

# 空间计量经济学的研究范式与最新进展

□孙久文 姚 鹏  
(中国人民大学 经济学院区域与城市经济研究所 北京 100872)

空间计量经济学逐渐从边缘发展成为应用计量经济学与社会科学方法论的主流。本文系统总结了近三十年来空间计量经济学研究领域的进展与模型。本文对其发展划分为三个阶段: 萌芽、起飞和成熟, 并且对每个阶段理论重点与主要贡献进行了全面地概括。文章最后对空间计量经济学的发展提出了几点展望。

关键词: 空间计量经济学; 空间分析; 区域模型

中图分类号: F064. 1 文献标识码: A 文章编号: 1003—5656(2014)07—0027—09

## 一、引言

空间计量经济学作为一门学科的诞生,是以 1979 年 Paelinck 和 Klaassen<sup>[1]</sup>的《空间计量经济学》出版为标志的,迄今已经 35 年。在这部著作出版之前,也有多篇空间计量经济学的论文与著作问世。例如: Bartels 和 Ketellapper(1979)<sup>[2]</sup>的著作《空间数据的探索性和解释性分析》、Bennett(1979)<sup>[3]</sup>的著作《空间时间序列》以及 Hordijk<sup>[4]</sup>发表在区域科学协会第 42 卷的论文《计量经济学中空间关系估计的若干问题》等,但 Paelinck 和 Klaassen 的《空间计量经济学》全面论述了空间计量经济学的研究对象、研究内容与基本模型,从而标志一门学科的诞生。Paelinck 认为,空间计量经济学是计量经济学的一个全新的研究领域,“我们应该发展一个系统的计量经济学的分支,为区域和城市计量模型提供方法基础”。

空间计量经济学三十多年来的发展过程显示,这是一门十分具有生命力的学科,为区域与城市经济学的研究提供了可靠的思路与方法,也为区域和城市问题的实证研究提供了有用的工具。

本文首先概述了空间计量经济学的定义、研究领域与模型的介绍,然后对空间计量经济学的发展过程进行回顾与分析,详细介绍了空间计量经济学研究方法的进步、主要的贡献与里程碑的著作,最后对空间计量经济学的发展提出了几点展望。

## 二、空间计量经济学的研究领域与模型

### (一) 空间计量经济学的研究领域

空间计量经济学研究领域涉及五个方面: 空间相互依存的设定、空间关系的非对称性、空间解释变

基金项目: 国家社科基金重大项目“调整区域经济结构促进国土开发空间结构优化研究”(项目号: 10ZD&023)

量的重要性、过去的和将来的相互作用之间的区别以及空间模拟。这些领域强调计量经济学中空间变量表述的重要性,例如距离衰减函数、空间的组织形式。

Anselin(1988)<sup>[5]</sup>将空间计量经济学定义为:“在区域科学模型的统计分析中,研究由空间引起的各种特性的一系列方法。”Anselin所阐述的区域科学模型,是指在模型中综合了区域、位置及与空间相关的影响,并且模型的估计及确定也是具有地理参考意义的数据,这些数据可能来自于空间上的点,也可能来自于某些区域,前者对应于经纬坐标,后者对应于区域之间的相对位置。在模型研究中,应当注意由于空间依存而产生的空间滞后与时间序列的空间滞后的本质区别。

与传统的计量经济学相比,空间计量经济学的定义更狭义。在空间计量经济学当中把空间效应分为空间依赖性与空间异质性。空间依赖性是指主体行为间的空间交互作用而产生的一种截面依赖性,这意味着不同区位随机变量之间的相关性或者协方差结构主要来自于空间组织形式,这些空间组织形式是由地理空间中主体之间空间相对位置(距离、空间排序)决定的。空间异质性是指空间结构的非均衡性,表现为主体行为之间存在明显的空间结构性差异。根据空间异质性表现形式的不同,空间异质性分为空间结构非均衡性和空间异方差。空间结构非均衡性通常需要设置空间变系数或空间结构;空间异方差则通常需要对误差项进行异方差处理。空间异质性的处理方法可分为离散型异质性和连续型异质性(Anselin, 2010)<sup>[6]</sup>。离散型异质性通过在模型中设置地区虚拟变量来表现空间异质性;连续型异质性通过设定参数随机空间位移变动的函数形式来处理空间异质性。

最新的空间计量经济学研究对上述模型进行了扩展。其中J. Paul Elhorst<sup>[7]</sup>认为,“空间计量经济学是处理地理单元空间关系的一门计量经济学分支,这些地理单元可以是邮政编码、城市、区域、国家等”,并且认为传统计量经济学到空间计量经济学发展是符合从“特殊”到“一般”的进展,空间计量经济学不仅仅可以解释地理单元的关系,还可以解释个人、公司、政府之间的关系。

总之,空间计量经济学的研究领域可以概括为四个重要的方面:模型的识别、模型的估计、模型的检验、空间预测。

## (二) 空间计量经济学模型

空间计量经济学经过三十多年的发展,已经从萌芽逐渐走向成熟,从计量经济学的边缘逐渐成为主流,在这个过程中,研究者们提出了很多的模型。空间计量模型可以分为横截面的空间计量模型和面板空间计量模型。

