观审慎政策以实现金融稳定。

(2) 具有非对称、非线性等特征的经济周期问题。我国的经济周期经常表现出非对称、非线性、不可导、非连续、时变性等特征,例如赵胜民和张瀚文(2018)、王胜等(2019)分别探讨了房价冲击、外国利率冲击对于我国经济波动产生的非对称影响,并检验了政策的稳定效果。这些文章基于Guerrieri and Iacoviello(2015)开发的OccBin插件,求解模型的分段线性近似解。然而OccBin的解法仍然围绕确定性稳态展开,无法刻画经济主体面对不确定环境时的预防性行为,与全局非线性解存在本质区别。^①

(3) 经济结构、制度调整的宏观效应。中国经济在高速增长的同时,也经历了广泛而持续的结构转型和制度调整,涉及所有制结构、产业结构、户籍政策、金融体系、对外开放等方面。全局非线性解法在分析结构转型中的经济周期问题时有广阔的用武之地,一个代表性的例子是利率管制和利率市场化改革的研究。学者们普遍认同利率市场化改革大方向,然而对于改革步骤和时点存在争议。有学者指出当存在其他摩擦和市场不健全时,过于激进地推进利率市场化可能会加剧资源错配,对经济造成负面影响。大多数研究主要采用比较静态分析和局部分析法,并未在统一框架下分析利率自由化的长短期动态影响。全局解法能够弥补这一空白,对不同政策组合的风险加以准确的评估,特别是当这种风险涉及长期经济走向,而非短期波动时更是如此。

(4) 异质性模型及其宏观效应。异质性是宏观前沿研究的核心特征之一。李戎等(2022)详细介绍了异质性在研究中国经济问题时起到的作用,例如考虑家庭收入、企业所有制、金融机构规模、政府层级的异质性可以准确评估各种改革政策的实际效果。本文附录II中指出,求解异质性模型需要采用全局解法,异质性模型与全局解法的结合可以实现理论与方法的统一。

在中国经济转向高质量发展背景下,宏观研究需要进一步运用科学方法,立足中国现实,深入剖析经济运行规律,服务国家经济政策。全局非线性解法在未来有广阔的发展和空间。^②当前面临的一个问题是,该方法尚缺乏统一的研究与分析框架,且其具有较

^① Cao et al. (2023a) 对零利率下限的研究中发现,OccBin会严重高估金融危机期间产出、资产价格的下降程度。

^② 全局非线性解法并非完美。该方法目前面临的主要瓶颈是维数灾难(curse of dimensionality)问题:由于电脑计算能力的限制,外生冲击和状态变量的维数,即公式(1)中的 d_x 和 d_s 不能过大,否则模型求解会由于运算时间过长而变得不切实际。这一问题限制了模型的复杂程度以及对现实的刻画。学者们基于计算科学中的最新进展试图弱化该问题的影响,例如Smolyak格点法(Krueger and Kubler, 2004)、自适应稀疏网格法(Brumm and Scheidegger, 2017)、内生状态变量法(Cao et al., 2023b)、蒙特卡罗模拟法(Judd et al., 2011)、矩近似法(Krusell and Smith, 1998)以及机器学习(Maliar et al., 2021; Fernández-Villaverde et al., 2023)等,然而维数灾难问题目前仍是全局非线性解法面临的首要问题。如果需要处理的模型维度很高时,局部近似法会是更合适的选择。

高的技术门槛,使用者主要集中于国际一流期刊和头部研究机构。在未来,需要我国的宏观经济学者将全局非线性解法与中国经济现实有机结合,搭建系统性的研究框架,同时进行推广和普及,让该解法更有力地服务于我国宏观经济研究,为构建新发展格局做出贡献。

