

关于宏观经济模型的一个控制策略^①

黄 国 石

(厦门大学自动化系 厦门 361005)

摘要 把宏观经济模型的供需均衡问题,化为求解纯增益控制器的设计,并利用我国的统计数据给出实例计算.

关键词 宏观经济,动态模型,控制

中国图书分类号 O 231

建国以来,我国曾出现几次严重的供需失衡,教训是极其深刻的.实践证明,供求平衡是国民经济持续、快速、健康发展的基本条件.为此作者从建立一个宏观经济模型出发,讨论了供需均衡问题.

1 模型建立

在 Smyth 模型的基础上,经过修改和扩充的宏观动态经济模型可用如下五个方程式表示^[1].

总需求方程:

$$Y(k) = C(k) + G(k) + I(k) \quad (1)$$

式中, $Y(k)$ 是以货币计算的国民总需求, $C(k)$ 是总消费支出, $I(k)$ 是诱发性投资, $G(k)$ 为政府支出,是外生可控变量.模型中假设本期消费支出是上期国民总需求 $Y(k-1)$ 的函数.

$$C(k) = bY(k-1) \quad (2)$$

诱发性投资 $I(k)$ 与利率 $R(k)$ 和国民总需求 $Y(k)$ 有关,当利率上升时,投资减少,当总需求上升时,诱发性投资增加,因而诱发性投资表示成

$$I(k) = g[Y(k-1) - Y(k-2)] + aR(k-1) \quad (3)$$

货币需求函数 $H(k)$ 可用线性方程表示

$$H(k) = dY(k) + [e + jR(k)] \quad (4)$$

上式右边第一项称为交易需求,与 $Y(k)$ 有关,第二项称为投机需求,与利率 $R(k)$ 变化有关.

货币供应量 $M(k)$ 是外生变量,由国家掌握.利率 $R(k)$ 的变化是货币供应量与货币需求量差额的函数,用方程表示如下

$$R(k+1) = R(k) + h[H(k) - M(k)] \quad (5)$$

式(1)~(5)构成宏观动态模型,上面诸式中的系数 b, g, a, d, e, j, h 都是待估参数,为把动态模型描述成状态矩阵方程式,选择

^① 本文1996-10-17收到

$$\begin{cases} X_1(k) = Y(k - 2) \\ X_2(k) = Y(k - 1) \\ X_3(k) = R(k - 1) \\ X_4(k) = R(k) \end{cases} \quad (6)$$

为状态变量,同时选择

$$U_1(k) = G(k); U_2(k) = M(k); U_3(k) = e \quad (7)$$

作为控制变量.控制 $G(k)$ 属于财政政策,控制 $M(k)$ 属于货币政策, e 为常数.由式(1)~(5)可导出被控状态方程,用矩阵形式表示如下

$$X^1(k+1) = A_1X^1(k) + BU(k) \quad (8)$$

$$Y(k) = C_1X^1(k) + DU(k) \quad (9)$$

其中

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -g & b+g & a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -hdg & hd(g+b) & hda & 1+hj \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -hd & -h & h \end{bmatrix}$$

$$x^1(k) = \begin{bmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \\ X_4(k) \end{bmatrix} \quad U(k) = \begin{bmatrix} U_1(k) \\ U_2(k) \\ U_3(k) \end{bmatrix} \quad C_1 = [-g \quad b+g \quad a \quad 0]$$

$$D = [1 \quad 0 \quad 0]$$

式(8)和式(9)就是我们研究的宏观经济动态模型.

2 控制策略的设计

考虑系统(8)、(9)的控制问题,控制目的是在最短期间内提高总供给(国内生产总值)以满足较高的总消费,即达到更高水平的供需水平.这个问题可化为纯增益反馈控制器的设计问题来解决.

假设 $X^2(k)$ 为社会供给量,视为系统的外部输入,它在状态方程(8)中没有出现.其满足如下方程

$$X^2(k+1) = X^2(k) = d_1 \quad (10)$$

其中 d_1 为已知常量.取系统的输出方程为

$$Z(k) = X^2(k) - Y(k) \quad (11)$$

即输出是总需求与总供给之差.将式(9)代入式(11):

$$Z(k) = X^2(k) - C_1X^1(k) - DU(k)$$

用矩阵形式表示为

$$Z(k) = -C_1X^1(k) + C_2X^2(k) - DU(k)$$

其中 $C_2=1$.

现在求解纯增益反馈控制器 $U(k)$,使闭环稳定且达到输出调节.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} Z(k) = 0$$

即系统的总供给 $X^2(k)$ 趋向于总需求 $Y(k)$.

