

·成果简介·

投入占用产出分析在理论与方法上的若干重要进展及其主要应用*

陈锡康¹ 刘秀丽¹ 付雪^{2,1}

(1 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190; 2 上海师范大学商学院, 上海 200234)

[关键词] 投入占用产出分析, 多年时滞, 主系数非线性投入占用产出模型

投入产出分析是美国科学家 Wassily W. Leontief 所创立, 曾获 1973 年诺贝尔经济学奖。其重要优点是以棋盘式平衡表反映国民经济各部门在产品的生产与消耗之间的相互联系, 目前已在世界上 100 多个国家和地区得到推广和应用。但是传统的投入产出分析也存在重要的不足之处, 特别是没有反映占用与产出之间的联系, 即没有反映物质资本、人力资本、自然资源等与产出的函数关系。在国家自然科学基金的支持下, 陈锡康等 1989 年在国际上提出和建立投入占用产出技术。这种方法的特点不仅是研究部门间产品的投入与产出的关系, 而且研究占用与产出、占用与投入之间的数量关系。

2005—2007 年中国科学院数学与系统科学研究院等单位有关研究员和教授等承担了国家自然科学基金委信息学部项目“教育-经济动态投入占用产出模型研究”。三年期间在理论和应用方面获得了很多重要进展。兹分别总结如下。

1 投入占用产出技术在理论与方法上的若干重要进展

1.1 提出新颖的考虑人力资本、科学技术、自然资源、环境保护等的动态投入占用产出模型

投入产出模型可分为静态投入产出模型及动态投入产出模型两类。目前国际文献中所研究的动态投入产出模型基本上都建立在固定资产的建设与使用之间的时滞基础上。著名的列昂惕夫动态投入产出模型如下

$$X(t) - AX(t) - CX'(t) = \tilde{Y}(t) \quad (1)$$

这里 C 为增量资本系数矩阵, $\tilde{Y}(t)$ 为不包括

投资的最终需求列向量, 即最终净产出列向量, $X'(t)$ 为 $X(t)$ 的一阶导数。这是连续型动态模型, 其相应的离散型动态投入产出模型为:

$$X(t) - AX(t) - C[X(t+1) - X(t)] = \tilde{Y}(t) \quad (2)$$

在上述模型中, 假设资本建设和使用之间需要 1 年时滞, 把 t 年和 $t+1$ 年的生产过程联结起来, 形成一个动态模型。上述离散型动态投入产出模型已得到部分应用。

但是不仅固定资产投资与使用之间具有时滞性, 熟练劳动力的培养与使用之间、自然资源的勘探、准备和使用之间、科技投入与成果取得之间等都存在时滞。而且人才培养的时滞比实物资本形成的时滞更长也更重要。在此基础上我们提出了新的动态投入占用产出模型, 即提出考虑物质资本、人力资本、科学技术、自然资源勘探、环境保护等的建设与使用时滞的新颖的动态投入占用产出模型。包括如下两部分内容:

(1) 提出考虑物质资本、人力资本、科学技术、自然资源勘探、环境保护等的建设与使用时滞的新颖的动态投入占用产出模型^[1,2]。

(2) 提出考虑占用品损耗补偿的动态投入占用产出模型^[1]。

实际统计资料表明, 发达国家固定资产投资主要用来弥补固定资产损耗。中国(2002年)、日本(1995年)、美国(1990年)固定资产损耗占资本形成总额比例分别高达 41.1%、56.9% 和 70.3%。

不仅固定资产有损耗补偿问题, 所有占用品都有一个损耗的问题, 如劳动力有退休问题, 由此产生

本项目得到国家自然科学基金和中国科学院知识创新工程重要方向项目资助。
本文于 2008 年 5 月 14 日收到。

人力资本损耗的补偿问题,据此我们提出新的考虑实物资本和人力资本损耗补偿的连续型动态投入占用产出模型。

1.2 提出新的主系数非线性投入产出技术

所有科研领域中线性形式研究都是比较简单的,非线性形式的研究都是非常复杂,很难解决的。如非线性规划、非线性控制理论等。Wassily W. Leontief 的投入产出分析是建立在投入与产出的比例性假定基础上的,其模型均为线性。国外部分论文试图把投入产出模型非线性化,如 Fujimoto Tokao 试图建立一般形式的非线性投入产出模型

$$A(X)X + Y = X \quad (3)$$

这里 X 、 Y 分别表示总产出列向量和最终产出列向量, $A(X)$ 为非线性直接消耗系数矩阵。Fujimoto Tokao 在任意维的抽象空间,并且不要求投入函数 $A(X)$ 连续性的条件下,建立了上述形式的非线性投入产出模型。在给定的假定条件下 Fujimoto Tokao 证明了解的存在性、收敛性和惟一性,但 $A(X)$ 的具体形式没有给出。

