利用投入产出模型研究最优产业结构*

陈 宏** 韩 轶 戴 华
(电子科技大学管理学院 成都 610054)

【摘要】 利用投入产出模型中的经济结构系数矩阵的特征分析,研究了最终产品最大和社会纯收入(利税)最大情况下的两种理论最优产业结构及存在的条件,讨论了两种最优产业结构之间的关系。

关 键 词 产业结构; 投入产出; 最终产品; 社会纯收入
中图分类号 F214.6

国民经济的发展水平总是和一定的产业结构紧密联系的。经济总量的增长要依赖于合理的产业结构,而合理的产业结构又会促进经济总量的增长,两者之间存在非常复杂的相互依存相互制约的联系[1]。投入产出模型是分析经济总量与产业结构之间关系的有力工具。投入产出模型中的直接消耗系数矩阵 A 反映了国民经济各部门在生产过程中的各种物耗情况;中间产品分配系数矩阵 H 反映了国民经济各部门在生产过程中的各种产品分配情况。在短期内,它们都保持相对稳定性,具有固定的特征[2]。本文将从这两个矩阵入手,利用投入产出关系式和矩阵论的有关知识,讨论产业结构调整的理论最优方向。

1 最终产品最大意义下的最优产业结构

将国民经济分为 n 个部门,根据投入产出行模型[3],有

$$Y = X - AX \tag{1}$$

其中 $Y = [Y_1 \quad Y_2 \cdots \quad Y_n]^T$; $X = [X_1 \quad X_2 \cdots \quad X_n]^T$; Y_j 和 X_j 分别为 j 部门的最终产品的价值量和总产品的价值量。X 称为现实产业结构向量。

记 $|X| = \sum_{j=1}^{n} X_j$, $|Y| = \sum_{j=1}^{n} Y_j$, 它们分别表示各部门总产品的合计(全社会社会产品总量的价值表现)和各种最终产品的总和(全社会最终产值表现)。我们的问题是:在同样的 $|X|$ 和 A 的条件下,仅通过调整产业结构向量 X,能否使 $|Y|$ 达到最大值?需要的条件是什么?

设直接消耗系数矩阵 A 的特征根为 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$,且 $\lambda_1 < \lambda_2 < \cdots < \lambda_n$, λ_k 对应的特征向量为 $X(k) = [X_1(k) \quad X_2(k) \cdots \quad X_n(k)]^T$。

可以证明:矩阵 A 的最小特征根 λ_1 所对应的特征向量 $X(1)$ 是投入产出中关于 $|Y|$ 最大的产业结构向量,$|Y|$ 的最大值为 $(1-\lambda_1)|X|$。

证明 根据矩阵论的有关知识,矩阵 A 的特征根 λ_k 与所对应的特征向量 $X(k)$ 及矩阵 A 之间的关系为

$$AX(k) = \lambda_k X(k) \tag{2}$$

1996年 8月 2日收稿, 1996年 11月 29日修改定稿
* 四川省重点科技基金资助项目
** 男 40岁 硕士 副教授

这样,式(1)可以写为

$$Y = X(k) - AX(k) = (1-\lambda_k)X(k) \tag{3}$$

记单位行向量 $E=[1\ 1\cdots\ 1]$,左乘式(3)两端,则有

$$EY = (1-\lambda_k)EX(k)$$

因为 $EY=\sum_{j=1}^{n} Y_j = |Y| \qquad EX(k)=\sum_{j=1}^{n} X_j(k) = |X|$

则有

$$|Y| = (1-\lambda_k)|X| \tag{4}$$

可见,对于固定的 $|X|$,当 $\lambda_k=\lambda_1$ 时,$|Y|$ 达最大值,λ_1 对应特征向量为 $X(1)$。

由以上的证明可知,当 A 和 $|X|$ 固定时,存在一个最优的产业结构向量 $X(1)$,它使 $|Y|$ 达到最大值。

如果现实产业结构向量 X 调整为 $X(1)$,可以证明需要满足的条件是:国民经济各部门的中间产品率都相等并且等于定值 λ_1;或者最终产品率都相等并且等于定值 $1-\lambda_1$。

证明 从 $AX(k)=\lambda_k X(k)$ 有

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}X_j(k) = \lambda_k X_i(k) \qquad i=1,2,\cdots,n \tag{5}$$

