

文章编号: 1001-0920(2004)05-0550-04

## 宏观经济运行的控制与决策模型

伍俊良<sup>1</sup>, 刘 飞<sup>2</sup>

(1. 重庆大学 理学院, 重庆 400044; 2. 重庆大学 机械工程研究所, 重庆 400044)

**摘 要:** 根据系统论和控制论原理, 模拟宏观经济的运行机理, 获得了宏观经济系统的传递函数和时域形式的数学模型; 然后根据经济规划离散性特征, 得出了符合实际情况的更替循环控制与决策模型, 以及离散逐次投入控制与决策模型

**关键词:** 宏观经济; 传递函数; 时域; 更替循环模型; 控制与决策模型

**中图分类号:** F239.1      **文献标识码:** A

### Control and decision model of macro-economy movement

WU Jun-liang<sup>1</sup>, LIU Fei<sup>2</sup>

(1. College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. Institute of Manufacturing Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China. Correspondent: WU Jun-liang, E-mail: jlw@swcims.com)

**Abstract:** In view of system and control theory, by simulating the process of macro-economy movement, the mathematics model of macro-economy system is obtained in both transmit function and time domain form. According to the objective reality of economy programming, the control and decision model of the replacement and cycle of economy movement as well as the model of dispersed and sequential input in economy programming are proposed.

**Key words:** macro-economy; transmit function; time domain; replacement and cycle model; control and decision model

### 1 引言

经济系统的运行与控制是一个多输入多回路反馈过程, 它蕴含了经济运行机制和自动控制原理两个方面, 在理论上具有时间上的连续性(一维特性)和实践上的离散性(投资与收益的离散性)特征。经济运行与自动控制过程的原理完全一致, 具有输入(投入)、控制和反馈这 3 大要素。本文所建立的宏观经济运行调节控制模型, 其目标是: 1) 设计一反馈控制模型, 能概略地反映宏观经济运行的全貌; 2) 实现对规划期国民收入总量的调节与控制; 3) 为实现经济运行总目标, 对各个环节的参数进行适时调节, 使经济运行在良性循环的轨道上。

### 2 经济运行要素的联系及方块图

在市场机制条件下, 市场力量自发地配置社会资源, 因此, 资金运动具有相对的自发性和自由性, 经济运行便成为若干自发反馈过程和政府调节机制共同作用的过程。资金运动由传统单一的纵向运动转变为“外引内联”式的横向联合, 各种形式的资金融通渠道使社会资金运动变得更为复杂。因此, 如何准确地刻画国民生产运行过程并用于对国民经济运行的控制与决策, 是一个非常重要的问题。本节将对国民经济的运行过程进行模拟, 以期对国民经济的运行形式有一个充分的认识。

如果以国民收入、经济管理政策(政府投资力

收稿日期: 2003-05-26; 修回日期: 2003-06-25

基金项目: 国家 863 基金项目(202AA 414080); 重庆大学骨干教师基金资助项目

作者简介: 伍俊良(1958—), 男, 四川岳池人, 博士, 从事经济数学模型和信息技术开发等研究; 刘飞(1948—), 男, 四川内江人, 教授, 博士生导师, 从事制造过程和机械制造业信息化技术和项目实施等研究

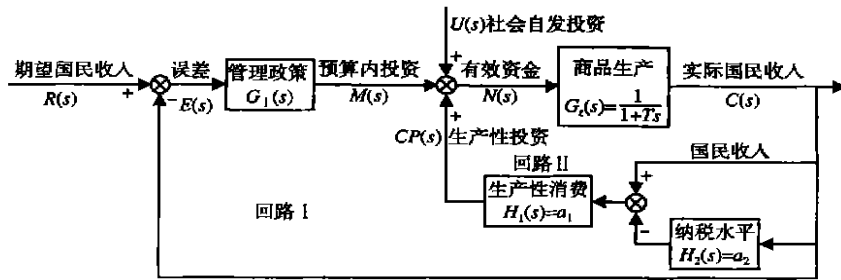


图 1 国民经济的生产和再生产过程反馈联系模拟

度)、社会自发投资、商品生产、纳税和生产性消费开支等指标来考察经济运行过程, 不难对国民经济的生产和再生产过程作出如图 1 所示的模拟。可以看出, 经济运行过程完全类似于工业工程的自动控制过程, 这正是本文研究的基础