刘秀丽和陈锡康提出主系数非线性投入产出技术。其主要思想如下:目前国际上在研究非线性投入产出模型上遇到的一个重大困难是直接消耗系数数量过多,很难非线性化。例如中国 2002 年投入产出表有 122 个生产部门,就有 14 884 个直接消耗系数,其中 50% 以上数值小于 10^{-6} 。刘秀丽和陈锡康经过实证考察每列只有 1—4 个系数是主要系数,这些主系数在投入产出模型的应用中起重要作用。在此基础上提出直接消耗系数为技术进步函数的新型非线性投入产出模型。技术进步状况可以采用很多种具体形式来表示,我们以各部门单位从业人员占用的固定资产原值作为反映技术进步的变量。此外并提出双层滤波法、信息量方法来选取主系数^[3]。

刘秀丽为研究技术系数变动,编制了中国 1973—1999 九年度时间序列投入占用产出表(现价及不变价)、美国六个年度的投入产出表和七个年度的现价投入产出表。获得各年度单位从业人员占用的固定资产价值的时间序列数据。

1.3 提出和建立新的教育经济投入占用产出模型,即人力资本-经济投入占用产出模型

基于投入占用产出技术,借鉴了人口投入产出模型(Stone)和教育投入产出模型(黄银忠,陈锡康)的思想,张红霞和陈锡康研究和设计了教育经济投入占用产出表。此表把经济系统分为教育部门和非教育部门两个子系统,对教育部门从经费和学生两

个方面加以反映,整个体系包括了费用流量,学生流量和占用部分。在教育-经济投入占用产出表的基础上建立了教育-经济投入占用产出模型,包括静态模型和动态模型。在模型中有三组方程,第一组和第二组方程分别以货币形式反映非教育部门和教育部门的产出,第三组方程以实物形式(人数)反映教育部门的投入和使用。考虑到学生中间使用与中间投入的时间差别,即本年的中间使用是下年的中间投入。我们引入时滞算子,建立有关的教育动态方程。其实质是本年度学生的培养量不仅与本年度的学生最终使用有关系,还与以后各个年份的学生最终需求量有关系;本年度教育经费的投入涉及到以后各年度人力资本的形成^[4,5]。

1.4 提出和建立新的考虑多年时滞的人力资本(教育)经济动态投入占用产出模型

人力资本的重要特点是时滞(包括生产时滞与投资时滞)远比物质资本为长。生产时滞是某一产品从原材料等投入到产品制造完毕所需要的时间,也就是投入至产出的时间。生产时滞取决于生产过程的长度。投资时滞是相对投资品而言的,是指投资品从投入开始到形成固定资产或人力资本存量和储备为止,投资时滞的长度取决于投资过程的进展速度。

对大多数非教育部门而言,生产时滞和投资时滞比较短(除少数产业,如造船业以外)。对教育部门而言,生产时滞特别长,需要数年的培养。付雪和陈锡康建立了新的多年时滞教育经济投入占用产出模型^[6,7]。这里,我们不仅研究多年时滞教育经济投入产出模型,而且引入“占用”概念,即研究和建立多年时滞教育经济投入产出模型。其原因如下:

第一,投入占用产出表中详细列出了各部门占用的各种物质资本和人力资本数量,由此可计算各部门对各种物质资本和人力资本的资本占用系数,即单位产出所需要的资本。

第二,实际情况表明,新增劳动力的主要用途是补偿退休的劳动力,为准确计算对人力资本和物质资本的需求量,必需考虑人力资本和物质资本退休或损耗的补偿,必须把此模型扩展为多年时滞教育经济投入占用产出模型^[8]。

2 投入占用产出技术在全国粮食产量预测、对外贸易、教育-经济关系中的一些应用

2.1 投入占用产出技术在最近三年(2005—2007)全国粮食产量预测中的应用

目前国际上谷物产量预测主要有三种方法:

(1) 气象产量预测法, 主要根据气象因子利用统计方法来预测谷物产量。

(2) 遥感技术预测法。

(3) 统计动力学生长模拟法。

上述三种方法的预测提前期通常为 2 个月左右, 误差为产量的 5%—10%。这是由于地表作物尚未生长到一定程度时, 就难以利用遥感技术进行预测。而目前世界气象科学的发展水平对 2 个月以上的天气情况还难以做出可靠的预测, 这都影响了这些方法的预测提前期和预测精度。