### 1. 横截面空间计量模型

#### (1) 广义嵌套式空间模型(GNS模型)

GNS模型既考虑了因变量的空间滞后,也考虑了自变量和误差项的空间滞后,其模型形式为:

$$Y = \delta WY + \alpha \tau_N + X\beta + WX\theta + u, u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (1)$$

式中, $W$ 代表空间权重矩阵, $WY$ 代表因变量的空间滞后项、 $WX$ 代表自变量的空间滞后项, $Wu$ 代表误差项的空间滞后项, $\tau_N$ 代表元素为1的列向量。

#### (2) 广义空间自回归模型(SAC模型)

SAC模型考虑了因变量和误差项的滞后项,其表达式为:

$$Y = \delta WY + \alpha \tau_N + X\beta + u, u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (2)$$

#### (3) 空间杜宾模型(SDM模型)

SDM 模型考虑了自变量和因变量的空间滞后项,其表达式为:

$$Y = \delta WY + \alpha\tau_N + X\beta + WX\theta + u \quad (3)$$

(4) 空间杜宾误差模型(SDEM 模型)

SDEM 模型考虑了自变量和误差项的滞后项,其表达式为:

$$Y = \alpha\tau_N + X\beta + WX\theta + u, u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (4)$$

(5) 空间滞后模型(SAR 模型)<sup>①</sup>

SAR 模型只考虑了因变量的空间滞后项,其表达式为:

$$Y = \delta WY + \alpha\tau_N + X\beta + u \quad (5)$$

(6) 空间误差模型(SEM 模型)

SEM 模型只考虑了误差项的滞后项,其表达式为:

$$Y = \alpha\tau_N + X\beta + u, u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (6)$$

空间计量经济学模型在 2007 年之前只存在空间滞后模型和空间误差模型,随着空间计量经济学的蓬勃发展,空间计量模型的形式也越来越多。空间计量经济学模型之间可以转换,正如 Elhorst 介绍的那样,空间计量经济学到传统计量经济学是从“一般”到“特殊”(如图 1)。

## 2. 面板空间计量模型

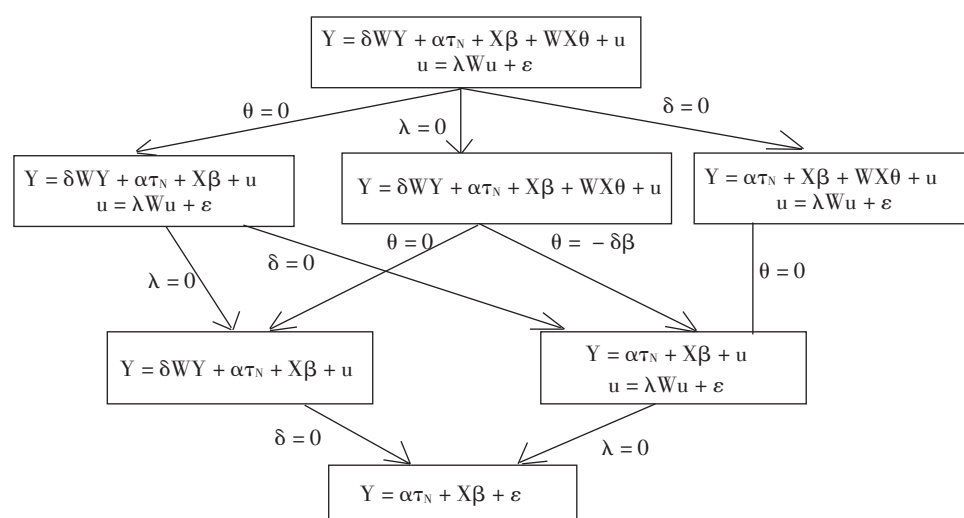


图 1 “一般”空间计量模型到“特殊”传统计量模型演变示意图

资料来源: Halleck Vega and Elhorst 2013。

### (1) 空间混合模型

类似于普通面板模型,当研究样本不存在个体效应的差异时,空间面板数据模型<sup>②</sup>采用简单的混合模型形式。

混合效应空间滞后模型:

$$Y_t = \delta WY_t + X_t\beta + u_t \quad (7)$$

混合效应空间误差自相关模型:

$$(8)$$

$$Y_t = X_t\beta + u_t, u_t = \lambda Wu_t + \varepsilon_t$$

### (2) 空间个体效应模型

如果对于不同的截面,模型的截距不同,则应在空间混合模型中加入个体效应项。

个体效应空间滞后模型:

<sup>①</sup>空间滞后模型又被称为“空间自相关模型”(spatial autoregressive model, SAR),本文采用“空间滞后模型”,但是英语缩写采用 Lesage&Pace(1999)、J. P Elhorst 引用的 SAR。

