

文章编号: 1003- 207(2009)05- 0183- 10

随机 CGE 模型研究述评

范金^{1,2}, 严斌剑^{2,1}, 坂本博³

(11 江苏省行政学院江苏应用经济研究中心, 江苏 南京 210004;

21 南京农业大学经济管理学院, 江苏 南京 210095; 31 国际东亚研究中心, 日本 北九州 8030814)

摘要:作为一种有效的政策分析工具, CGE 模型已广泛应用于贸易、财税、收入分配、能源与环境等研究领域, 但其在均衡结构、函数形式和参数确定等方面的强假设严重制约了模型的分析效力。因此, 研究者试图引入随机性来解决上述问题。本文对随机 CGE 模型研究进行了综述, 主要观点: 第一, 从作用上看, 随机 CGE 模型可以解决目前 CGE 模型面临的均衡结构僵化、函数形式任意、参数设定单一性等三个问题; 第二, 从内容上看, 随机 CGE 模型研究主要包括模型自由参数、方程和数据的随机性研究; 第三, 从研究层次看, 随机 CGE 模型的理论研究者需要完善和统一研究内涵, 并进一步拓展研究外延; 应用研究者需要加强对模型的稳健性检验, 从而提高结果的可信度; 政策制定者需要科学的看待和采纳模型的模拟结果。

关键词: 随机 CGE 模型; 参数; 政策分析; 述评

中图分类号: F2241 0; F223 **文献标识码:** A

1 引言

可计算一般均衡(computable general equilibrium, CGE)模型作为一种有效的政策分析工具, 由于具有/ 严密的理论联系、经济范围内协调一致的相互影响作用机制、替代可能和非线性关系、以及价格内生和混合经济机制0等特点(Dervis 等, 1982; 郑玉歆和樊明太, 1999)^[1,2], 因此, 已经在宏观经济、财政、贸易、收入分配、能源和环境、居民消费、地区差距等领域有了广泛的应用(Shoven 和 Whalley, 1984; Pereira 和 Shoven, 1988; Robinson, 1991; Hudson 和 Jorgenson, 1978; Iqbal 和 Siddiqui, 2001; Fan 等, 2007; Sakamoto, 2002)^[3- 9]。中文文献中在 CGE 模型的应用方面也取得不少研究成果(郑玉歆和樊明太, 1999; 李善同等, 2000; 周建军等, 2004; 魏巍贤, 2006; 范金等, 2008)^[2, 10- 13]。但是, CGE 模型存在着下面三个方面的问题: 一是模型中的均衡结构僵化, 难以体现现实的经济结构; 二是反映偏好和技术的函数形式的确定主观性强,

难以反映现实的偏好和技术情况; 三是模型中参数数值单一, 难以反映真实的情况。CGE 模型中的参数分为两类, 一类是需要外生给定的, 一般称为自由参数; 另一类则是由基期的社会核算矩阵或投入产出表的数据校准得到的, 称为校准参数。对校准的详细讨论, 见 Dawkins 和 Srinivasan(1988)^[14]上述问题已严重影响了 CGE 模型的分析效力(Iqbal 和 Siddiqui, 2001; Jorgenson, 1984; Harrison 等, 1993; Kehoe 等, 1995)^[7, 15- 17], 甚至有时会得出相反的结论。失之毫厘, 谬以千里(Panagariya 和 Duttagupta, 2001)^[18]。上述三个问题其实都可以归结为对 CGE 模型随机性的处理。对于第一个问题, 人们通常是通过放松均衡假设来使模型更具一般性, 如将不完全竞争、规模报酬递增等因素引入 CGE 模型(Harris, 1984)^[19], 也有通过选择模型的不同宏观闭合方式来选择最佳均衡结构(严斌剑和范金, 2009)^[20]。此外, 我们也可以从随机性角度来看, 模型的均衡结构并不是确定的, 而是随机性, 通过对随机性的处理可以使模型反映更灵活的均衡结构。对随机性的综述性研究, 见储海林等(2006)^[21]。该文综述了当前国内外文献对计量经济模型和动力系统模型的随机性研究, 虽然没有研究 CGE 模型中的随机性, 但是为本文提供了很好的分析思路。对于第二个问题, 人们总是希望确定与现实最接近、也容易计算的生产和效用的函数形式,

收稿日期: 2009- 02- 15; 修订日期: 2009- 08- 31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70873052); 国家软科学研究计划项目(2009GXSD109)

作者简介: 范金(1965-), 男, (汉族), 江苏人, 江苏省行政学院江苏应用经济研究中心主任, 管理学博士, 经济学博士后, 教授, 南京农业大学博士生导师, 研究方向: 国民经济。

而与现实的接近程度则可以由方程中的随机性来反映。对于第三个问题,一般认为,加入随机性的参数可以更好的反映现实。对校准参数的随机性的引入,可由随机投入产出(Input2Output, IO)表或社会核算矩阵(Social Accounting Matrix, SAM)计算得到;有关SAM的应用,可见范金等(2004)^[22]。对于自由参数的随机性的引入,可以通过计量等方法计算得到。本文主要研究后两种随机性的情况。

除此之外,研究随机CGE模型还有什么原因?从定性的角度来讲,研究CGE模型的随机性可以检验CGE模型结果的稳健的,例如财政政策对某一经济指标的影响,可以通过引入随机性来判断正负影响的概率。Tuladhar(2003)还提出了另外两个原因^[23]:一是对政策制定者而言,CGE模型随机性分析可以让他们更加理解CGE模型的结果。比如有两种CGE模型的结果:一种是/ 税收收入将达到7亿元0,另一种是/ 税收收入很有可能是7亿元,有95%的概率在6亿6千万元到7亿4千万元之间0,很显然政策制定者更喜欢第二种结果,因为它与事实更接近、更可信,从科学角度来讲也更诚实。二是对研究者而言,CGE随机性分析可以有效处理不同模型之间由于均衡结构、函数形式或者参数设置不同而引起的争论。对同一个问题,由于构建的模型不同,得到的结果也可能不同可。比如在研究通过对碳征税来控制二氧化碳排放量问题上,在JSW模型(Jorgenson等,1992)中,对每吨碳征税16美元时,带来015%的GNP损失^[24];在MR模型(Manne和Richels,1992)中,对每吨碳征税300美元,并带来312%的GNP损失^[25];其他模型的研究结果介于这两者之间。而通过CGE模型的随机性分析,可以将这些结论统一起来。

