

# 国民经济系统消费跟踪控制理论

吴可杰 郭保平 顾新华

(南京大学)

## 摘 要

本文提出一种新的经济系统思想——国民经济系统消费跟踪控制理论。这一理论是建立在现代控制理论、投入产出技术和社会主义经济原理基础之上的。笔者试图据此解决宏观经济计划中最基本的问题，诸如如何安排消费和投资的比例等。对该理论以及模型的应用，本文进行了详细的讨论并举例作了说明。

## 一、引 言

社会主义经济运动的实践对国民经济计划理论和方法提出了越来越高的要求，要求大大提高认识客观世界的深度和精度。本文试图以马克思主义经济理论为指导，结合投入产出方法，应用现代控制理论，探讨反映社会主义生产目的的消费跟踪控制问题以及与此有关的实际应用问题。

## 二、国民经济系统方程

计划管理的客观对象是不断运动变化的国民经济系统。它包括一个国家生产、交换、分配和消费各方面的经济活动。它是一个由一切物质生产部门和非物质生产部门组成的十分庞杂的、因素众多的、不断发展变化的社会经济大系统。国民经济各地区、各部门是这个大系统的子系统。国民经济不断发展增长的过程也就是社会扩大再生产的过程。在这个过程中，各子系统之间以及其与大系统之间都存在着非常紧密和复杂的生产技术和技术经济联系。

一般来说，描述一个经济过程的方程形式不是唯一的；变量的选择也不尽一致，但都要有合理的经济意义，能比较准确地模拟和刻划经济活动。

在国民经济系统变量中，能够把握全局的四个指标就是总产品、最终产品、生产性积累品（以下简称投资品）和消费品（这里是指除了投资品以外的最终产品部分，又可称为最终净产品）。本文以总产品向量  $X_k$ ，投资品向量  $U_k$  和消费品向量  $Y_k$  分别做为

系统的状态、控制和输出向量, 而最终产品向量  $Z_k$  就不作为系统变量来处理, 它可以由以上三个向量来表示, 因而是一个中间变量。

### (一) 扩大再生产状态方程

国民经济系统状态方程应描述扩大再生产过程。

马克思指出: 简单再生产是扩大再生产的基础和条件; 积累是扩大再生产的源泉。按照这个原理, 对于  $n$  个部门的扩大再生产过程来说, 假定投资品在下一年全部形成生产能力, 即第  $k+1$  年的总产品等于第  $k$  年的总产品加上第  $k$  年投资品形成的生产能力所产出的那部分产品 (关于多年投资滞后问题另文讨论)。用动态投入产出方法可以表示为

$$B(X_{k+1} - X_k) = U_k \quad (1.1)$$

当投资系数矩阵  $B$  非奇异时 (关于  $B$  矩阵奇异问题, 亦另文讨论), 上式又可以写为:

$$X_{k+1} = X_k + B^{-1}U_k \quad (1.2)$$

在这里,  $X_k, U_k \in R^n$ ;  $B \in R^n \times R^n$  为投资系数矩阵,  $b_{ij}$  表示第  $j$  部门在下一年每增加单位产品产量所需第  $i$  部门提供的投资品数量, 如果考虑技术进步因素,  $B$  矩阵可以是时变的。

方程(1.2)是一个线性差分方程, 我们称之为扩大再生产状态方程, 它描述了  $n$  个部门扩大再生产过程中产品之间的联系, 其经济意义是, 第  $k+1$  年的社会总产品生产状态取决于上一年的总产品生产状态和投资形成的生产能力的共同影响。

方程(1.2)中, 当  $U_k = 0$  时, 就是无积累即生产规模不变的简单再生产情况。

### (二) 输出方程

我们采用的输出方程将给出消费品向量, 投资品向量和总产品向量之间的关系。

根据第  $k$  年静态投入产出方程, 最终产品向量  $Z_k$  与总产品向量  $X_k$  的关系为:

$$AX_k + Z_k = X_k \quad (1.3)$$

即

$$Z_k = (I - A)X_k \quad (1.4)$$

其中,  $Z_k \in R^n$ ;  $I \in R^n \times R^n$  为单位矩阵;  $A \in R^n \times R^n$  为直接消耗系数矩阵, 其元素  $a_{ij}$  表示第  $j$  部门每生产单位产品需要直接消耗第  $i$  部门产品的数量。如果考虑技术进步因素, 它也可以是时变的。