经过这样处理,把选择财政政策和货币政策,保持社会总需求和总供给的均衡,化为纯增

益反馈控制器的设计问题.

现设计一个纯增益反馈控制器

$$U(k) = F_1 X^1(k) + F_2 X^2(k) \quad (12)$$

它对被控系统 (8) 产生控制作用后, 使之形成闭环系统

$$X^1(k+1) = (A_1 + BF_1)X^1(k) + BF_2 X^2(k) \quad (13)$$

稳定且达到输出调节.

求解纯增益反馈控制器关键在于求 F_1 和 F_2 ^[2,3]. 用极点配置方法可解 F_1 , 把闭环矩阵 $A_1 + BF_1$ 的所有极点全配置在复平面的单位内, 就能使闭环系统稳定, 如果把闭环所有极点全配置为 0, 还能使系统以最快速度达到新的平衡. 至于 F_2 的求解, 由解矩阵方程

$$\begin{cases} A_1 Q - Q A_2 + B N = A_3 \\ -C_1 Q - D N = C_2 \end{cases} \quad (14)$$

可解出未知矩阵 Q N . 由文 [2] (P. 138) 可知, 因 $X^2(k)$ 不在状态方程出现. 所以上式中 A_3 为零向量. 由式 (10) 方程可知 $A_2 = 1$. 再由公式

$$F_2 = F_1 Q - N \quad (15)$$

求出 F_2 . 当 $X^1(k)$ 和 $X^2(k)$ 不完全能作为反馈时, 需设计观测器估计不能用于反馈的变量. 这就得到线性多变量调节器.

3 实际问题的计算

现把上面提取出的理论模型, 应用到我国的现实经济问题加以讨论. 按过去的统计口径, 总需求对应于国民收入, 而理想的口径是对应于国内生产总值. 根据 1995 年《中国统计年鉴》资料统计, 我国的国内生产总值分成总消费、总投资和净出口三部分来统计. 因此, 本文把模型 (1) 中的总需求 $Y(k)$ 对应于国内生产总值. 考虑到净出口所占比例较小, 本文略去, 即仅考虑封闭系统. $Y(k)$ 可表示为

$$Y(k) = C^*(k) + I^*(k) \quad (16)$$

其中 $C^*(k)$ 和 $I^*(k)$ 分别表示 k 期的总消费和总投资数据 (见《1995 年中国统计年鉴》第 36 页.) 为了把式 (16) 表示成式 (1) 的形式, 对式 (16) 进行分解. 由统计资料可知总消费分为居民消费 $C(k)$ 和社会消费 $C_1(k)$, 这里就把居民消费 $C(k)$ 作为式 (1) 中的总消费. 总投资可分自发投资 $I_1(k)$ 和诱发性投资 $I(k)$, 由于我国统计资料并未把自发投资和诱发性投资分开统计, 考虑到我国改革开放以来, 固定资产投资占总投资比重为 80% 左右, 特别是近年来比重不断增大, 就把国有固定资产投资中的国家预算内资金作为自发投资. 尽管这样处理虽不很完美, 但不致于产生太大的误差. 这样总投资与自发投资的差额就取为诱发投资 $I(k)$. 而把自发投资 $I_1(k)$ 和社会消费 $C_1(k)$ 之和作为政府支出 $G(k)$, 即 $G(k) = C_1(k) + I_1(k)$. 模型中的 $R(k)$ 为固定资产贷款利率, 取其每年利率的高限. 在经济学中 M_0 M_1 和 M_2 是三个不同层次的货币供应量. 据有关数据测算, 在 1979~1994 年期间, M_0 (货币流通量) 增长速度与国内生产总值增长速度的相关程度高达 74%, 同时考虑到 M_0 是三个层次中流动性最强且数据选取方便, 本文就把货币供应量取为 M_0 , 当然选取 M_1 或 M_2 并不影响结果. 至于货币需求量, 利用文 [6] 中介绍的公式

$$\text{货币需求量} = \frac{\text{社会商品零售额} + \text{劳务服务额} + \text{集市贸易额}}{\text{货币流通速度}}$$

计算.根据《1999年中国统计年鉴》和《1995年中国金融年鉴》数据资料(个别数据取自前几年的同类年鉴)整理成表1.

由表数据,用最小二乘法容易估计出如下参数

$$b = 0.5894; \quad d = 0.1881; \quad g = 1.7403; \quad e = -513.6163; \quad a = 225.8225;$$

$$j = -22.4881; \quad h = -0.0059$$

将估计出的参数分别代入式(8)、式(9)并根据上述控制策略设计的方法,可以求出控制策略为

$$U(k) = \begin{bmatrix} 0.2862 & -3.1777 & 7.0056 & 39.2453 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \\ X_4(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.1788 \\ -0.0339 \\ 0 \end{bmatrix} X^2(k) \quad (17)$$

利用控制策略(17),能使总供给与总需求在最短时间内,达到一个更高供需水平的均衡.