参考文献

- [1] Adam, K., and R. M. Billi, “Discretionary Monetary Policy and the Zero Lower Bound on Nominal Interest Rates”, *Journal of Monetary Economics*, 2007, 54(3), 728-752.
- [2] Adjemian, S., H. Bastani, M. Juillard, F. Karamé, J. Maih, F. Mihoubi, W. Mutschler, G. Perendia, J. Pfeifer, M. Ratto, and S. Villemot, “Dynare: Reference Manual, Version 4”, Dynare Working Papers NO. 1, 2011, CEPREMAP.
- [3] Aghion, P., P. Bacchetta, R. Rancière, and K. Rogoff, “Exchange Rate Volatility and Productivity Growth: The Role of Financial Development”, *Journal of Monetary Economics*, 2009, 56(4), 494-513.
- [4] Aguiar, M., and G. Gopinath, “Emerging Market Business Cycles: The Cycle Is the Trend”, *Journal of Political Economy*, 2007, 115(1), 69-102.
- [5] Ai, H., K. Li, and F. Yang, “Financial Intermediation and Capital Reallocation”, *Journal of Financial Economics*, 2020, 138(3), 663-686.
- [6] Aruoba S. B., P. Cuba-Borda, and F. Schorfheide, “Macroeconomic Dynamics Near the ZLB: A Tale of Two Countries”, *The Review of Economic Studies*, 2018, 85(1), 87-118.
- [7] Barro, R. J., “Rare Disasters and Asset Markets in the Twentieth Century”, *The Quarterly Journal of Economics*, 2006, 121(3), 823-866.
- [8] Begenau, J., and T. Landvoigt, “Financial Regulation in a Quantitative Model of the Modern Banking System”, *The Review of Economic Studies*, 2022, 89(4), 1748-1784.
- [9] Bernanke, B., and M. Gertler, “Agency Costs, Net Worth, and Business Fluctuations”, *American Economic Review*, 1989, 79(1), 14-31.
- [10] Bianchi, J., “Overborrowing and Systemic Externalities in the Business Cycle”, *American Economic Review*, 2011, 101(7), 3400-3426.
- [11] Bianchi, J., and E. G. Mendoza, “A Fisherian Approach to Financial Crises: Lessons from the Sudden Stops Literature”, *Review of Economic Dynamics*, 2020, 37, S254-S283.
- [12] Blanchard, O. J., and C. M. Kahn, “The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations”, *Econometrica*, 1980, 48(5), 1305-1311.
- [13] Boneva, L. M., R. A. Braun, and Y. Waki, “Some Unpleasant Properties of Loglinearized Solutions When the Nominal Rate Is Zero”, *Journal of Monetary Economics*, 2016, 84, 216-232.
- [14] Brandt, L., and X. Zhu, “Soft Budget Constraint and Inflation Cycles: A Positive Model of the Macro Dynamics in China During Transition”, *Journal of Development Economics*, 2001, 64, 437-457.
- [15] Brumm, J., and S. Scheidegger, “Using Adaptive Sparse Grids to Solve High-Dimensional Dynamic Models”, *Econometrica*, 2017, 85(5), 1575-1612.
- [16] Brunnermeier, M. K., and Y. Sannikov, “A Macroeconomic Model with a Financial Sector”, *American Economic Review*, 2014, 104(2), 379-421.
- [17] Cao, D., “Speculation and Financial Wealth Distribution under Belief Heterogeneity”, *The Economic Journal*, 2018, 128(614), 2258-2281.
- [18] Cao, D., W. Luo, and G. Nie, “Uncovering the Effects of the Zero Lower Bound with an Endogenous Financial