对CGE模型随机性分析,目前仍处于起步阶段,且主要集中于对自由参数随机性的研究。这部分主要从两个方面进行:一是研究不随时间变化的自由参数的随机性,一般分析比较静态下,这类研究比较多;二是考虑时间变化(学习效应)的自由参数的随机性,主要是动态CGE模型与优化控制论的结合,但这类研究相对较少。本文的第二部分介绍随机CGE模型的数学描述,第三部分介绍CGE模型中的参数及其确定方法;第四部分阐述CGE模型自由参数随机性的理论研究;第五部分分析CGE模型自由参数随机性的实证应用;第六部分为得到的几点启示。

2 随机CGE模型的数学描述

CGE模型通常因复杂的方程结构、庞大的变量和参数,使一些研究人员望而却步,但事实上,CGE模型的数学形式是比较简单的。下文先介绍确定性CGE模型,在此基础上讨论参数的随机性和方程的随机性。

2.1 确定性CGE模型的数学描述

CGE模型一般的数学形式可以用一个函数M来表示,

$$Y = M(X, B, C) \tag{1}$$

式中,Y是一个m维的内生变量;M是复杂的但是可以计算的函数,通常是非线性的;X是一个外生或经济政策变量向量;B是一个p维的自由参数向量;C是一个k维的需要标定的参数向量。

从理论的视角来看,B和C没有本质的区别。但是,这两个向量在模型中所扮演的角色是不同的。B中包含的元素是模型中行为方程(如效用/需求、生产/供给、进口、出口等)中的参数(比如弹性),而C通常是规模或份额参数。C的标定是通过参考往年的数据得到的,一般是由IO表或SAM的数据标定得到。自由参数B则通过估计得到,并且它的数值是在标定C之前确定的。所以,这些参数的选择会对模拟结果产生重大影响。

进一步考虑如下方程:

$$Y_0 = M(X_0, B, C) \tag{2}$$

式中,Y₀和X₀分别是给定基期的内生变量和外生变量。

我们求解C(假定它的解是存在并且唯一的):

$$C = H(Y_0, X_0, B) = h(B) \tag{3}$$

当B的估计 \hat{B} 是可得到的,那么,对向量C的估计就可通过在式(2)和式(3)中用 \hat{B} 代替B得到。进一步把向量C分解为两个子向量:G和G^c,其中G和B是独立的。得到如下方程:

$$G = h_1(Y_0, X_0), G^c = h_2(Y_0, X_0, B) \tag{4}$$

式中,第一个子向量G是Y₀、X₀的函数,第二个子向量G^c是B和Y₀、X₀的函数,因而:

$$G^c = \bar{h}_2(Y, X, B) = h_2(B) \tag{5}$$

如果外生变量已知,并假定模型是确定性的,则:

$$Y = \bar{g}(X, B) = g(B) \tag{6}$$

式中,函数 \bar{g} 和g在一个给定的基期基础上定义的,其中g还假定X是给定的。

式(6)是本文研究的基础。它意味着内生变量是由外生变量和自由参数共同决定的,当外生变量给定,则内生变量只受到自由参数的影响。参数确定的CGE模型只考虑外生变量对内生变量的影响,而不考虑自由参数的变化问题。但在现实中,自由参数是变化的,这就需要我们研究自由参数变化对CGE模型的内生变量的影响。

2.2 CGE模型的随机性分析

根据上面的分析,校准参数C是由基期的 Y_0 和 X_0 决定的,而后者是来自基期的IO或SAM,也就是说,如果基期IO或SAM是确定性的话,那么校准参数C也就唯一确定了。但是,由于IO或SAM中的数据来自统计调查,存在抽样误差和统计测量误差,这样编制IO或SAM的基础数据从理论上来说是不确定性的。同时,由于在编制和更新IO或SAM过程中有不同的平衡方法,这些方法得到的结果是不同的(范金和万兴,2007)^[26]。这样得到的最终IO或SAM虽然是唯一性,但却存在不小的误差,这就需要考虑IO或SAM表的随机性,编制随机的IO或SAM(Thorbecke, 2003)^[27]。随机IO或SAM不是一张表,而是一个表集。它考虑到IO或SAM中各个帐户的随机性,由此生成考虑帐户不同数值的一些列IO或SAM,所以CGE模型基期数据库是IO或SAM表集,由此得到的校准参数C则是一些列数值,这样就体现了校准参数的随机性。同时,由于采用SAM表校准参数本身也存在不少争议,Lau(1984)、Partridge和Rickman(1998)认为一年的数据是不能反映经济模型的结构,而应该通过建立联立方程来估计这些校准参数,但是后者存在更多的问题,因为它仍然面临大量的参数计算^[28,29]。Mansur和Whalley(1984)通过多年的基期数据来校准参数,最后取平均值^[30]。但是这一做法仍然存在数据的统计性质不确定这个问题。可见,校准参数的随机性并不容易处理。

自由参数的随机性在第三部分重点论述。下面讨论方程的随机性。在模型的方程中加入随机项E,得到:

$$Y = M(X, B, C) + E \quad (7)$$

式(7)中,B、C和E的随机性共同决定了外生变量X对内生变量Y的影响。

Tuladhar(2003)认为E对模型结果影响的大小取决于方程函数形式的选择^[23]。如果函数形式选择不当,E对模型模拟结果就会有有很大的影响,反之则影响较小。所以,随机项E是可以反映模型方程

