

文章编号: 1003-207(2012)02-0057-05

# 基于投入产出系数矩阵的周期增长模型

刘新建, 陆敬辉

(燕山大学经济管理学院, 河北 秦皇岛 066004)

**摘要:** 在 Goodwin 和 Brody 周期增长理论的基础上, 本文构造了基于投入产出系数矩阵的开放经济非线性经济周期增长模型, 并在简化情况下, 利用 42 部门投入产出表的基础数据, 对中国经济增长的周期谱进行了分析。结果表明, 模型对中国经济周期的结论是适当的和稳健的。在短周期谱中, 中国经济 1978 年以来主要表现出 6 年左右的周期, 且数据表明, 主要周期向 10 年左右加长。

**关键词:** 周期增长模型; Goodwin 模型; 周期谱; 投入产出

**中图分类号:** F037.1 **文献标识码:** A

## 1 引言

经济发展过程中的周期波动是长期困扰经济学家、管理者甚至普通公民的重要问题。经济周期中的衰退或危机阶段对各个国家的经济以及企业能够造成重大的甚至是毁灭性的打击。自资本主义经济建立发展以来, 主流经济学家们对危机的存在从否认到认同, 期间各种理论应运而生, 试图揭示运动的本质。2008 年金融海啸发生以来, 危机再一次冲击着人们的生活, 引起经济学家们的再次重视。我国自改革开放以来, 经济发展的波动也曾十分剧烈, 至今已经经历五轮周期<sup>[1]</sup>。相当多的人将始于 2008 年的本次经济危机归因于美国的金融监管不严。但是, 我们认为, 这可能只是表象, 更深刻的原因在于各经济体固有的一些机制属性, 而这些属性必然地, 尽管是隐含地反应在了相应的经济数据中。投入产出表是一个包含经济系统相当全面的数据的一个数据表, 其结构反映了经济系统内部的多种结构联系, 所以是可能包含经济周期信息的一个信息库。

在数理经济周期模型的研究中, 比较有代表的是萨缪尔森的线性“乘数——加速数”模型<sup>[2]</sup>和希克斯的非线性“乘数——加速数”模型<sup>[3]</sup>。同时期, Goodwin 于 1951 年发表了一篇关于非线性加速数

的经济周期理论模型的论文<sup>[4]</sup>, 给出了内生性经济周期波动。该模型有两大特点: (1) 在所设定的经济体系中存在一个固定的自行维持的振荡, 它既不需要希克斯模型的那种上限规定, 也不需要一系列外生不规则振荡来刺激; (2) 繁荣和萧条的长度一般不相等, 前者长于后者。此模型是一种纯抽象的理论模型, 它虽然提出了经济体系中存在着自生内在周期振荡机制的可能性, 但离解释现实周期距离甚远。稍后, Goodwin 以 Leontief 投入产出闭系统为基础构造了一个价格和数量交叉调整的经济动态模型, 由该模型发现: 即使简单的相互依存流量矩阵也会产生具有理论上可计算的固定频率的周期摆动<sup>[5]</sup>。1967 年, 他又提出了一个增长周期模型, 该模型把马克思的分配冲突理论数学公式化, 解释了在一个增长经济中, 劳动收入份额和就业率的演化情形, 其结果也支持了经济是持续波动的思想<sup>[6]</sup>。Samuelson(1972) 讨论了 Goodwin 增长周期模型中的不稳定性, 通过引入规模收益递减的概念, 把保守的 Goodwin 模型变成了一个耗散系统, 即当外部驱动力趋向于零时, 系统将退化为一个非振荡的不动点<sup>[7]</sup>。Pohjola(1981) 研究了 Goodwin 模型的一种一维离散形式, 认为在这种模型形式里产生混沌时间轨迹是可能的<sup>[8]</sup>。近年来, 国际学术界对于 Goodwin 周期模型开始了新一轮的研究。Harvie(2004) 用 OECD 十国的数据对 Goodwin 模型进行了实证分析, 发现<sup>[9]</sup>: 其在定量水平上欠充分, 但在定性水平上显示 Goodwin 类型周期的存在性。Veneziani(2006) 讨论了 Goodwin 周期增长模型的结构不稳定性问题, 认为以结构不稳定先验地拒绝