根据直接消耗系数 a_{ij} 的含义,式(5)可以写为

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{x_{ij}}{X_j}X_j(k) = \lambda_k X_i(k) \qquad i=1,2,\cdots,n \tag{6}$$

式中 x_{ij} 为 j 部门生产中消耗 i 部门产品的数量,或 i 部门生产的产品中,分配给 j 部门作为中间产品的数量。如果向量 X 调整等于 $X(k)$,即 $X=X(k)$,则有

$$X_j(k) = X_j \qquad a_{ij} = x_{ij}/X_j(k)$$

得

$$\lambda_k = \sum_{j=1}^{n} x_{ij}/X_i = Z_i/X_i \qquad i=1,2,\cdots,n \tag{7}$$

式中 比值 Z_i/X_i 称为 i 部门的中间产品率;$Z_i=\sum_{j=1}^{n} x_{ij}$ 为 i 部门生产的产品中,用作中间产品的数量,由于

$$X_i = Y_i + Z_i \qquad i=1,2,\cdots,n \tag{8}$$

则

$$1-\lambda_k = Y_i/X_i \qquad i=1,2,\cdots,n \tag{9}$$

比值 Y_i/X_i 称为 i 部门的最终产品率。则当:$X=X(1)$ 时,有

$$Z_1/X_1 = Z_2/X_2 = \cdots = Z_n/X_n = \lambda_1 \tag{10}$$

或

$$Y_1/X_1 = Y_2/X_2 = \cdots = Y_n/X_n = 1-\lambda_1 \tag{11}$$

上述证明说明,当调整产业结构向量 X 为最优产业结构向量 $X(1)$ 时,各部门的中间产品率(或最终产品率)都要相等并且达到 λ_1 值(或 $1-\lambda_1$ 值)。这个条件是非常苛刻的,由于上游产业(部门)与下游产业(部门)在经济链条中的位置不同,难以也不可能形成相同的中间产品率(或最终产品率)[5]。因此,现实产业结构向量 X 不可能调整为 $X(1)$,产业结构向量 $X(1)$ 只能是理论上的最优产业结构向量,永远不可能达到。但就是这个最优产业结构向量 $X(1)$,为我们调整产业结构指明

了方向,我们可以通过各种努力朝这个方向迈进,在使 A 和 $|X|$ 不变的条件下,通过向 $X(1)$ 方向的产业结构调整,使 $|Y|$ 增大。

2　社会纯收入意义下的最优产业结构

根据投入产出列模型,有

$$M = X - (H^T X + V) \tag{12}$$

其中 $M = [M_1 \quad M_2 \cdots \quad M_n]^T$; $V = [V_1 \quad V_2 \cdots \quad V_n]^T$; M_j 和 V_j 分别表示 j 部门的社会纯收入 (利税) 和初始投入 (劳动报酬和折旧)。

记 $|V| = \sum_{j=1}^{n} V_j$,为全社会初始投入总量,$|M| = \sum_{j=1}^{n} M_j$ 为全社会社会纯收入 (利税) 总量。我们的问题是: 在同样的 $|X|$、$|V|$ 和 H 的条件下, 仅通过调整产业结构向量 X,能否使 $|M|$ 达到最大值? 需要的条件是什么?

设矩阵 H^T 的特征根为 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_n$,且 $\lambda_1 < \lambda_2 < \cdots < \lambda_n$, λ_k 所对应的特征向量为 $W(k) = [W_1(k) W_2(k) \cdots \quad W_n(k)]^T$。

可以证明: 矩阵 H^T 的最小特征根 λ_1 所对应的特征向量 $W(1)$ 是投入产出中关于 $|M|$ 最大的产业结构向量, $|M|$ 的最大值为 $(1-\lambda_1)|X| - |V|$。

证明从略 (证明方式与上节类似)。

如果现实产业结构向量 X 调整为 $W(1)$,也可以证明需要满足的条件是: 国民经济各部门的劳动对象消耗率都相等并且等于定值 λ_1,即

$$C_1 / X_1 = C_2 / X_2 = \cdots = C_n / X_n = \lambda_1 \tag{13}$$

式中 $C_j = \sum_{i=1}^{n} x_{ij}$ 表示 j 部门生产过程中的劳动对象消耗; 比值 C_j / X_j 称为 j 部门的劳动对象消耗率,或称为 j 部门的劳动对象消耗系数。