我们提出了新的以投入占用产出技术为核心的系统综合因素预测法。28 年来在每年 4 月底完成预测报告, 5 月初经中科院院长审查和签发, 报送中央主要领导。预测精度很高, 获得中央领导和中央有关部门很高评价。

最近几年在方法论上的主要改进是提出了非线性投入占用产出技术和农作物产量的非线性预测方程, 以双向正负指数形式反映化肥施用量与粮食亩产的函数关系, 取得了很好的效果。经检验, 利用新方法的拟合效果显著地高于原有的方法。目前已得到精度很高的 20 个非线性粮食产量预测方程, 10 个非线性棉花产量预测方程和 15 个非线性油料产量预测方程。最近三年, 即 2005—2007 年实际预报情况如下:

2005 年初有关部门对 2005 年粮食生产并不乐观, 认为能维持 2004 年水平就很好了。理由之一是 2004 年全国粮食获得大丰收, 粮食产量比 2003 年增加 776 亿斤, 增长 9%, 增长幅度为我国建国以来最大的一年。根据历史经验, 大丰收后一年的粮食产量往往下降。理由之二是, 2004 年之所以增产其重要原因之一是天气条件特别好, 2005 年天气可能不如 2004 年。我们经过详细分析、实际调查和利用预测模型反复计算, 得到 2005 年我国粮食产量将继续增产, 但增长幅度小于 2004 年, 棉花将大幅度减产的结果。

2005 年 5 月初, 经路甬祥院长签发, 陈锡康等向中央领导和有关部门报送了“2005 年全国粮食、棉花和油料产量预测”。预报 2005 年全国粮食将增产, 产量为 9550 亿斤, 棉花将大幅度减产, 预计产量为 575 万吨, 油料产量与 2004 年持平, 预计产量为 3060 万吨。

根据国家统计局 2006 年 2 月 28 日发布的“中华人民共和国 2005 年国民经济和社会发展统计公报”, 2005 年我国粮食产量为 48 401 万吨, 即 9680

亿斤, 棉花产量为 570 万吨, 油料产量为 3078 万吨。2005 年度粮食增产, 棉花大幅度减产和油料持平得到证实。预测误差仅分别为产量的 1.3%、0.9% 和 0.6%。中央主要领导, 如胡锦涛、温家宝、回良玉等均有重要批示和好评。

2006 年 4 月底经路甬祥院长签发, 上报中央“2006 年全国粮食、棉花和油料产量预测”, 预报 2006 粮食增产, 棉花大幅增产, 油料减产。温家宝、回良玉、陈至立有重要批示。这些预测全部得到证实。根据国家统计局 2007 年 2 月 28 日发布的“中华人民共和国 2006 年国民经济和社会发展统计公报”, 2006 年我国粮食产量为 49 748 万吨, 即 9949 亿斤。预测误差为抽样实割产量的 1.8%, 即预测精度为 98.2%。

2007 年 4 月底经路甬祥院长审阅和签发, 上报中央“2007 年全国粮食、棉花和油料产量预测”, 预报 2007 粮食将获得增产, 棉花和油料小幅度增产。温家宝、回良玉、曾庆红、陈至立和曾培炎等有重要批示。根据国家统计局 2008 年 2 月 28 日发布的“中华人民共和国 2007 年国民经济和社会发展统计公报”, 2007 年我国粮食产量为 50 150 万吨, 即 10 030 亿斤。预测误差为抽样实割产量的 0.3%, 即预测精度为 99.7%。

2004—2007 年的粮食产量预测情况可归结为:

第一, 预测提前期为半年以上。我们的预测报告在每年 4 月底以前完成, 5 月初报送中央主要领导同志, 我国秋粮等在 11 月收割完毕, 国家统计局在下一年 2 月底发表上年度国民经济和社会发展的统计公报中公布上年度我国主要农作物产量的初步数据。我们的预测提前期为半年以上。

第二, 预测各年度粮食丰、平、歉方向正确。特别是, 预报 2004 年我国粮食大幅度增产, 2005 年—2007 年 4 月末预报我国粮食产量继续增产。

第三, 最近三年, 即 2005—2007 预测粮食产量的平均误差为 1.15%。目前国际上发达国家谷物产量预测的平均误差为产量的 5%。我们的预测精度是很高的。在过去 28 年中我们预报粮食产量平均误差为抽样实割产量的 1.9%。最近几年的预报精度有了进一步的提高。