目前, 所谓管理政策是国家预算内部分投资, 即预算内投资。生产性投资主要是企业按国家规定留成的扩大再生产的生产性消费, 而社会自发投资则包括各种形式的集资、合资等资金。其中: 消费性参数  $H_1(s) = \alpha_1$ , 纳税参数  $H_2(s) = \alpha_2$ , 均为可调参数, 反映了国民收入投入再生产过程的使用状况。 $U(s)$  是一种“外来干扰”信号(如国家预算外投资, 该量具有不确定性: 在生产不足的情况下, 是一种良性干扰, 为需要的量; 在生产过热的情况下, 是恶性因素, 需要加以调节控制), 其中  $s$  为时域形式下的状态变量

### 3 宏观经济系统的传递函数与数学模型

以上从理论上模拟了宏观经济运行诸要素之间的联系及反馈方块图, 并从机理上建立了经济运行全过程的模型, 但这只是一个理性化或理想化的模型。为能从定量角度进行分析, 模拟经济运行及控制过程, 下面给出系统的传递函数及时域形式的控制数学模型

#### 3.1 宏观经济运行的自适应控制数学模型

根据控制理论原理, 由图 1 可知:

$$E(s) = R(s) - C(s), \quad (1)$$

$$M(s) = G_1(s)E(s), \quad (2)$$

$$N(s) = M(s) + U(s) + CP(s), \quad (3)$$

$$C(s) = G_2(s)N(s), \quad (4)$$

$$CP(s) = \alpha_1[C(s) - \alpha_2 C(s)] = \alpha_1(1 - \alpha_2)C(s). \quad (5)$$

将式(1), (2), (5)代入(3)并整理, 得

$$N(s) = G_1(s)[R(s) - C(s)] + U(s) + \alpha_1(1 - \alpha_2)C(s), \quad (6)$$

将式(6)代入(4)得

$$C(s) = G_1(s)G_2(s)[R(s) - C(s)] + U(s)G_2(s) + \alpha_1(1 - \alpha_2)C(s)G_2(s),$$

由此可以推出

$$[\alpha_1(1 - \alpha_2)G_2(s) - G_1(s)G_2(s) - 1]C(s) = G_1(s)G_2(s)R(s) + G_2(s)U(s),$$

从而

$$C(s) = \frac{G_1(s)G_2(s)}{\alpha_1(1 - \alpha_2)G_2(s) - G_1(s)G_2(s) - 1}R(s) + \frac{G_2(s)U(s)}{\alpha_1(1 - \alpha_2)G_2(s) - G_1(s)G_2(s) - 1} \quad (7)$$

式(7)便是经济运行的以频率形式表示的输入与输出的传递函数。其中最后一项

$$\frac{G_2(s)U(s)}{\alpha_1(1 - \alpha_2)G_2(s) - G_1(s)G_2(s) - 1}$$

为干扰项, 表示不确定投资的增加或减少, 这与自动控制过程的传递函数是完全一致的

在频率形式表示的输入与输出的传递函数中,  $R(s)$  为参考输入, 扰动项为社会自发投资输入。由于干扰因素的存在, 不能直接求得输入与输出的比例关系, 因而很难分析系统的性能。对此, 需对传递函数作一定的处理。在工程控制过程中, 根据经验, 工程师常常对位置、速度和加速度这些量采用阶跃输入、斜坡输入及抛物输入方式加以处理, 这种做法完全可以引入经济运行过程中。可将不同时刻的国民收入及社会自发投资量当作不同时期的“位置”来看待, 因此, 给出如下输入方式, 以简化传递函数令

$$\begin{cases} R(s) = \frac{1}{s}, U(s) = \frac{1}{s}, \\ G_1(s) = C + Ds, \\ G_2(s) = \frac{1}{1 + Ts} \end{cases} \quad (8)$$

其中:  $T$  为经济运行的周期,  $C$  和  $D$  为常数。代入传递函数方程并整理得

$$C(s) = \frac{C+1}{s(Q-Ps)} + \frac{D}{Q-Ps} \quad (9)$$

其中:  $Q = \alpha(1-\alpha) - C - 1, P = D + T$ , 即

$$C(s) = (C+1) \left[ \frac{1/Q}{s} + \frac{P/Q}{Q-Ps} \right] + \frac{D}{Q-Ps} = (C+1) \left\{ \frac{1/Q}{s} - \left[ \frac{1/Q}{s - Q/P} \right] - \frac{D/P}{s - Q/P} \right\} \quad (10)$$

取拉普拉斯反变换得到如下时域形式的经济运行模型:

$$C(t) = (C+1) \left\{ \frac{1}{Q} - \frac{1}{Q} \exp\left(\frac{Q}{P}t\right) \right\} - \frac{D}{P} \exp\left(\frac{Q}{P}t\right) = \frac{C+1}{Q} - \left[ \frac{C+1}{Q} + \frac{D}{P} \right] \exp\left(\frac{Q}{P}t\right) \quad (11)$$