收稿日期: 2011-07-14; 修订日期: 2012-01-20

作者简介: 刘新建(1963-), 男(汉族), 山西稷山人, 燕山大学经济管理学院教授, 工学博士, 研究方向: 宏观经济分析。

一个模型是理由不充分的,实际上,该模型比结构稳定的模型更适合于分配冲突的形式化研究<sup>[10]</sup>。Rodousakis(2010)应用希腊1988年对称投入产出表数据进行验证分析,发现:无论是定性还是定量的看,Goodwin模型都不足以描述希腊经济中工人收入份额与就业率的长期变动轨迹,但是对于中期分析,Goodwin模型在定性水平上对描述工人收入份额与就业率的动态行为是充分的<sup>[11]</sup>。这些近期研究把重点放在了收入分配机制对经济周期形成的推动上,没有考虑周期的类型和分布情况。

我国学者对于Goodwin经济周期增长模型的研究还很少。在已有研究中,主要集中在数学性质上或者仍以主流宏观经济学基本理论思想为基础,没有考虑中间产品的作用。例如:朱洪亮(2002)将离散时滞引入Goodwin增长周期模型,借助于Hopf分支定理,得到了周期解的存在性<sup>[12]</sup>,其研究基本上属于数学性质的分析。童光荣(2003)利用Goodwin模型分析了经济增长与收入分配之间的混沌关系,讨论了经济增长过程中工资机制的确定、利润与劳动投入的关系尤其是就业率的影响力、经济增长与金融的支持等问题<sup>[13]</sup>,其研究的重点是概念性的和总量性的,离实际应用较远,但其特点之一是引入了金融关系。马元、柳欣(2010)<sup>[8]</sup>选择工资份额和资本存量作为对偶变量构建了一类Goodwin模型,将波动根本原因归于资本存量之间比例结构的波动<sup>[14]</sup>。这个研究虽然提出了以工资与资本性收入作为描述劳动与资本的对立的分析思路,但是,实际上由于其总量性,无法给出文章结尾所提出的通过产业结构改善就业与收入分配的政策的具体操作建议。

本文的研究直接源于匈牙利经济学家Brody的一个研究报告。Brody将Goodwin模型中的投入产出流量模型发展,引入考虑存货的存量,构造了一个基于价格和数量交互调整的由对称和斜对称矩阵组成的波动方程,并据此提出了一个波动矩阵。该矩阵的特征值给出了可能的波动频率,被称为分析增长周期的智能数学工具<sup>[15]</sup>。这个模型被认为是对瓦尔拉斯均衡模型的完善,避免了规模报酬不变的假定<sup>[16]</sup>。与其他的研究相比,Brody的研究更侧重于发现经济增长运动的周期频谱,揭示经济系统本身固有的周期分类,描述经济系统的运动轨迹,他还解释了各种周期的内因。

本文首先在Brody(2004)非线性对数模型的基础上,建立了开放式投入产出矩阵下的修改模型,使

模型更接近实际投入产出表数据基础,然后在简化情况下对我国经济系统的周期频谱进行了分析。

## 2 Brody周期增长模型及其修正

设将一个经济系统划分为 $n$ 个生产部门,第 $i$ 个部门的产品称为产品 $i$ 。令 $x_i$ 表示产品 $i$ 的总产出, $p_j$ 表示产品 $j$ 的价格水平, $a_{ij}$ 表示生产单位产品 $j$ 所需投入的产品 $i$ 的数量,那么Brody的流量对数模型可以表示为:

$$\frac{\dot{p}_i}{p_i} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - x_i}{x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\frac{\dot{x}_j}{x_j} = \frac{p_j - \sum_{i=1}^n p_i a_{ij}}{p_j}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

写成矩阵形式则为:

$$\begin{bmatrix} \langle x./p \rangle & 0 \\ 0 & \langle p./x \rangle \end{bmatrix} \frac{dz}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & I - A' \\ A - I & 0 \end{bmatrix} z \quad (3)$$