2.2 投入占用产出技术在对外贸易中的应用

这是一项国际合作研究项目。早在 1988 年美国 Stanford 大学教授 Lawrence J. Lau (刘遵义) 等曾与陈锡康等合作编制 1995 年中国对外贸易投入占用产出表, 计算中国出口 1000 美元对中国国内增

加值和就业的影响。有关研究结果曾引起国际贸易界很大重视。2006年在香港前特首董建华、香港中文大学和国家自然科学基金委的资助下,我们与香港中文大学、美国加州大学、香港科技大学合作,编制中国2000、2002和美国2002对外贸易投入占用产出表,分别计算出口1000美元对中国和美国GDP和就业影响,并进行初步的比较分析^[9]。

研究表明:由于中国出口产品中加工装配出口占50%以上,中国单位商品出口额的完全增加值数值比美国小一半以上。按出口总额计算2005年中国为美国的4倍,但按增加值计算,则中国为美国的2倍。美中两国的贸易逆差远比目前按出口总额计算为小。

研究报告于2006年4月初通过香港前特首董建华上交中央,为胡锦涛主席2006年4月访美提供资料,发挥了作用,并引起美国国际贸易委员会(ITC)有关研究人员高度重视。

2.3 投入占用产出技术在教育-经济关系方面的一些应用

编制中国1999、2000和2002年教育-经济投入占用产出表,利用数学与系统科学研究院编制的各年投入占用产出表,然后在收集人力资本数据的基础上编制相应年度教育-经济投入占用产出表。这是世界上第一个有可靠资料的教育-经济投入占用产出列表。

在此基础上利用考虑人力资本多年时滞的教育-经济动态投入占用产出模型,研究和计算各种教育程度的教育规模、人力资本供应和需求;全国教育经费投入以及教育经费占地方财政的合理比例。利用

人力资本形成矩阵以及人力资本存量矩阵,计算国民经济各部门增长所要求配比的人力资本数量,计算各行业人力资本水平提高对经济发展的直接和间接效应,以此确定人力资本在地区间、产业间的合理配置等。

参 考 文 献

- [1] Xikang Chen, Ju-e Guo & Cuihong Yang. Extending the input-output model with assets. *Economic Systems Research*, 2005, 17(2): 211—225.
- [2] 陈锡康. 投入占用产出技术在理论与应用方面的若干重要进展. 中国投入产出第7届会议论文, 2007年8月20日至25日于南京.
- [3] Liu Xiuli, Chen Xikang. The Non-linear Important Coefficients Input-Holding-Output Model. *International Journal of Applied Economics and Econometrics*, 2005, 13(3): 429—438.
- [4] 张红霞, 陈锡康. 用于人力资本分析的教育-经济投入占用产出模型. *中国管理科学*, 2004, 12(5): 97—101.
- [5] Zhang Hongxia, Chen Xikang. An Extended Input-Output Model on Education and Shortfall of Human Capital in China. *Economic Systems Research* 2006, (已接受, 将于2008年第2期发表).
- [6] Fu Xue, Chen Xikang. Chinese Education Structure for Sustainable Development: A Multiyear Lag Education-Economy Extended I-O Model with Asset. *International Journal of Applied Economics and Econometrics*, 2006, 14(1): 61—78.
- [7] 付雪, 陈锡康. 多年时滞教育经济投入占用产出模型与教育结构研究, 数学的认识与实践. 2006, 36(1): 6—13.
- [8] Fu Xue, Chen Xikang. A Multiyear Lags Input-Holding-Output Model on Education with Excluding Idle Capital and Chinese Education Structure Study. *Journal of Systems Science and Complexity* 2008, (已接受, 将于2008年发表).
- [9] J Lau Lawrence, 陈锡康, 杨翠红等. 非竞争型投入占用产出模型及其应用——中美贸易顺差透视. *中国社会科学*, 2007, (5): 91—103.

SOME IMPORTANT EVOLUTION OF INPUT-OCCUPANCY-OUTPUT ANALYSIS THEORY AND METHODS AND THEIR MAIN APPLICATIONS

Chen Xikang¹ Liu Xiuli¹ Fu Xue^{2,1}

(1 Academy of Mathematics and System Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;

2 Business School of Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Key words input-occupancy-output analysis, years time lag, the non-linear important coefficients input-occupancy-output model