的随机性的。

3 随机CGE模型中的自由参数选择和估计

目前对随机CGE模型的研究主要集中于对自由参数随机性的分析上,而CGE模型的自由参数选择依赖于模型所采用的函数形式和所研究的问题。首先,CGE模型的自由参数选择与模型所采用的函数形式有关。若采用C2D(柯布道格拉斯)型函数形式,则不需要自由参数。我们给出C2D型效用函数下的消费者最优化模型:

$$\begin{aligned} \max U &= \prod C_i^{\alpha_i} \\ \text{s.t.} \quad & \sum p_i C_i = R, \quad \sum \alpha_i = 1 \end{aligned} \quad (8)$$

式中,R表示总收入;每个商品i的消费量 $C_i = \frac{\alpha_i R}{p_i}$ 。

在这种函数下,唯一一个未知参数是 α_i ,也就是商品i的消费支出占总预算的份额。它是通过基期数据的校准得到的,即 $\alpha_i = \frac{p_i C_i}{R}$ 。C2D型生产函数与此类似。所以说,采用C2D型函数形式是没有自由参数的。

若采用CES(不变替代弹性)型函数形式,则需要给出替代弹性。我们给出CES型效用函数下的消费者最优化模型:

$$\begin{aligned} \max U &= \left[\sum \alpha_i C_i^{(E-1)/E} \right]^{E/(E-1)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum p_i C_i = R, \quad \sum \alpha_i = 1 \end{aligned} \quad (9)$$

式中,R表示总收入, C_i 为每个商品i的消费量。参数 α_i 为未知的校准参数,它可以通过一阶最优条件计算公式并使用基期数据校准得到。参数E为未知的自由参数,它需要通过CGE模型和基期数据库之外的数据计算得到,具体下文分析。

若采用CET、LES、ELES型等函数形式,则需要给出更多的自由参数。对于这些函数形式的自由参数,以及自由参数选择和函数形式的关系,Amanatbi(2006)做了比较详细的讨论。结果显示,函数形式越复杂,需要的自由参数就越多^[31]。

其次,CGE模型的自由参数选择也和所研究的问题有关。如要研究和生产相关的问题,可以在生产函数中加入某一参数。Harris和Robinson(2001)为研究技术进步等因素农业抗灾害能力以及由此引起的经济影响,在生产函数中增加了一个随机因素^[32]。加入随机因素后的生产函数如下:

$$QVA = (x \# A) \# \left(\prod D \# QF_r \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (10)$$

式中, QVA 表示增加值; D 是要素 f 的份额参数; QF_r 是要素 f 的生产投入; A 表示效率参数; x 是随机冲击。

这样, $x \# A$ 就可以看成是一个随机的自由参数。这样就可以研究自由参数随机性对 CGE 模型结果的影响。要研究和消费有关的问题, 可在消费函数中加入某一参数; 要研究贸易问题, 可在贸易方程中加入某一参数, 如阿明顿贸易替代弹性, Christine 和 Edward(2003) 估算了这一弹性以及对模型结果的影响^[33], 等等; 形式和上述的生产函数中加入参数是一致的。

选择自由参数后, 下一步就是如何确定自由参数。自由参数可以由计量方法、熵方法和主观判断得到(Annabi, 2006)^[31]。

计量方法是根据历史数据, 采用计量工具获得自由参数。主要包括最小二乘法、非线性方法和泰勒近似法。这一方法的优点是它比较精确, 缺点是它的数据采集的成本比较高, 有些数据很难获得甚至根本得不到。Sadoulet 和 Roland-Holst(1989)、Abdelkhalik(1996)、Abdelkhalik 和 Dufour(1998, 2000)、Kapusinski 和 Warr(1999) 等都是采用计量方法获得自由参数数值^[34-38]。

个人判断一般是在相关数据难以获得的时候采用的, 通常选择与所研究对象比较相似的国家或地区的数据作为参考, 或者直接借用过来, 或者按照研究人员达成的一致意见确定。Dervis 等(1982)、Devarajan 等(1993)、Roland-Holst 等(1994) 以及 L&Efgren(1994) 等采用了这一方法^[1, 39-41]。

最大熵方法也是在相关数据不足的情况下采用。Arndt 等(2002) 采用最大熵方法计算估计 CGE 模型中的自由参数^[42]。他认为该技术具有以下优点: 一是利用所有的一般均衡约束条件; 二是允许结合参数值的先验信息; 三是允许一些数据的缺失; 四是可以生成历史数据和显著性参数。基于这些判断, 最大熵方法可以视为计量方法和个人判断方法的一个折中。

4 CGE 模型中自由参数随机性的理论研究

按照上文的分类, 本文从下面两个方面回顾 CGE 模型中自由参数随机性的理论研究。

4.1 不随时间变化的自由参数的随机性研究

基于 Abdelkhalik 和 Dufour(1998) 和 Abler 等(1999) 的研究, 本文将不随时间变化的参数随机性问题可分成八种情况^[36, 43]:

第一种是条件系统敏感性分析(Conditional Systematic Sensitivity Analysis) (Harrison 等, 1993; Harrison, 1986; Harrison 和 Kimbell, 1985)^[16, 44, 45]。对模型中的每一个参数设定一定数量的备选值, 其中一组参数的值作为基期组。在做模拟时, 设其它参数为基期值, 某一参数选择其他所有备选值。依次类推, 对每个参数都进行模拟。如果模型中有 k 个参数, 并且每个参数有 m 个备选值(包括基期值), 那么, 模型就需要模拟 $1 + k(m - 1)$ 次(所有参数为基期值, 需模拟一次; m 个参数, 每个参数还有 m - 1 个选择, 需模拟 k(m - 1) 次)。CS SA 的优点是计算上可行, 模拟的次数和参数个数呈线性关系。即使是大型的 CGE 模型, 计算起来也比较快。它的缺点是一次只能变化一个参数, 这样就忽略了两个或以上变量同时变化对模型结果产生的意想不到的结果。