因为  $Q = \alpha(1-\alpha) - C - 1 < 0 (0 < \alpha < 1, 0 < \alpha < 1)$ , 故

$$C(t) = \frac{C+1}{Q}, t \quad (12)$$

时域形式的经济运行模型同样说明了经济运行系统的投入与产出之间的关系, 同时还可看出, 在经过一定时期之后, 实际的国民收入达到稳定状态

### 3.2 经济运行的更替循环控制模型

以上从频率和时域两个方面给出了宏观经济运行的调节与控制模型, 从总量角度精确地模拟了国民经济运行机理, 反映出当实际国民收入与期望值有偏差时, 系统将自动调节. 这在理论上非常完善, 充分体现了一个连续期望收入和投入的自动控制过程

但经济理论与实际经济规划和投资过程的情况差异较大. 实际经济规划或投资计划表现出它的离散性特征, 即一般是以年度为单位安排投入与产出的, 若干年度成为一个规划期. 因此, 必须改进前面得到的理性化的模型, 使之能够与实际相吻合并在实际经济控制与决策中加以运用

首先假定基期国民收入为  $R(0)$  (常数), 根据政策水平投入生产过程加上对社会自发投资的量共同作用于生产, 使价值增值. 经过全规划期循环往复的再生产运动, 得到规划期末的国民收入  $C(T)$ . 如果按某种方案使规划期末的国民收入不能达到预期目的, 便可通过各种参数, 如纳税水平、生产性消费水平及各期投资量等经济参数进行调节, 才能充分体

现调节与控制的作用, 以及模型创建的可用性和科学性. 为此, 可按如下思路对宏观经济运行进行模拟, 并建立控制决策模型

设基期国民收入为  $R(0)$ , 按一定时期管理政策得到预算内部分投资加上社会自发投资为  $U(0)$ , 一次性用于生产过程, 获得第一年度国民收入(控制过程的增益与反馈). 在次年, 通过一定生产性消费比例与纳税水平按图1中回路II进入再生产过程……, 逐次循环下去, 便可考察规划期末国民收入与预期国民收入的差异, 并按需要调节  $H_1(s) = \alpha$  和  $H_2(s) = \alpha$  的水平, 以保证总目标的实现

假设  $\alpha\%$  为国民收入中用于生产投资的比例,  $\beta\%$  为资金增值率, 于是可得如下生产循环更替模型:

$$\begin{cases} C(1) = [R(0) \times \alpha\% + U(0)](1 + \beta\%), \\ C(2) = [C(1)(1 - \alpha)\alpha](1 + \beta\%), \\ \vdots \\ C(T) = [C(T-1)(1 - \alpha)\alpha](1 + \beta\%). \end{cases} \quad (13)$$

由此可以推出:

$$C(t+1) = [R(0) \times \alpha\% + U(0)] \times (1 - \alpha)^t \alpha (1 + \beta)^{t+1} \quad (14)$$

其中  $\alpha, \alpha, \alpha$  为可调参数. 上式表明, 第  $t+1$  阶段的国民收入始终是  $\alpha, \alpha, \alpha, \beta, U(0)$  及  $t$  的函数, 这正好体现了经济运行的实际情况. 通过此模型的分析 and 运用, 我们可以随时考察每一时期国民收入的拥有量, 如果经济出现波动, 则可适时地对一些参数加以调节

### 3.3 离散逐次投入控制决策模型

在前面的更替循环模型中, 采用了系统自动循环的过程, 即次年的国民收入在前一年收入基础上通过一定的调节参数(因子)进行调节, 但是并未在投资问题上对系统进行控制. 这是因为往往在一个经济规划期内, 每一年度(季度或半年度, 此处以年度考虑)的投资是分散(离散)的, 所以除考虑调节因子之外, 还需考虑每一年度的离散投资问题

假定规划期长度为  $T$ , 每一年度初期国家的国民收入分别为  $R_0, R_1, \dots, R_{T-1}$ , 社会自发投资分别为  $U_0, U_1, \dots, U_{T-1}$ , 各年度的管理水平为  $\gamma_i\%$  ( $i = 1, 2, \dots, T-1$ ), 经济增长率相对稳定不变, 即  $\beta\% = \beta_1\% = \dots = \beta_{T-1}\%$  (仅为一种理想化的假设), 则可得如下逐次投入控制决策模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} C(1) = [R_0 Y_0 \% + U(0)](1 + \beta\%), \\ C(2) = [R_1 Y_1 \% + U_1 + C(1)(1 - \\ \alpha) \alpha](1 + \beta\%), \\ C(3) = [R_2 Y_2 \% + U_2 + C(2)(1 - \\ \alpha) \alpha](1 + \beta\%), \\ \vdots \\ C(T) = [R_{T-1} Y_{T-1} \% + U_{T-1} + C(T-1)(1 - \\ \alpha) \alpha](1 + \beta\%). \end{array} \right. \quad (15)$$