式 (13) 与式 (10)、(11) 一样,也是难以达到的条件。因此,现实产业结构 X 也是不可能调整到 $W(1)$, $W(1)$ 也是理论上的最优产业结构向量,在 H 和 $|X|$、$|V|$ 不变的条件下,通过向 $W(1)$ 方向的产业结构调整,使 $|M|$ 增大。

3　两种最优产业结构的关系

前面,我们根据投入产出行模型和列模型分别推导出两个理论上的最优产业结构向量 $X(1)$ 和 $W(1)$。但这两个向量对应的特征根具有不同的经济含义,一个是反映中间产品率,一个是反映劳动对象消耗率。另外, $X(1)$ 对应的是 $|Y|$ 最大, $W(1)$ 对应的是 $|M|$ 最大, $|Y|$ 和 $|M|$ 的经济含义也不同。我们的问题是: 当 X 向 $X(1)$ 方向调整时, $|M|$ 朝什么方向变化? 当 X 向 $W(1)$ 方向调整时, $|Y|$ 又朝什么方向变化? $X(1)$ 能否与 $W(1)$ 重合? 重合的条件是什么?

可以证明: 在 $|V|$ 不变的条件下, $|Y|$ 的变化方向与 $|M|$ 的变化方向相同,并且两者的变化量也相同。

证明　由投入产出行模型和列模型,有

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = \sum_{j=1}^{n} X_j$$

$$\sum_{i=1}^{n} (Z_i + Y_i) = \sum_{j=1}^{n} (M_j + C_j + V_j)$$

$$\sum_{i=1}^{n} Z_i + |Y| = |M| + \sum_{j=1}^{n} C_j + |V|$$

由于

$$\sum_{i=1}^{n} Z_i = \sum_{i=1}^{n}(\sum_{j=1}^{n} x_{ij}) = \sum_{j=1}^{n}(\sum_{i=1}^{n} x_{ij}) = \sum_{j=1}^{n} C_j$$

则有

$$|Y| = |M| + |V|$$

这样,当$|V|$不变时,$|Y|$增大;$|M|$也增大,反之亦然,$|Y|$增大数量与$|M|$增大数量相等。

由以上证明可知,$|Y|$和$|M|$的变化相同,当调整X向$X(1)$方向变化时,$|Y|$增大,$|M|$也增大,当$|Y|$达最大值$(1-\lambda_1)|X|$时,$|M|$达到$(1-\lambda_1)|X|-|V|$值;当调整X向$W(1)$方向变化时,$|M|$增大,$|Y|$也增大,当$|M|$达最大值$(1-\mu_1)|X|-|V|$时,$|Y|$达到$(1-\mu_1)|X|$值。

从推导过程看,向量$X(k)$是从投入产出行模型中的A矩阵推导出来的;向量$W(k)$是从投入产出列模型中的H矩阵推导出来的,A矩阵反映的是消耗结构特征,H矩阵反映的是分配结构特征;两者的经济意义是不同的。另外,从严格意义上讲,$X(k)$是各部门总产品的列向量,$W(k)$是各部门总产值的列向量,便若各部门的总产品统一用货币作计量单位,$X(k)$和$W(k)$中的元素单位是相同的,其数值有可能相等;另一方面,特征根λ_k和μ_k从量纲上讲,都是无量纲的,都是小于1大于0的数值,它们也有可能相等。

可以证明:当$x_{ij}=x_{ji}(i,j=1,2,\cdots,n)$,或$A=H^T$时,有$\lambda_k=\mu_k$,$X(k)=W(k)$

证明 因$x_{ij}=x_{ji}$,则$x_{ij}/X_i=x_{ji}/X_i$,$Z_i/X_i=\sum_{j=1}^{n} x_{ij}/X_i=\sum_{j=1}^{n} x_{ji}/X_i=C_i/X_i(i=1,2,\cdots,n)$。故$\lambda_k=\mu_k$,又因$x_{ij}=x_{ji}$,有$a_{ij}=x_{ij}/X_j=x_{ji}/X_j=h_{ji}(i,j=1,2,\cdots,n)$,得$A=H^T$。