第二种是无条件系统敏感性分析(Unconditional Systematic Sensitivity Analysis) (Harrison 等, 1993; Bernheim 等, 1991; Harrison 和 Vinod, 1992)^[16, 46, 47]。它允许很多或者所有参数同时变化, 如果有 k 个参数, 每个参数的备选值分别为 m_i 个, 那么模型就需要模拟 $\prod_{i=1}^k m_i$ 次。如果模型中的参数超过两个备选值, 这将是一个很大的计算量。如果有 100 个参数, 每个参数有 2 个备选值, 那么就需要模拟 2 的 100 次方; 如果有 3 个备选值, 那就得模拟 3 的 100 次方。显然, 这种方法在计算上是不可行的, 除非模型很小。

第三种是贝叶斯方法(Bayesian Approach) (Harrison 和 Vinod, 1992)^[47]。通过对所有参数组合的一个随机样本的分析来代替对所有参数组合的分析。首先对每个参数都会给出一个先验分析, 而每个参数的备选值基于这一分布得到。具体来说, 如果第 i 个参数有 m_i 个备选值, 那么把它的分布划分为 m_i 个区间, 每个区间根据概率密度函数得到同样的大小, 然后计算每个区间的参数的平均值, 用这样的均值作为备选值。这一方法的优点是在样本并不大的情况下是容易计算的。不过它有两个不足: 一个是每个参数分布的偶矩会被普遍低估^[48], 随着样本的增加, 低估的概率接近 1。而参数分布的奇矩可能被低估或高估。另一个是这一方法并没有给出选择合适样本量的方法。一定量的样本可能适用于某些模型, 但对另一些模型则未必。

第四种是高斯积分法(Gaussian Quadrature

Approach) (Miller 和 Rice, 1983; Preckel 和 De Vuyst, 1992; Arndt 等, 1996)^[48-50]。首先对每一个参数设定一个先验分布, 然后在这一分布上选择可以使模型求解的点。和贝叶斯方法中对分布的处理不同, 这一方法可以保留参数中分布中的二阶和高阶矩。设 m 为每个参数的备选值数目, 高斯积分可以在相对一般的条件下再生产目标变量的 $2m-1$ 矩。尽管如此, 计算的精确性同样是以高额的计算成本为代价的。

第五种为蒙特卡洛实验法(Monte Carlo Experiment Approach) (Abler, 1999)^[43]。对每个参数设定一个先验分布, 参数集是从这样的分布中随机得到。这样具体的分布可以是一种或多种常用的分布(如均匀分布、正态分布、对数正态分布等), 每个参数分布的总体参数可以基于所研究国家或类似国家和地区的实证研究得到。这个分布可以是单变量的或者多变量的, 多变量分布要求对参数间的协方差估计, 虽然后者通常是难以得到的。该方法的优点是可以根据目标变量的置信度来确定所需要的模拟次数。

第六种为有限灵敏性分析方法(Limited Sensitivity Analysis) (Bernheim 等, 1991; Wigle, 1991)^[46,51]。这种方法不需要给出参数的先验分布, 只需要给出相关参数的几个有代表性的值, 模型只需要给某些关键参数的代表性数值模拟。这一方法的优点是计算上很简单, 缺点是参数的选择以及参数备选值的确定相对比较随意。

第七种为极值方法(External Approach) (Pagan 和 Shannon, 1985)^[52]。这种方法是事先确定参数的选择区间, 然后将极值代入模型, 这样得到的模拟结果(相关的经济变量)是也是一个区间。

第八种为置信区间方法(Confidence Intervals Approach) (Tuladhar, 2003; Abdelkhalik 和 Dufour, 1998, 2000)^[23,36,37]。它充分考虑到了参数的统计性质和模拟结果的可信程度, 运用自由参数的协方差矩阵来求解内生变量的置信区间, 同时, 它还能考虑到方程的误差项对内生变量的冲击的置信区间。与灵敏性分析方法(包括条件灵敏性分析方法、无条件灵敏性分析方法、有限灵敏性分析方法)相比, 它能在相对低成本的情况下考虑到了所有自由参数的变化,

比较上面的分析, 可以把上述的八种方法从下面的四个方面来归纳分析:

第一, 参数的选择问题。是考虑模型中的所有

参数的不确定性还是只选择部分参数的不确定性? 这需要有一个选择的标准。如置信区间法考虑所有的参数, 而其余方法则是有所选择的。

第二, 参数的分布问题。上述方法都涉及到参数的分布, 只是有的以一个的统计分布表示, 另一些则没有明确指出参数的分布。参数的分布的确定, 可以通过历史数据获得, 也可以考虑预期因素的影响。

第三, 参数的相关性。不同参数之间是互相独立的, 还是存在一定的相关性? 这也是需要通过具体参数的分析才能得到的。

第四, 模拟的次数和模拟结果的可信度问题。上面有些方法给出了达到一个置信度所需要的模拟次数, 有些并没有给出, 有些没有给出来, 有些则是给出了置信区间。

4.2 考虑到时间变化的自由参数随机性研究

上述方法虽然都是对 CGE 模型的敏感性分析, 但 these 方法都忽略了自由参数与时间的关系, 即学习效应对模型中自由参数随机性的影响 (Kim, 2004)^[53]。也有可能是模型本身是静态的, 所以不需要考虑时间效应。Kim (2004) 结合了优化控制模型和动态 CGE 模型, 把动态 CGE 模型引入了优化控制模型的框架下, 建立了一个有 19 个约束方程的优化控制模型^[53]。以 CGE 模型的一阶最优条件为约束条件, 确定相应的目标函数, 这样就得到基于动态 CGE 的优化控制模型:

$$x_{t+1} = A(H) x_t + B(H) u_t + C(H) z_t + N, \quad t = 0, 1, \dots, T-1 \quad (11)$$

式中, t 为所处的阶段; x 为状态变量, 也就是 CGE 模型中的内生变量; u 为控制变量, 也就是 CGE 模型中的政策变量; z 为外生变量; H 为模型的自由参数, N 为模型的随机误差项, 通常设定这两个量为正态分布的。