其中, $A = (a_{ij})_{n \times n}$ , $A'$ 表示 $A$ 的转置, $I$ 是单位矩阵, $z' = (p_1, p_2, \dots, p_n, x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,它是由 $p' = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ 和 $x' = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 组合而成; $x./p$ 表示 $x$ 与 $p$ 的对应元素相除, $[x]$ 表示以 $x$ 的元素为主对角元素的对角矩阵, $\dot{p}_i$ 表示 $p_i$ 的对时间的导数,其它类同。

式(3)是一个关于封闭系统的非线性方程组,而且求得解析解非常困难。为了适应开放系统和便于求解,我们需要对其进行一番改造。

(1)Brody是按照封闭系统的思路建立模型的,其中的 $\sum a_{ij} x_j - x_i$ 被看作是超额需求。超额需求越大,价格 $p_i$ 升高的幅度 $\dot{p}_i$ 就越大。而在一般开放投入产出系统中,均衡时并不存在 $x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$ ,而是 $x_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j$ 。同样,在一般开放投入产出系统中,均衡时也有 $p_j \geq \sum_{i=1}^n a_{ij} p_i$ 。为了继续使用这种数量和价格之间的交叉调节机制,我们把模型的原理假设改为:

① 价格的变动率  $\frac{\dot{p}_i}{p_i}$  与超额需求率  $\frac{y_i^* - (x_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j)}{x_i}$  成正比,其中 $y_i^*$ 是均衡的最

终需求;

② 总产出的变动率  $\frac{\dot{x}_j}{x_j}$  与超额增加值率

$\frac{(p_j - \sum_{i=1}^n a_{ij} p_i) - v_j^*}{p_j}$  成正比,其中  $v_j^*$  是均衡的增加值率。

(2) 方程(1)和方程(2)只是一种行为假定,并不是绝对成立的数量恒等式。为了便于求解,我们使用均衡点  $x = x^*$ ,  $p = p^*$  来代替式(3) 左边对角矩阵中的  $x$  和  $p$ , 并令:

$$S = \begin{bmatrix} [x^*./p^* & 0 \\ 0 & [p^*./x^* \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} 0 & I - A' \\ A - I & 0 \end{bmatrix}$$

通过以上假定,式子(3)变为:

$$\frac{dz}{dt} = S^{-1}Kz - S^{-1}y^* \tag{4}$$

其中,  $y^*$  就是均衡时的最终使用向量负值和增加值率向量构成的列向量。

式(4)的齐次线性微分方程组为:

$$\frac{dz}{dt} = S^{-1}Kz \tag{5}$$

在数学,式(5)具有周期解,式(4)解与其有相同的周期频谱,并且解的周期频谱可以通过斜对称矩阵  $S^{-1}K$  的特征值来计算。如果  $\lambda$  是  $S^{-1}K$  的一个特征值,那么  $\frac{2\pi}{\lambda}$  就是系统的周期波长之一。其中,对于价值型投入产出表,可以令  $p^* = (1, 1, \dots, 1)$ , 那么  $x^*$  就是基年的总产出向量。

### 3 中国经济周期频谱计算

在对中国经济周期频谱的分析中,我们以 2002 年和 2007 年的 42 部门投入产出表<sup>[17-18]</sup>为基础,分别考察部门数、部门划分类别、统计数据时期对经济频谱分析结果的影响。在以下的计算中,我们实际上都假定了 2002 年和 2007 年的经济运行结果是均衡的。

#### 3.1 七部门系统计算

七部门系统的部门分类参照了 Brody 的划分方法,同时考虑了部门的三种组合方法。其中住户部门是利用投入产出表的劳动报酬行和居民消费列构造的,其总产出为各部门劳动报酬总和。具体三种组合分别是:(1)农业、工业、建筑业、交通运输业、商业、其他服务业和住户,(2)农业、采掘和制造业、建筑业、能源动力业、商业、其他服务业和住户;(3)农业、采掘和能源动力业、制造业、建筑业、商业、其它

服务业和住户。

根据斜对称矩阵  $S^{-1}K$  的特征值,我们得到了每种分类下的系统周期谱,见表 1。

表 1 七部门分类周期谱

	2002(年)	2007(年)
周期(分类 1)	4,6,7,7,8,9	4,6,7,7,7,9
周期(分类 2)	4,6,7,7,7,9	4,6,6,7,8,11
周期(分类 3)	4,6,6,7,7,9	4,6,7,7,8,10