- Wedge”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2023a, 15(1), 135-172.
- [19] Cao, D., W. Luo, and G. Nie, “Global DSGE Models”, *Review of Economic Dynamics*, 2023b, 51, 199-225.
- [20] Cao, D., and G. Nie, “Amplification and Asymmetric Effects without Collateral Constraints”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2017, 9(3), 222-266.
- [21] Chen, K., and T. Zha, “Macroeconomic Effects of China’s Financial Policies”, In: M. Amstad, G. Sun, and W. Xiong (eds.), *The Handbook of China’s Financial System*. Princeton: Princeton University Press, 2020, 151-182.
- [22] Corbae, D., and P. D’Erasmus, “Capital Buffers in a Quantitative Model of Banking Industry Dynamics”, *Econometrica*, 2021, 89(6), 2975-3023.
- [23] Devereux, M. B., and C. Yu, “International Financial Integration and Crisis Contagion”, *The Review of Economic Studies*, 2020, 87(3), 1174-1212.
- [24] Di Tella, S., “Uncertainty Shocks and Balance Sheet Recessions”, *Journal of Political Economy*, 2017, 125(6), 2038-2081.
- [25] Dong, F., J. Liu, Z. Xu, and B. Zhao, “Flight to Housing in China”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2021, 130, 104189, 1-28.
- [26] Duffie, D., J. Geanakoplos, A. Mas-Colell, and A. McLennan, “Stationary Markov Equilibria”, *Econometrica*, 1994, 62(4), 745-781.
- [27] Elenev, V., T. Landvoigt, and S. van Nieuwerburgh, “A Macroeconomic Model with Financially Constrained Producers and Intermediaries”, *Econometrica*, 2021, 89(3), 1361-1418.
- [28] Faria-e-Castro, M., “Fiscal Multipliers and Financial Crises”, *The Review of Economics and Statistics*, 2022, 1, 1-45.
- [29] Fernández-Villaverde, J., G. Gordon, P. Guerrón-Quintana, and J. F. Rubio-Ramírez, “Nonlinear Adventures at the Zero Lower Bound”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2015, 57, 182-204.
- [30] Fernández-Villaverde, J., S. Hurtado, and G. Nuño, “Financial Frictions and the Wealth Distribution”, *Econometrica*, 2023, 91(3), 869-901.
- [31] Geanakoplos, J., “The Leverage Cycle”, In: Acemoglu, D., K. Rogoff, and M. Woodford(eds.), *NBER Macroeconomics Annual 2009*, 24. Chicago: The University of Chicago Press, 2010, 1-65.
- [32] Greenwald, D. L., T. Landvoigt, and S. Van Nieuwerburgh, “Financial Fragility with SAM?”, *The Journal of Finance*, 2021, 76, 651-706.
- [33] Guerrieri, L., and M. Iacoviello, “OccBin: A Toolkit for Solving Dynamic Models with Occasionally Binding Constraints Easily”, *Journal of Monetary Economics*, 2015, 70, 22-38.
- [34] Guerrieri, V., G. Lorenzoni, L. Straub, and I. Werning, “Macroeconomic Implications of COVID-19: Can Negative Supply Shocks Cause Demand Shortages?”, *American Economic Review*, 2022, 112(5), 1437-1474.
- [35] Gust, C., E. Herbst, D. López-Salido, and M. E. Smith, “The Empirical Implications of the Interest-Rate Lower Bound”, *American Economic Review*, 2017, 107(7), 1971-2006.
- [36] Guvenen, F., “A Parsimonious Macroeconomic Model for Asset Pricing”, *Econometrica*, 2009, 77(6), 1711-1750.
- [37] He, Z., and A. Krishnamurthy, “A Model of Capital and Crises”, *The Review of Economic Studies*, 2012, 79(2), 735-777.
- [38] He, Z., and A. Krishnamurthy, “Intermediary Asset Pricing”, *American Economic Review*, 2013, 103(2), 732-770.
- [39] Heaton, J., and D. Lucas, “Evaluating the Effects of Incomplete Markets on Risk Sharing and Asset Pricing”, *Journal of Political Economy*, 1996, 104(3), 443-87.
- [40] Ju, J., L. Li, G. Nie, K. Shi, and S. Wei, “Nonlinear Capital Flow Tax: Capital Flow Management and Financial