为了表示参数随时间的变化而变化, 可建立如下方程:

$$H_t = DH + F, \quad t = 0, 1, \dots, T-1 \quad (12)$$

式中, F 为随机误差项。

一般来说, 很难确定参数之间的相对不确定性, 因为目前还没有统一的标准来判别矩阵 A 、 B 、 C 到底哪个应该按不确定性处理。即使这样, 我们还是可以将系统方程中的非零参数按不确定性处理。从 (12) 式可以看出, 参数的变化是依赖于上一期的参数值的。换言之, 预期因素并没有在模型中表现出来。如何将预期因素能在随机 CGE 模型中体现出

来,是一个研究热点。考虑不确定性下预期变量的随机控制方法在带随机项的模型和参数不确定的模型中均有应用。前者见 Curie 和 Levine (1993)、Amman 和 Kendrick(1999)、Fair(2003)^[54-56],后者见 Amman 和 Kendrick(2000)^[57]。

5 随机 CGE 模型的实证研究

从 Johansen(1960)建立的第一个 CGE 模型开始,与实证研究密不可分^[58]。对随机 CGE 模型研究同样如此。根据第三部分的分析,本文把与函数形式有关的自由参数称作一般自由参数,而把和所研究问题有关的自由参数称作特殊自由参数。下面将从这两个方面来总结。

5.1 对一般自由参数的随机性分析的实证研究

从理论上来说,所有的已有对 CGE 模型的实证研究都可以扩展到随机 CGE 模型。但是,由于随机 CGE 模型的研究理论相对不太成熟,再加上计算成本较大,所以已有文献对随机 CGE 模型的实证研究尚少见,且这些文献仅仅停留在模型结果对某些自由参数的稳健性分析层面。

Harrison 等(1993)采用无条件系统敏感性分析法和条件系统敏感性分析法,对 Whalley 和 Wigle(1986)、Whalley(1983)、Harris(1986)等人的研究做了比较分析^[16,59-61]。发现采用无条件系统敏感性分析法得到结果的区间要大于采用条件系统敏感性分析法得到结果的区间,这与这些自由参数之间存在正相关关系有关。

Abler 等(1999)采用蒙特卡洛法,假设参数为均匀分布,以哥斯达黎加为例,研究了宏观经济和产业政策对环境的影响。研究发现结论对参数的变化是稳健的^[43]。

Abdelkhalek 和 Dufour(1998)采用 1-2-3CGE 模型研究可摩洛哥经济,用区间置信法模拟了自由参数的变化对主要经济变量的影响。文中的不确定自由参数选择了进口商品与国内商品的替代弹性,该参数通过历史数据计算得到。在 95%的置信度下,研究给出了自由变量的置信区间,使模型的模拟结果更具有灵活性,为政策制定者提供科学的建议^[36]。

Thomas 等(2007)采用计量方法计算了不同国家的进口替代弹性,并同时运用蒙特卡洛试验法和高斯积分法计算了模型中主要的内生变量对这一参数变化的置信区间。研究发现,模型的结果对替代弹性的变化是稳健的^[62]。

国内学者对这方面已开始尝试进行研究。王灿和陈吉宁(2006)采用蒙特卡洛方法研究了 CGE 模型参数不确定性传播问题,并开发了随机计算工具^[63]。该文通过拒绝法由正态分布的随机数获得 beta 分布随机数,并利用拉丁超立方体抽样方法对 TEDCGE 模型的 50 个自由参数进行随机采样,考察模型输出的不确定性。同时,该文还研究了自由参数的相关性对模型结果的影响,发现当参数之间是正的相关系数时,模型结果的不确定性将进一步扩大。

5.2 对特殊自由参数的随机性分析的实证研究

这一类的实证研究更具有针对性,它们从问题出发,关注于重点自由参数的随机性,可以也可以降低计算成本。但是它的不足之处是往往会忽略其他随机性,尤其是其他没有注意而实际上对结果有重要影响的自由参数的随机性对结果的影响。

Harris 和 Robinson(2001)研究了技术进步、农业品种改良和天气预测技术改进等因素对墨西哥农业抗厄尔尼诺等自然灾害能力,以及由此引起的对不同地区经济的影响^[32]。该文通过在生产函数中加入特定参数,反映不同自然状态下的生产率,并根据历史数据,采用蒙特卡罗方法,模拟了这一参数的分布情况,进而得到对经济的影响结果。

崔丽丽等(2002)以 State2contingent 模型为基础,结合中国具体情况,采用气候变化参数的不确定性,对中国合理的 CO₂ 减排率制定问题进行了模拟分析^[64]。该文中对气候变化参数的处理只是根据相关文献给出了几个备选值,并假定参数是均匀分布的。

Tuladhar(2003)基于一个关于美国经济的计量跨期一般均衡模型,采用置信区间方法,检验了双分红假说,该假说认为环境税对收入税的收入中性替代能提高福利,该研究为政策制定者给出了更为合理的预测结果^[23]。

许召元和李善同(2008)研究了中国区域劳动力迁移对经济增长的影响^[65]。该文中对资本区域流动性参数作了简单的敏感性分析,即仅仅涉及到一个参数的两个备选值(包括基准值),但得到的结论是模型结果对该参数是稳健的。

表 1 是上述研究的综合比较。总之,目前的研究表明模型的结论在大方向上对参数变化还是比较稳健的。但是,即便如此,考虑到不确定性的模拟结果显然更利于政策制定者科学的对待政策制定问题。