#### 3.2 十二部门系统计算

为了考察不同的部门数量对于经济系统周期谱计算的影响,我们再分析 12 部门的组合。12 个部门包括农业、采掘业、制造业、能源动力业、建筑业、交通运输业、商业、科教文卫业、金融保险业、公共管理业、其他服务业和住户。住户部门与七部门系统处理方法相同。

同样,利用 12 部门的  $S^{-1}K$  对应矩阵,计算得到相应的周期谱,见表 2。

表 2 十二部门系统周期谱

数据时期	周期(年)
2002 年	4,5,6,6,6,6,6,7,7,8,9
2007 年	4,6,6,6,6,7,7,7,8,9,10

#### 3.3 结果分析

首先,根据计算出的各种情况下的周期谱,可以得到以下结论:

(1) 对照表 3 和表 5 发现,部门数量的多少对计算出的周期种类的数量影响不大,在一定程度上不影响计算的频率,但是有时部门少的情况下,可能会掩盖部门之间原本的相互关系,进而掩盖可能出现的频率。

(2) 在流量矩阵的情况下,不同的部门类别划分,对于计算出的周期种类影响不大。从表 3 可以看出,对 2002 年,分类 1 比其他分类多了一个 8 年的周期;对 2007 年,分类 1 比其他两类少一个 8 年的周期,但是多一个 9 年的周期,分类 2 和 3 分别有一个特殊的 11 年和 10 年的周期。

(3) 通过对比计算结果和我国实际的周期波动,我们发现 6 年左右的周期出现的次数最多,因而可以看作是我国经济的主要周期。根据刘恒(2008)<sup>[1]</sup>的相关分析,这种周期接近于我国的计划周期,但是其经济内因一是存货周期(4-5 年),二是可能就是 Brody(2004)所说的大约 7 年的新技术设备周期,这个周期对快速发展中的经济应该比较明显。

(4) 通过对比 2002 年和 2007 年的经济数据计

算出的周期,我们发现周期在保持稳定的基础上出现了变动,周期的长度有加长的趋向。这些变动应该是生产结构和技术结构逐步的变化引起部门间流量联系结构变化带来的影响。

其次,根据《中国统计年鉴 2011》中的 1978 年到 2010 年的国内生产总值增长率数据(2010 年数据根据国家统计局 2012 年第 1 号公报修正为 10.4%),我们绘制了 1978 年到 2010 年的年度经济增长率图(见图 1)。按照“谷底”法,可以发现,忽略仅一年的微小毛刺型变化,在图里出现了 4 个周期的波动,它们分别是:

1981—1986, 1986—1990, 1990—1999, 1999—2009。

表现出来的周期情况分别是 5 年、4 年、9 年和 10 年。这与我们分别按照 7 部门和 12 部门计算出来的可能存在的周期基本吻合。

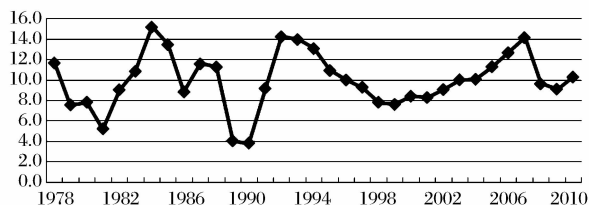


图 1 1978—2010 中国 GDP 增长率

## 4 结语

经济系统部门间的流量关系,体现着经济体固有的一些机制属性,而这种隐含的属性应是引发经济周期波动的内部原因。所以,在应对经济周期波动时,首先确定系统固有的一些周期是有重要意义的,可以帮助选择正确的宏观调控措施。本文将 Brody 的模型由封闭系统扩展到开放系统,并对中国经济进行了实证分析。分析的结论与从其它方法得到的结果是一致的<sup>[19]</sup>,但是本文的方法特点在于给出了经济波动的动力学机制,而不是单纯的统计分析模型。本文模型对于分析经济周期频谱是适当的,但是用来模拟真实经济系统的运动轨迹还需进一步精细化,在模型中加入一些系数,并进行统计估计,这也是 Brody 在其著作的最后提出的一个期待。另外,经济系统部门间的流量模型对于描述系统的短周期是起作用的,但是对于很长的周期(20 年左右的中波和 50 年以上的长波),仅仅依靠流量模型计算不出来,需要进一步引入包含资本存量的数据。因为构造存量矩阵有不少困难,这成为后续