当$X=X(k)$时

$$(A-\lambda_k)X(k)=0$$

当$X=W(k)$时

$$(H^T-\mu_k)W(k)=(A-\lambda_k)W(k)=0$$

两式相减得

$$(A-\lambda_k)[X(k)-W(k)]=0$$

则有

$$X(k)-W(k)=0$$
$$X(k)=W(k)$$

由以上证明可知,在n个部门中,只有在任意两个部门彼此相互消耗对方部门产品数量相等的条件下,$\lambda_k=\mu_k$,$X(k)=W(k)$。

进一步推论可以证明:当所有部门中,任意两个部门彼此相互消耗对方部门产品数量都相等,而且消耗数量与总产量比值(劳动对象消耗率)达到最小值λ_1时,两个最优产业结构向量$X(1)$和$W(1)$相等,此时,$|Y|$达最大值$(1-\lambda_1)|X|$,$|M|$也达最大值$(1-\lambda_1)|X|-|V|$。证明从略。

由以上证明可知,两个最优产业结构向量重合的条件是

$$Z_1/X_1=Z_2/X_2=\cdots=Z_n/X_n=C_1/X_1=C_2/X_2=\cdots=C_n/X_n=\lambda_1=\mu_1$$

或者是$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}=\sum_{j=1}^{n} h_{ij}=\lambda_1$,即$A$矩阵第$j$列元素之和等于$H$矩阵第$i$行元素之和,并且还等于$\lambda_1$。

4 结 束 语

本文在假定社会产品总量$|X|$、初始投入总量$|V|$和两个矩阵 A和 H不变的条件下,讨论了最终产品总量$|Y|$和社会纯收入总量(利税总量)$|M|$最大意义下的最优产业结构和需要满足的条件以及它们之间的关系。由于在实际情况中,各部门所处的位置不同,其条件难以满足。所以,这两个最优产业结构只能是理论上的,在现实中不可能达到。但是,它们仍有重大的实际意义,给出了产业结构调整的方向,告诉我们不增加初始投入总量,不增加社会产品总量,不改变消耗结构和分配结构,仅仅依靠产业结构的调整,可以使现有的最终产品总量,社会纯收入总量(利税总量)得到提高。

参 考 文 献

1 郭菊娥.利用投入产出特征分析研究我国产业结构.系统工程理论与实践. 1991, 2: 34- 38

2 钟契夫,陈锡康.投入产出分析.北京:中国财政出版社, 1986

3 庞　皓,向蓉美.投入产出分析.成都:西南财经大学出版社, 1989

4 童恒庆.产业结构的最优调整方向.数量经济技术经济研究, 1995, 5: 21- 25

5 李国平,许　肠.产业结构特征的定量分析方法.数量经济技术经济研究, 1992, 9: 39- 46

Study on Optimum Industry Structure Using Input-output Model

Chen Hong　　Hang Yi　　Dai Hua

(Management College, UEST of China　Chengdu　610054)

Abstract　By using characteristic analysis of economic structure coefficient matrix in input-output analysis, two theoretical optimum industry structures in a sense final products and social pure income (profit and tax) are studied. The relationship of those two optimum structures is discussed.

Key words　industry structure;　input-output;　final products;　social pure income

编辑　徐安玉

· 科研成果介绍 ·

军事专家系统开发环境—— 微机故障诊断专家系统

主研人员: 王厚军　李翔宇　陈相富　陈光　彭寿全　刘戈杨等

该成果由系统硬件和系统软件两大部分组成,系统硬件包括专家接口及用户接口两部分,而系统软件包括专家知识的获取,专家知识的表示(专家知识库的建立),知识推理和搜索控制等。

该系统具有利用专家知识库指导故障诊断算法的能力;可在系统运行时,随时对相应知识库进行维护和完善,通过对故障现象与母线信息的获取,与已建模型进行匹配,从而实现对故障进行搜索、定位。

该系统能获取正常的微机母线信息流,分析并建立其运行模型,可根据专家的诊断过程与知识,扩充系统诊断能力;通过更新知识库可实现专家系统的升级。

该系统采用母线观测的诊断方法,具有新颖性,知识库易于扩充和维护,具有较强的诊断能力,处于国内领先水平。

· 科　卞 ·