表1 1979~1994年统计数据
Tab.1 Statistic data for 1979~1994

年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
社会商品零售额	1 800	2 140	2 350	2 570	2 894.4	3 376.4	4 305	4 950
劳动服务额	122.0	1427	156.9	169.6	194.2	238.7	321.6	385.7
集市贸易额	183	235.4	287	333.1	385.8	470.6	705.0	890.0
$M_0(k)$	267.7	346.2	396.3	439.1	529.8	792.1	987.8	1 218.4
$R(k)$	4.32	4.32	4.32	5.76	5.76	7.92	10.8	10.8
$Y(k)$	4 093.6	4 566.1	4 890.1	5 398.1	6 025.5	7 163.1	9 159	10388
$C(k)$	2 005.1	2 317.1	2 604.1	2 867.9	3 182.5	3 674.5	4 589.0	5 175.0
$I(k)$	1 055.6	1 240.7	1 311.2	1 480.9	1 665.3	2 047.6	2 983	3 405.4
$G(k)$	1 032.6	1 008.3	974.8	1 049.3	1 177.7	1 441	1 587	1 807.6
年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
社会商品零售额	5 820	7 440	8 101.4	8 300.1	9 415.6	10 993.7	13 592.6	16 264.7
劳动服务额	4 91.2	651.0	786.9	958.9	1200.6	1668.3	2434.46	3389.9
集市贸易额	1 157.8	1 621.3	1 973.6	2 168.2	2 622.2	3 530	5 343	8 981.6
$M_0(k)$	1 454.5	2 134.0	2 344.4	2 644.4	3 177.8	4 336.0	5 864.7	7 288.6
$R(k)$	10.8	10.8	10.8	12	11.6	9.72	14.04	14.04
$Y(k)$	11 773.2	14 855.1	16 651.5	17 809.2	20 662.9	25 588.1	35 180.2	45 600
$C(k)$	5 961.2	7 633.1	8 523.5	9 113.2	10 315.9	12 459.8	15 682.5	20 701.0
$I(k)$	3 856.5	5 085	5 753.4	6 058.6	7 144.1	9 303.6	14 541.7	18 480.4
$G(k)$	1 965.5	2 137	2 374.6	2 637.4	3 202.2	3 824.7	4 956	6 418.6

表中单位为亿元,而利率 $R(k)$ 的年息为%

4 结束语

本文根据我国改革开放十六年来的实际数据,建立宏观模型,讨论了供需均衡的控制策略.为了提高模型和控制策略的精度,还有一些问题尚待进一步研究.比如货币需求量的测算,这个问题不仅社会主义国家,就连西方国家也没有很好解决.尽管本文利用文 [6] 中的方法进行测算,但测算结果与现实仍有差距;还有利率问题,利率在西方国家是货币传导机制理论的重点研究对象,在我国利率虽然也起作用,但其作用远不如西方国家的利率作用大,我国目前有价证券市场刚在试验,储备金制度不够完善,利率发挥作用的条件还不完全具备,从表中可看出 1978~1984 年和 1985~1989 年中的利率分别停滞在 4.32% 和 10.8%,利率反应如此迟钝.要实现金融机制在客观调控中的作用,要不断深化金融体制改革,应逐步建立一个灵敏、高效适应市场经济要求的金融宏观调控体系.

参 考 文 献

- 1 张金水.经济控制论.北京:清华大学出版社,1989
- 2 王翼.离散控制系统.北京:科学出版社,1987
- 3 龚德恩.经济控制论概论.北京:中国人民大学出版社,1988
- 4 杨玉钦,陈亚陵.系统辨识.厦门:厦门大学出版社,1990
- 5 曾昭磐.工程控制论.厦门:厦门大学出版社,1990
- 6 林继肯.货币流通的调节和管理.北京:经济科学出版社,1988
- 7 黄国石.宏观经济模型及其控制.见:顾基发主编.中国系统工程学会第八届年会论文集.北京:科学技术文献出版社,1994 168~172

A Control Strategy for Macro-economic Model

Huang Guoshi

(Dept. of Automtn., Xiamen Univ., Xiamen 361005)

Abstract The demand-supply equilibrium problems for macro-economic model are transformed into a pure gain controller problem. The algorithm of controller is illustrated by an appropriate example.

key words Macro-economic, Dynamics model, Control