表 1 代表性随机 CGE 模型实证研究比较

作者	研究对象	研究问题	不确定参数的选择	不确定参数的估计	采用的方法	对结论的影响
Abdelkhalik 和 Dufour (1998)	摩洛哥	模拟了自由参数的变化对主要经济变量的影响	进口商品与国内商品的替代弹性	通过历史数据采集计算得到	置信区间法	结论更具有说服力
Abler 等 (1999)	哥斯达黎加	宏观经济与产业政策对环境的影响	生产函数中的替代弹性、基期消费者需求的价格弹性、基期消费者需求的收入弹性、进口弹性、出口弹性	假定参数是服从均匀分布的, 上下限值来自计量估计、其它国家的数据和作者的个人判断	采用蒙特卡洛方法	结论是稳健的
Harris 和 Robinson (2001)	墨西哥	农业技术进步和天气预测技术改进等因素对墨西哥农业抗厄尔尼诺等自然灾害能力, 以及由此引起的对不同地区经济的影响。	生产函数中的技术参数	通过历史数据计算得到一定的分布情况	蒙特卡罗法	目的不是敏感性检验, 参数的不确定本身已经包含了经济含义
Harrison 等 (1993)	多个国家	降低关税对国内居民福利的影响	进口价格弹性、进口收入弹性、出口价格弹性	由相关文献得到, 采用计量方法, 设定参数是单变量正态分布的	包括条件敏感性和无条件敏感性分析	基本上支持原有结论, 只有个别变量的结果呈反向关系
Harrison 等 (1993)		贸易自由化和产业组织	出口弹性、进口弹性、规模经济弹性	通过计量, 取 3 个等差备选值	单一参数变化和同时变化结合	结论稳健
Thomas 等 (2003)	多个国家	自由贸易问题	进出口替代弹性	通过相关数据计算得到	置信区间法	结论稳健
崔丽丽等 (2002)	中国	合理的 CO ₂ 减排率制定问题	生产函数中的气候变化参数	根据文献得到, 假定参数是均匀分布的	只有一个不确定性参数	结论稳健
Tuladhar (2003)	美国	双分红假说	所有参数	根据历史数据计量得到	置信区间法	结论稳健
王灿和陈吉宁 (2006)	中国	研究了 CGE 模型参数不确定性传播问题	生产函数和进出口函数中的替代弹性	由正态分布的随机数获得 beta 分布随机数	蒙特卡罗法	结果的不确定性与参数间的关系联系密切

6 结语

本文把随机性引入 CGE 模型, 通过回顾国内外学者对 CGE 模型随机性的理论和实证研究, 得到下面四点启示。

第一, 从学科的交融来看, 以优化均衡为主的 CGE 模型与以不确定性为主的随机方法的结合, 是复杂性经济模型建模的重大进步。经济社会既是按照经济个体优化行为达成的一个动态均衡, 同时也是充满不确定性的, 以往的 CGE 模型只考虑了优化和均衡特性, 而没有引入不确定性因素, 这样就无法反映经济的真实性, 得到的结论可靠性相对不高。随机 CGE 模型可以弥补这一缺憾, 并使经济模型假设和经济现实更接近。随着对随机 CGE 模型的深入, 包括混沌理论在内的高级随机过程理论将使经济模型成为与现实接近、便于政策分析的复杂性系统。

第二, 对随机 CGE 模型的理论研究者来说, 需要完善和统一已有的内容内涵, 并进一步拓展随机性的研究外延。当前对自由参数的随机性已有不少研究, 方法趋于多样化, 并且较为成熟。对校准参数的随机性研究, 由于依靠的是随机 IO 表和 SAM 表的编制, 而对后者研究由于高昂的成本和不太成熟

的方法而相对不足。对方程随机性的研究, 当前是停留在先确定方程的函数形式, 然后再计算方程的误差项对结果的影响, 而对不同函数形式的比较研究则较少。对模型均衡结构的随机性问题, 当前还没有相关的研究, 需要进一步拓展。同时, 将不同的随机性共同作用的研究, 目前已有一些进展, 如采用置信区间法把自由参数与方程随机性对结果共同影响的研究, 这是统一随机 CGE 模型研究内容和方法的一个起步, 也是随机 CGE 模型研究的一个方向。

第三, 对 CGE 模型的应用研究者来说, 需要适当考虑模型中随机性结果的影响, 加强模型结果的稳健性检验, 进而提高模型结果的可信度。目前的研究中, 对模型结果对重要参数的稳健性检验越来越受关注, 这些参数的选择主要是根据研究的内容而定的, 这样可在计算成本提高较少的情况下提高结果的可信度。对模型结果对方程的函数形式的稳健性的研究比较少, 而这一内容对模型结果的影响是很大的, 所以需要引起 CGE 模型的应用研究者的重视。同时, 在编制 IO 表, 尤其是 SAM 表时, 研究者需要考虑其中帐户的随机性, 或至少考察与研究内容关系紧密的重点帐户的随机性。

第四, 对政策制定者来说, 需要科学的看待和采纳随机 CGE 模型的结论。随机 CGE 模型的研究结

论,一种是在大方向上的判断,通过稳健性检验,可以判断某一政策对某些经济变量的正向或负向影响,得到重要的定性结论。另一种是在数量上的概率判断,通过对CGE模型随机性的分析,可以确定在某一概率下,某一政策变量对某些经济变量影响的数量区间。这两种结论从定性和定量两方面考虑了某一政策对经济的影响,可以为政策制定者提供更为科学的政策建议。

参考文献:

- [1] Dervis, K., De Melo, J., Robinson, S.. General Equilibrium Models for Development Policy[M]. New York: Cambridge University Press, 1982.
- [2] 郑玉歆, 樊明太. 中国CGE模型及政策分析[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 1999.
- [3] Shoven, J., Whalley, J.. Applied general equilibrium models of taxation and international trade [J]. Journal of Economic Literature, 1984, 22: 1007- 1051.
- [4] Pereira, A., Shoven, J.. Survey of dynamic computable general equilibrium models for tax policy evaluation [J]. Journal of Policy Modeling, 1988, 10(3): 401- 436.
- [5] Robinson, S.. Macroeconomics, financial variables and computable general equilibrium models [J]. World Bank, 1991, 19(11): 1509- 1525.
- [6] Hudson, E., Jorgenson, D.. Energy policy and U. S. economic growth [J]. American Economic Review, 1978, 68(2): 118- 123.
- [7] Iqbal, Z., Siddiqui, R.. Critical review of literature on computable general equilibrium models [R]. MIMAP Technical Paper Series No.20, Pakistan Institute of Development Economics, 2001.
- [8] Fan, J., Wang, Y., Wan, X.. Can the fall of saving rates increase chinese urban and rural residents. demand? [R]. ICSEAD Working Paper Series Vol. 2007- 10, 2007.
- [9] Sakamoto, H.. Regional Inequality and Computable General Equilibrium Analysis in China[D]. PhD Dissertation, Osaka University, 2002.
- [10] 李善同, 翟凡, 徐林. 中国加入世界贸易组织对中国经济的影响))) 动态一般均衡分析 [J]. 世界经济, 2000, 23(2): 3- 14.
- [11] 周建军, 王韬, 刘芳. 间接税改革的宏观经济效应: 一般均衡分析 [J]. 当代经济科学, 2004, 26(5): 37- 43.
- [12] 魏巍贤. 人民币升值的宏观经济影响评价 [J]. 经济研究, 2006, 41(4): 47- 57.
- [13] 范金, 伞锋, 王艳, 袁小慧. 中国城乡居民消费取向的情景分析和政策研究 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2008.
- [14] Dawkins, C., Srinivasan, T.. Calibration [C]. In E. Leamer and J. Heckman, eds., Handbook of Econometrics, Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [15] Jorgenson, W.. Econometric methods for applied general equilibrium analysis [C]. In H. E. Scarf and J. B. Shoven, eds., Applied General Equilibrium Analysis, Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [16] Harrison, W., Jones, R., Kimbell, L., Wigle, J.. How robust is applied general equilibrium analysis? [J]. Journal of Policy Modeling, 1993, 15(1): 99- 115.
- [17] Kehoe, T., Polo, C., Sancho, F.. An evaluation of the performance of an applied general equilibrium model of the Spanish economy [J]. Economic Theory, 1995, 6(1): 115- 141.
- [18] Panagariya, A., Duttgupta, R.. The / Gains from preferential trade liberalization in the CGE models: Where do they come from? [C]. In Lahiri, eds., Regionalism and Globalization: Theory and Practice. London and New York: Routledge, 2001: 39- 60.
- [19] Harris, R.. Applied general equilibrium analysis of small open economies with scale economies and imperfect competition [J]. American Economic Review, 1984, 74: 1016- 1032.
- [20] 严斌剑, 范金. 中国CGE模型宏观闭合的实证检验 [J]. 统计研究, 2009, 26(2): 80- 88.
- [21] 储海林, 潘美龄, 李哲. 知否, 知否, 应是绿肥红瘦))) 对于随机性的探讨 [J]. 统计研究, 2006, (11): 69- 72.
- [22] 范金, 郑庆武, 王艳, 袁小慧. 完善人民币汇率形成机制对中国宏观经济影响的情景分析))) 一般均衡分析 [J]. 管理世界, 2004, (7): 29- 32.
- [23] Tuladhar, S.. Confidence Intervals for Computable General Equilibrium Models [D]. Phd Dissertation, the University of Texas at Austin, 2003.
- [24] Jorgenson, W., Slesnick, D., Wilcoxon, P.. Carbon taxes and economic welfare [R]. Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics, 1992.
- [25] Manne, A., Richels, R.. Buying Greenhouse Insurance: The Economic Costs of CO₂ Emission Limits [M]. Cambridge, MA: the MIT Press, 1992.
- [26] 范金, 万兴. 投入产出表和社会核算矩阵更新研究述评 [J]. 数量经济技术经济研究, 2007, 24(5): 151- 160.
- [27] Thorbecke, E.. Towards a stochastic SAM for model

- ing [J]. *Economic Systems Research*, 2003, 15(2): 185- 196.
- [28] Lau, L.. Comments on Mansur and Whalley's numerical specification of applied general equilibrium models: Estimation, calibration and data [R]. In H. Scarf and J. Shoven, eds., *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [29] Partridge, M., Rickman, D.. Regional computable general equilibrium modeling: A survey and critical appraisal [J]. *International Regional Science Review*, 1998, 21(3): 205- 248.
- [30] Mansur, A., Whalley, J.. Numerical specification of applied general equilibrium models: Estimation, calibration and data [C]. In H. Scarf and J. Shoven, eds., *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- [31] Annabi, N., Cockburn, J., Decaluwe, B.. Functional forms and parameterization of CGE models [R]. MPIA Working Paper, 2006.
- [32] Harris, R., Robinson, S.. Economy-wide effects of EL NINO/ Southern Oscillation (ENSO) in Mexico and the role of improved forecasting and technological change [R]. The International Food Policy Research Institute, TMDP83, 2001.
- [33] Christine, A., Edward, J.. A review of armington trade substitution elasticities [J]. *Economie Internationale*, 2003, 94- 95: 301- 314.
- [34] Sadoulet, E., Roland-Holst, D.. A General Equilibrium Analysis of Domestic Resources Competitiveness and Trade Policy in Ecuador [M]. Washington D.C.: World Bank, 1989.
- [35] Abdelkhalek, T.. Elasticité de Substitution et de Transformation et Sensibilité Prix et Revenu, une Analyse Sectorielle du Commerce Extérieur Marocain [M]. Ministère du Commerce Extérieur, Royaume du Maroc, 1996.
- [36] Abdelkhalek, T., Dufour, M. J.. Statistical inference for computable general equilibrium models with application to a model of the Moroccan economy [J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1998, 80(4): 520 - 534.
- [37] Abdelkhalek, T., Dufour, M. J.. Confidence regions for calibrated parameters in computable general equilibrium models [Z]. CIRANO Working Paper No. 1198 - 8177, 2000.
- [38] Kapuscinski, C., Warr, P.. Estimation of Armington elasticities: An application to the Philippines [J]. *Economic Modeling*, 1999, 16(2): 257- 278.
- [39] Devarajan, S., Lewis, J., Robinson, S.. External shocks, purchasing power parity, and the equilibrium real exchange rate [J]. *The World Bank Economic Review*, 1993, 7(1): 45- 63.
- [40] Roland-Holst, D., Reinert, A., Shiells, R.. A general equilibrium analysis of North American economic integration [C]. In J. F. Francois, and C. R. Shiells, eds., *Modeling Trade Policy: Applied General Equilibrium Assessments of North American Free Trade*, New York: Cambridge University Press, 1994.
- [41] LÉfgren, H.. A brief survey of elasticities for CGE models [Z]. Paper Presented to the Ford Foundation, Cairo, 1994.
- [42] Arndt, C., Robinson, S., Tarp, F.. Parameter estimation for a computable general equilibrium model: A maximum entropy approach [J]. *Economic Modeling*, 2002, 19: 375- 398.
- [43] Abler, D., Rodrigues, A., Shortle, J.. Parameter uncertainty in CGE modeling of the environmental impacts of economic policies [J]. *Environmental and Resource Economics*, 1999, 14(2): 75- 94.
- [44] Harrison, W.. A general equilibrium analysis of tariff reduction [C]. In T. N. Srinivasan and J. Whalley, eds., *General Equilibrium Trade Policy Modeling*, Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- [45] Harrison, W., Kimbell, J.. Economic interdependence in the Pacific Basin: A general approach [C]. In J. Piggot and J. Whalley, eds., *New Developments in Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- [46] Bernheim, B., Scholz, K., Shoven, B.. Consumption taxation in a general equilibrium model: How reliable are simulation results? [R]. National Bureau of Economic Research, NBER Working Paper No. 3500, University of Chicago Press: Chicago, 1991, 131- 158.
- [47] Harrison, W., Vinod, D.. The sensitivity analysis of applied general equilibrium models: Completely randomized factorial sampling designs [J]. *Review of Economics and Statistics*, 1992, 79(2): 357- 362.
- [48] Miller, A., Rice, R.. Discrete approximations of probability distributions [J]. *Management Science*, 1983, 29(3): 352- 362.
- [49] Preckel, P., DeVuyst, E.. Efficient handling of probability information for decision analysis under risk [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1992, 72 (3): 655- 662.
- [50] Arndt, C., Robinson, S., Tarp, F.. An introduction to systematic sensitivity analysis via Gaussian quadrature