研究的任务。另外,当历史时期再长一些,比如有 50 年以上的统计数据时,实际与理论计算可以更好地进行对比。

## 参考文献:

- [1] 刘恒. 改革开放 30 年中国经济周期形成机理比较分析[J]. 宏观经济研究, 2008, (11):19—24.
- [2] Samuelson, P. A.. Interactions between the multiplier analysis and the principle of acceleration [J]. Review of Economics and Statistics, 1939, 21(2): 75—78.
- [3] Hicks, J. R.. A Contribution to the Theory of the Trade Cycle[M]. Oxford University Press, 1979.
- [4] Goodwin, R. M.. The nonlinear accelerator and the persistence of business cycles[J]. Econometrica, 1951, 19(1): 1—17.
- [5] Goodwin, R.. Static and Dynamic Linear General Equilibrium Models[M]. The Netherlands Economic Institute. Input Output Relations, 1953.
- [6] Goodwin, R.. A Growth Cycle, in Feinstein, C. H. (eds), Socialism, Capitalism and Growth [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
- [7] Samuelson, P. A.. Generalized Predator-Prey Oscillations in Ecological and Economic Equilibrium [C]. in Merton R C (ed), The Collected Scientific Papers of Samuelson P A, Cambridge: IT Press, 1972.
- [8] Pohjola, M. J.. Stable and chaotic growth: the dynamics of a discrete version of goodwin's growth cycle model [J]. Zeitschrift fur Nationalokonomie, 1981, (41): 27—38.
- [9] Harvie, D.. Test goodwin: Growth cycles in ten OECD countries[J]. Journal of Economics, 2004, 24(3): 349—376.
- [10] Veneziani, R.. Structural stability and goodwin's a growth cycle[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2006, 17(4): 437—451.
- [11] Rodousakis, N.. Testing Goodwin's Growth Cycle Disaggregated Models: Evidence from The Input-Output Table of The Greek Economy for The Year 1988 [EB/OL]. MPRA Paper, No. 24171, <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/24171>, 2011, 07, 30.
- [12] 朱洪亮. 具有时滞的 Goodwin 增长周期模型[J]. 经济数学, 2002, 19(4): 63—67.
- [13] 童光荣. 由 Goodwin 模型混沌分析看经济增长与收入分配的关系[J]. 数量经济技术经济研究, 2003, (8): 73—77.
- [14] 马元, 柳欣: 一个古典经济周期波动模型——对 Goodwin 古典周期模型的重构[J]. 当代经济科学, 2010, 32(5): 50—56.
- [15] (匈)布劳迪·安德拉斯著,刘新建译. 近均衡——周期增长理论研究[M]. 北京:知识产权出版社, 2009.

- [16] Ten Raa, T.. Book Review: Near Equilibrium-A Research Report on Cyclic Growth [J]. Economic Systems Research, 2007, 19(1):111-113.
- [17] 曾五一, 张立. 中国经济周期条件波动性特征的分析[J]. 统计与信息论坛, 2010, 25(3): 27-32.
- [18] 国家统计局国民经济核算司. 中国投入产出表 2002 [M]. 北京:中国统计出版社,2006.
- [19] 国家统计局国民经济核算司. 中国投入产出表 2007 [M]. 北京:中国统计出版社,2009.

## A Cyclic Growth Model Based on Input-Output Coefficient Matrix

LIU Xin-jian, LU Jing-hui

(School of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

**Abstract:** On the basis of cyclic growth theory of Richard Goodwin and Andrew Brody, this paper constructs a nonlinear cyclic growth model of an open economy with an input-output coefficient matrix. The periodic frequency spectrums of Chinese economic growth are calculated with a simplified form of that model based on the 42 sector input-output tables of China. The results show that the model is appropriate and robust to China economy's cycles. The data unveils that Chinese economy performs cyclic motions mainly in about 6 year wave length since 1978 and is extending to about 10 years.

**Key words:** cyclic growth model; Goodwin model; frequency spectrum; input-output