而最终产品又是由消费品和投资品构成的,

$$\text{即} \quad Z_k = Y_k + U_k \quad (1.5)$$

其中,  $Y_k \in R^n$ , 由式(1.4)与式(1.5)可以写出

$$Y_k = (I - A)X_k - U_k \quad (1.6)$$

此即国民经济系统的输出方程。由于它是由静态投入产出方程变换而来, 它不仅被用来确定消费输出向量与总产品状态向量, 投资控制向量之间的数量关系, 而且同时可以用

来进行国民经济的综合平衡。而扩大再生产必须建立在各年国民经济各部门产品生产的综合平衡基础之上。

综上所述,我们就得到了国民经济系统方程:

$$X_{k+1} = X_k + B^{-1}U_k \quad (1.7)$$

$$Y_k = (I - A)X_k - U_k \quad (1.8)$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

## 二、消费跟踪控制问题

经济系统和任何其它物理系统、工程系统一样,在其发展变化过程中,最优控制都是追求各种多、快、省、准的指标。

经济控制系统的性能指标是社会经济系统的目标函数,它应该体现社会主义的生产目的,应该根据社会主义基本经济规律结合具体国民经济计划任务来设计。

国民经济系统最优控制的思想是:以体现社会主义生产目的的系统性能指标为准则,在满足一定的生产技术,资源和其它条件约束下,合理安排投资的比例、结构、方向和数量,使消费输出和总产品状态达到或接近理想最优状态;即通过最佳投资,调整、改善国民经济部门结构,科学地计划、组织、安排生产,以满足人民群众日益增长的消费需要。

马克思主义再生产原理告诉我们,社会再生产总过程包括生产、交换、分配、消费四个环节。生产表现为起点,消费表现为终点。满足人民生活消费需要是社会主义生产的直接目的。因而,物质产品生产计划以及社会主义再生产其它方面的计划都应从满足人民生活消费出发来确定国民经济发展的速度、规模和比例。为此我们提出消费跟踪控制性能指标为:

$$M_{in}J = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} [(Y_k - Y_k^d)^T G(Y_k - Y_k^d) + U_k^T R U_k] \quad (2.1)$$

其中:  $Y_k^d$  为社会需要的消费品需求向量;  $G, R$  为权数矩阵,一般以对角阵就可以反映各部门产品在这一优化过程中的重要程度。

这一问题的完整的经济意义是,在国民经济系统方程(1.7)、(1.8)的约束下,在消费品供需缺口最小和投资最省之间进行权衡,折衷和协调,科学合理的安排投资向量和总产品生产量。

当对计划期末年国民经济状态总产品有一定要求时,可以写成如下的性能指标:

$$\min J = \frac{1}{2} (X_N - X_N^d)^T S (X_N - X_N^d) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} [(Y_k - Y_k^d)^T G(Y_k - Y_k^d) + U_k^T R U_k] \quad (2.2)$$

其中  $S$  也是权数矩阵。

至此, 可以得到国民经济系统消费跟踪控制问题为:

$$\text{在状态方程} \quad X_{k+1} = X_k + B^{-1}U_k \quad (2.3)$$

$$\text{输出方程} \quad Y_k = (I - A)X_k - U_k \quad (2.4)$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots, N-1)$$

$$\text{初始条件} \quad X_0 = X_{(0)}$$

下, 求最优控制  $U_k$  使

$$\min J = \frac{1}{2} (X_N - X_N^d)^T S (X_N - X_N^d) + \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{N-1} [(Y_k - Y_k^d)^T G (Y_k - Y_k^d) + U_k^T R U_k] \quad (2.5)$$

这是一个典型的离散型线性二次型输出跟踪控制问题, 关于这个问题的解可在一般教科书中找到, 这里不再赘述。我们已经编制了专用程序, 下面用数字的例子说明模型应用。

### 三、应用举例

在某地区的动态投入产出表中, 整个国民经济分为四个大部门: 即工业、农业、交通运输业和商业。

直接消耗系数矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 0.328 & 0.171 & 0.243 & 0.175 \\ 0.075 & 0.12 & 0.006 & 0.039 \\ 0.014 & 0.003 & 0.008 & 0.009 \\ 0.037 & 0.053 & 0.016 & 0.018 \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