- ture [R]. GTAP, Technical Paper No. 2, 1996.
- [51] Wigle, J. . The Pagan-Shannon approximation: Unconditional systematic sensitivity in minutes [J]. *Empirical Economics*, 1991, 16: 35- 49.
- [52] Pagan, R. , Shannon, H. . Sensitivity analysis for linearized computable general equilibrium models [C] . In Piggot and Whalley, eds. , *New Developments in Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- [53] Kim, S. . Uncertainty, political preferences, and stabilization: Stochastic control using dynamic CGE models [J]. *Computational Economics*, 2004, 24(2) : 97- 116.
- [54] Curie, D. , Levine, P. . The design of feedback rules in linear stochastic expectations models [C]. In D. Curie and P. Levine, eds. , *Rules Reputation and Macroeconomic Policy Coordination*, New York: Cambridge University Press, 1993.
- [55] Amman, H. , Kendrick, A. . Linear quadratic optimization for models with rational expectations [J]. *Macroeconomic Dynamics*, 1999, (3): 534- 543.
- [56] Fair, R. . Optimal control and stochastic simulation of large nonlinear models with rational expectations [J]. *Computational Economics*, 2003, 21(3) : 245- 256.
- [57] Amman, H. , Kendrick, A. . Stochastic policy design in a learning environment with rational expectations [J]. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2000, 105(3) : 509- 520.
- [58] Johansen, L. . *A Multisectoral Study Of Economic Growth* [M]. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1960.
- [59] Whalley, J. . Impacts of a 50 % tariff reduction in an eight-region global trade model [C]. In T. N. Srinivasan and J. Whalley, eds. , *General Equilibrium Trade Policy Modeling*, Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- [60] Whalley, J. , Wigle, R. . Are developed country multilateral tariff reductions necessarily beneficial for the U.S.? [J]. *Economics Letters*, 1983, 12: 61- 67.
- [61] Harris, R. . Market structure and trade liberalization: A general equilibrium assessment [C]. In T. N. Srinivasan and J. Whalley, Eds. , *General Equilibrium Trade Policy Modelling*, Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- [62] Thomas, H. , David, H. , Maros, I. , Roman, K. . How confident can we be in CGE-based assessments of free trade agreements? [J]. *Economic Modelling*, 2007, 24: 611- 635.
- [63] 王灿, 陈吉宁. 用 Monte Carlo 方法分析 CGE 模型的不确定性[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2006, 46(9): 1555- 1559.
- [64] 崔丽丽, 王铮, 刘扬. 中国经济受 CO₂ 减排率影响的不确定性 CGE 模拟分析[J]. *安全与环境学报*, 2002, 2(1): 39- 43.
- [65] 许召元, 李善同. 区域间劳动力迁移对经济增长和地区差距的影响[J]. *数量经济技术经济研究*, 2008, 25(2): 38- 52.

Review of Resear ches on Stochastic CGE Model

FAN Jin^{1,2}, YAN Bin², HIROSHI Sakamoto³

(1) Research Centre for Jiangsu Applied Economics, Jiangsu Administration Institute, Nanjing 210004, China;

(2) College of Economics & Management, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China;

(3) The International Centre for the Study of East Asian Development, Kitakyushu 8030814, Japan)

Abstract: CGE model is an efficient instrument for policy analysis, and has been widely applied in the research fields in trade, finance, income distribution, energy and environment. However, it has been heavily affected in efficiency for its strict assumptions on the structure of equilibrium, the form of functions and the specification of parameters. And even, a miss is as good as a mile. Therefore, researchers attempt to introduce some stochastic factors to overcome the barriers. By reviewing the existing studies on stochastic CGE model, this paper draws on the following conclusions: (1) Stochastic CGE can solve the problems which CGE model comes across; (2) The existing stochastic CGE model mainly concentrated on the studies of the free parameters, equations and data; (3) Different people should distinguish primary and secondary. The theoretic researchers should improve and unify the existed content and methods, and extend the stochastic content further. The empirical researchers should enhance robust test of the model, and improve its credibility. The decision-makers should recognize and apply the simulated conclusions scientifically.

Key words: stochastic CGE model; parameter; policy analysis; review