- Crisis Prevention in China”, *China & World Economy*, 2019, 27(4), 1-28.
- [41] Judd, K. L., L. Maliar, and S. Maliar, “Numerically Stable and Accurate Stochastic Simulation Methods for Solving Dynamic Models” and “Supplement”, *Quantitative Economics*, 2011, 2(2), 173-210.
- [42] King, R., C. Plosser, and S. Rebelo, “Production, Growth and Business Cycles: II. New Directions”, *Journal of Monetary Economics*, 1988, 21(2-3), 309-341.
- [43] Kiyotaki, N., and J. Moore, “Credit Cycles”, *Journal of Political Economy*, 1997, 105(2), 211-248.
- [44] Kocherlakota, N., “Some Thoughts on the State of Macro”, 2009, mimeo, https://delong.typepad.com/kocherlakota_some_tho.pdf.
- [45] Korinek, A., “Regulating Capital Flows to Emerging Markets: An Externality View”, *Journal of International Economics*, 2018, 111, 61-80.
- [46] Krueger, D., and F. Kubler, “Computing Equilibrium in OLG Models with Stochastic Production”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2004, 28(7), 1411-1436.
- [47] Krusell, P., and J. A. A. Smith, “Income and Wealth Heterogeneity in the Macroeconomy”, *Journal of Political Economy*, 1998, 106(5), 867-896.
- [48] Kydland, F., and E. Prescott, “Time to Build and Aggregate Fluctuations”, *Econometrica*, 1982, 50(6), 1345-1370.
- [49] 李戎、刘岩、彭俞超、许志伟、薛涧坡, “动态随机一般均衡模型在中国的研究进展与展望”, 《经济学》(季刊), 2022年第6期, 第1829—1846页。
- [50] Li, W., G. Nie, and Z. Wang, “Trade, FDI, and Global Imbalances”, *Journal of International Money and Finance*, 2020, 105, 102188, 1-20.
- [51] Lindé, J., and M. Trabandt, “Should We Use Linearized Models to Calculate Fiscal Multipliers”, *Journal of Applied Econometrics*, 2018, 33(7), 937-965.
- [52] Liu, Z., P. Wang, and Z. Xu, “Interest Rate Liberalization and Capital Misallocations”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2021, 13(2), 373-419.
- [53] Magill, M., and M. Quinzii, “Infinite Horizon Incomplete Markets”, *Econometrica*, 1994, 62(4), 853-880.
- [54] Maliar, L., S. Maliar, and P. Winant, “Deep Learning for Solving Dynamic Economic Models”, *Journal of Monetary Economics*, 2021, 122, 76-101.
- [55] Mendoza, E. G., “Sudden Stops, Financial Crises, and Leverage”, *American Economic Review*, 2010, 100(5), 1941-1966.
- [56] Mertens, K. R. S. M., and M. O. Ravn, “Fiscal Policy in an Expectations-Driven Liquidity Trap”, *The Review of Economic Studies*, 2014, 81(4), 1637-1667.
- [57] Nie, G., “Marriage Squeeze, Marriage Age and the Household Savings Rate in China”, *Journal of Development Economics*, 2020, 147, 102558, 1-26.
- [58] 彭俞超、何山, “资管新规、影子银行与经济高质量发展”, 《世界经济》, 2020年第1期, 第47—69页。
- [59] Petrosky-Nadeau, N., and L. Zhang, “Solving the Diamond-Mortensen-Pissarides Model Accurately”, *Quantitative Economics*, 2017, 8(2), 611-650.
- [60] Rotemberg, J., “Sticky Prices in the United States”, *Journal of Political Economy*, 1982, 90(6), 1187-1211.
- [61] Song, Z., K. Storesletten, and F. Zilibotti, “Growing Like China”, *American Economic Review*, 2011, 101(1), 196-233.
- [62] Stiglitz, J. E., “Where Modern Macroeconomics Went Wrong”, *Oxford Review of Economic Policy*, 2018, 34(1-2), 70-106.
- [63] Storesletten, K., B. Zhao, and F. Zilibotti, “Business Cycle During Structural Change: Arthur Lewis’ Theory from a Neoclassical Perspective”, National Bureau of Economic Research Working Paper, 2019, <https://www.nber.org/papers/w26181>.

- [64] 王胜、周上尧、张源,“利率冲击、资本流动与经济波动”,《经济研究》,2019年第6期,第106—120页。
- [65] 熊琛、金昊,“地方政府债务风险与金融部门风险的‘双螺旋’结构——基于非线性DSGE模型的分析”,《中国工业经济》,2018年第12期,第25—43页。
- [66] 张军、樊海潮、许志伟、周龙飞,“GDP增速的结构性下调:官员考核机制的视角”,《经济研究》,2020年第5期,第31—48页。
- [67] 赵扶扬、陈斌开、刘守英,“宏观调控、地方政府与中国经济发展模式转型:土地供给的视角”,《经济研究》,2021年第7期,第4—23页。
- [68] 赵胜民、张瀚文,“我国宏观审慎政策与货币政策的协调问题研究——基于房价波动的非对称性影响”,《国际金融研究》,2018年第7期,第12—21页。

Recent Development of Global Nonlinear Analysis in Dynamic Stochastic General Equilibrium Models

NIE Guangyu ZHAO Yunxiao*

(Shanghai University of Finance and Economics)

Abstract: Dynamic Stochastic General Equilibrium Model provides the mainstream framework in macroeconomics. Recently, the deficiencies of linearization, its traditional solution method, become increasingly evident, while the global nonlinear method makes breakthroughs in a series of frontier fields, promoting the development of macroeconomics. We introduce the general framework and advantages of the global nonlinear method, and review its latest achievements in topics such as monetary policy, financial crises, and economic cycles during structural transformation. Global nonlinear method can enhance the accuracy and reliability of macroeconomic theoretical and quantitative analysis, effectively promoting the progress of macroeconomic research in China.

Keywords: DSGE Model; global nonlinear analysis; incomplete financial market

JEL Classification: C68, E00, F00

* Corresponding Author: ZHAO Yunxiao, College of Business, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China; Tel: 86-21-65906898; E-mail: zyxavazs@163.com.