投资系数矩阵为:

$$B = \begin{pmatrix} 0.898 & 0.394 & 0.431 & 0.392 \\ 0.598 & 0.338 & 0.259 & 0.153 \\ 0.108 & 0.103 & 0.118 & 0.017 \\ 0.005 & 0.003 & 0.012 & 0.003 \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

基期总产品向量为 (各部门变量以千万元为计量单位)

$$X_0^T = (1495 \quad 615 \quad 147 \quad 116).$$

五年内, 对各部门的消费品需求为:

工业	718	773	835	921	998	(3.3)
农业	341	364	391	403	412	
交通	108	115	123	135	145	
商业	25	26.5	28	30	31	

期望计划期末年的总产品产量为:

$$(X_5^d)^T = [2081 \quad 786 \quad 211 \quad 150].$$

权数矩阵  $G$  和  $S$  为单位矩阵, 即认为各部门在经济发展中的作用和地位是一样的; 权数矩阵  $R$  为 0 矩阵, 即仅考虑消费缺口最小. 把上述数据代入动态投入产出消费跟踪控制系统五年计划通用程序, 经计算就可得出各年最佳投资向量序列为:

$$\begin{aligned} U_4 &= \begin{pmatrix} 123.637 \\ 85.5125 \\ 18.8415 \\ 0.8415 \end{pmatrix}, & U_3 &= \begin{pmatrix} 126.596 \\ 84.944 \\ 17.083 \\ 0.853 \end{pmatrix}, \\ U_2 &= \begin{pmatrix} 133.397 \\ 89.242 \\ 17.806 \\ 0.893 \end{pmatrix}, & U_1 &= \begin{pmatrix} 128.302 \\ 87.668 \\ 18.231 \\ 0.849 \end{pmatrix}, & (3.4) \\ U_0 &= \begin{pmatrix} 122.849 \\ 83.429 \\ 17.790 \\ 0.877 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

按如上投资, 各年实际能够安排生产的最佳总产品向量序列为:

$$\begin{aligned} X_5 &= \begin{pmatrix} 2081.22 \\ 786.108 \\ 210.108 \\ 150.082 \end{pmatrix}, & X_4 &= \begin{pmatrix} 1989.04 \\ 741.28 \\ 198.958 \\ 149.939 \end{pmatrix}, \\ X_3 &= \begin{pmatrix} 1846.87 \\ 719.646 \\ 85.89 \\ 142.987 \end{pmatrix}, & X_2 &= \begin{pmatrix} 1717.13 \\ 699.429 \\ 172.542 \\ 134.892 \end{pmatrix}, & (3.5) \\ X_1 &= \begin{pmatrix} 1601.32 \\ 656.445 \\ 162.709 \\ 126.912 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

在现有生产技术条件下, 国民经济系统可提供的与消费品需求向量缺口最小的各部门各年消费品生产量为:

工业	720.606	773.782	885.377	921.245	998.133
农业	340.24	383.979	391.174	403.137	412.094
交通运输业	101.755	115.021	123.205	135.139	145.093 (3.6)
商业	22.7728	27.1342	28.2055	30.1103	31.075

根据上述计算结果还可以作其它各种必要的经济分析。

#### 四、后 记

本文提出了国民经济系统的消费跟踪控制模型，力求将投入产出方法与现代控制理论有机地结合起来分析经济问题，笔者期望它能为动态投入产出的进一步应用开辟新的思路，为国民经济计划管理现代化提供科学可行的工具。最后向对本文工作给予支持和协助的南开大学经研所、上海交大系统所和南京大学数学系的 诸位专家、学者 表示感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 张钟俊、张启人，社会经济系统模型，信息与控制，2 (1981)，1—7。
- [2] 李震中主编，计划经济学，中国人民大学出版社，(1983)，75。
- [3] 马克思，资本论，第三卷，人民出版社，(1975)，1076。

## THE CONSUMPTION-TRACKING THEORY OF MACROECONOMIC SYSTEM

Wu Kejie, Guo Buoping, Gu Xinhua

(Nanjing University)

#### Abstract

In this paper the authors advance a new economic system ideology, the consumption-tracking theory, based on the modern control theory, the economic input-output technique and the socialist economic principles. With this theory the authors try to solve the most basic problem in macroeconomic plannings, such as how to determine the proportion of consumption and investment and how to allot the total investment goods to each industrial sector, etc. Both the theory and the application are discussed in detail. The use of the model is illustrated by an example.