可以看出, 该模型不仅能对调节参数和管理水平(政府投资水平)进行调节, 而且还能对各年度的投资进行控制调节, 以使经济运行在一个良性的循环上。这一模型较为确切地刻画了现实经济运行的决策与调控过程, 因此, 该模型对于宏观经济运行的调节与控制是非常有参考意义的。

#### 4 结 语

本文首先模拟了宏观经济运行的频率形式的传递函数和时域形式的控制模型, 说明了它们在实际

运用中的局限性; 然后结合经济规划的实际情况, 给出了经济运行的更替循环控制模型和离散逐次投入控制决策模型, 它是实际经济运行的真实模拟。

#### 参考文献(References):

- [1] SM 欣纳内尔. 现代控制理论及应用[M]. 李育才译. 北京: 机械工业出版社, 1979. 111-120
- [2] 张逸民, 范崇惠. 经济控制论[M]. 上海: 同济大学出版社, 1988. 170-180
- [3] 高葆旺, 陈锡洪. 重庆统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1990. 35-140
- [4] 伍俊良. 多国收入和贸易的系统模型[J]. 系统工程, 1992, (5): 23-26  
(Wu J L. A system model of multinational gaining and trad[J]. *System Engineering*, 1992, (5): 23-26)
- [5] Wu J L. Design and Research Which Make Use of Von Neumann Model to Setup Macroeconomy Monitor and Warn System [M]. China: Int Academic Publish, 1993. 191-192

(上接第 549 页)

- [3] 梁瑞鑫, 郑德玲. 基于区间套混沌搜索的混合优化方法[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 342-344  
(Liang R X, Zheng D L. Hybrid optimization algorithm based on nested intervals chaos search [J]. *J of University of Science and Technology*, 2002, 24(3): 342-344)
- [4] 张彤, 王宏伟, 王子才. 变尺度混沌优化方法及其应用[J]. 控制与决策, 1999, 14(3): 285-288  
(Zhang T, Wang H W, Wang Z C. Mutative scale chaos optimization algorithm and its application [J]. *Control and Decision*, 1999, 14(3): 285-288)
- [5] Wang L, Smith K. On chaotic simulated annealing[J]. *IEEE Trans on Neural Networks*, 1998, 9(4): 716-718
- [6] 李亚东, 李少远. 一种新的遗传混沌优化组方法[J]. 控制理论与应用, 2002, 19(1): 143-145  
(Li Y D, Li S Y. A new genetic chaos optimization combination method [J]. *Control Theory and Applications*, 2002, 19(1): 143-145)
- [7] Hayakawa Y, Marumoto A, Sawada Y. Effects of the chaotic noise on the performance of neural network model for optimization problems [J]. *Physical Review E*, 1995, 51(4): R2693-R2696
- [8] Pandya A S. A stochastic parallel optimization algorithm [D]. USA: Syracuse University, 1988
- [9] 弥丽娜, 陈治飞, 孙昌志. 一种随机并行算法——Alopx算法的改进[J]. 沈阳工业大学学报, 2000, 22(4): 296-299  
(Mi L N, Chen Z F, Sun C Z. Improved on a stochastic parallel alopx algorithm [J]. *J of Shenyang University of Technology*, 2002, 22(4): 296-299)
- [10] 陈治飞, 石鸿雁, 安跃军, 等. 混沌优化算法在约束最优化问题中的应用[J]. 控制与决策, 2002, 17(S2): 111-114  
(Chen Z F, Shi H Y, An Y J, et al. Application of chaotic optimization algorithm to problems with constrained optimization [J]. *Control and Decision*, 2002, 17(S2): 111-114)
- [11] 王凌, 郑大钟, 李清生. 混沌优化方法的研究进展[J]. 计算技术与自动化, 2001, 20(1): 1-5  
(Wang L, Zheng D Z, Li Q S. Survey on chaotic optimization methods [J]. *Computing Technology and Automation*, 2001, 20(1): 1-5)
- [12] 乔长阁. 一个随机并行算法的收敛性分析[J]. 数值计算与计算机应用, 1996, (4): 308-312  
(Qiao C G. Convergence analysis of a stochastic parallel algorithm [J]. *Numerical Calculation and Computer Application*, 1996, (4): 308-312)
- [13] 陈治飞. 混合优化算法的研究及其在水下电机的应用[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2003. 26-52