<sup>②</sup>与普通面板数据比较可以发现,由于存在空间相关性,空间面板数据模型矩阵形式的排列方式与普通面板数据不同。普通面板数据模型矩阵形式按照先 N 后 T 的排列方式,空间面板数据模型按照先 T 后 N 的排列方式。

$$Y_t = \gamma Y_{t-1} + \delta WY_t + X_t\beta + \alpha + u_t \quad (9)$$

个体效应空间误差模型:

$$Y_t = X_t\beta + \alpha + u_t, u_t = \lambda W u_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

根据  $\alpha$  为固定效应或随机效应面板固定, 分别设为固定效应空间滞后或空间误差自相关模型, 同样随机效应也可以分为这两个模型。

### (3) 动态空间面板数据模型

动态空间面板数据模型 即在动态面板模型中引入空间效应。

动态面板数据空间滞后模型:

$$Y_t = \gamma Y_{t-1} + \delta WY_t + X_t\beta + \alpha + u_t \quad (11)$$

动态面板数据空间误差模型:

$$Y_t = \gamma Y_{t-1} + X_t\beta + \alpha + u_t, u_t = \lambda W u_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

## 三、空间计量经济学的发展阶段

### (一) 萌芽阶段

20 世纪 70 年代中叶到 80 年代末可以看作是空间计量经济学的萌芽阶段。这一时期, 一系列关于空间计量经济学的著作和论文相继问世, 并且对空间计量经济学的相关概念进行了严格的定义(如表 1 所示)。

空间计量经济学这一领域的起源有两个。一个是可以追溯到地理学的定量革命, 这一阶段的代表性著作是 Berry 和 Marble

表 1 空间计量经济学萌芽阶段的著作与论文

	作者	著作或论文
1979 年之前	Cliff and Ord (1973) <sup>[8]</sup>	空间自相关
	Getis and Boots (1978) <sup>[9]</sup>	空间过程模型
	Bartels and Ketellapper (1979)	空间数据的探索性和解释性分析
	Bennett (1979) <sup>[10]</sup>	空间时间序列
	Paelinck and Klaassen (1979)	空间计量经济学
1979 年之后	Anselin (1980) <sup>[11]</sup>	空间自回归结构的估计方法
	Cliff and Ord (1981) <sup>[12]</sup>	空间过程: 方法和应用
	Ripley (1981) <sup>[13]</sup>	空间统计
	Diggle (1983) <sup>[14]</sup>	空间点模式的统计分析
	Bahrenberg et al. (1984) <sup>[15]</sup>	空间数据分析的最新进展
积累阶段	Upton and Fingleton (1985) <sup>[16]</sup>	空间数据分析的例子
	Anselin (1988)	空间计量经济学: 方法与模型
	Griffith (1988) <sup>[17]</sup>	高级空间统计
	Griffith (1990) <sup>[18]</sup>	空间统计: 过去、现在与将来
	Haining (1990) <sup>[19]</sup>	空间数据分析在社会与环境科学中的应用
	Cressie (1991) <sup>[20]</sup>	空间数据统计

(1968)《空间分析》, 并且出现了一些著名学者经典的论文, 如 Curry (1970)、Gould (1970) 和 Tobler (1970)。到 20 世纪 70 年代, 一些定量的地理学家开始研究空间模型的估计问题。第二个起源源于区域科学和区域经济学、城市经济学的工作, 他们把空间效应纳入到模型中。

萌芽期的空间计量经济学研究, 主要集中于以莫兰指数 (Moran's I) <sup>①</sup> 检验方法为主的空间相关性检验、空间计量模

型的设定、空间计量模型的基本估计、模型的识别以及模型的识别检验等问题。

在空间相关性检验方面, 这一时期具有代表性的研究包括: Cliff 和 Ord 提出的采用莫兰指数对模型

① Moran's I (莫兰指数), 下文中都以莫兰指数来代替。

的普通最小二乘法的残差进行空间相关性检验的检验方法; Hordijk (1974)、Bartels 和 Hordijk (1977) 等对莫兰指数统计量性质和功效进行研究, 并且将该统计量用于检验各种模型形式的估计残差; Burrige (1980) 和 Anselin (1988) 提出用极大似然方法构造检验统计量进行空间相关性检验, 如似然比 (LR) 和拉格朗日系数 (LM) 统计量。

在空间计量模型的设定方面, 最初的研究主要集中于空间滞后模型 (spatial lag model, SAR) 和空间误差模型 (spatial error model, SEM) 两类基础模型。之后的研究在这两类模型的基础上进行了扩展, 这些扩展模型包括 Brandsma 和 Ketellapper (1979) 提出的双重参数模型 (biparametric model); Burrige (1981) 提出的空间杜宾模型 (spatial durbin model, SDM, 也称为共同因素模型), 以及 Haining (1978) 提出的空间移动平均模型 (spatial moving average model) 等。并且这一时期空间异质性开始受到研究者的关注, Casetti (1972, 1986) 提出了将空间异质性引入模型的思路; Foster 和 Gorr (1986) 提出了一种适应性过滤方法对模型中的空间异质性问题进行处理的技术。

在空间计量模型的估计方面, 极大似然估计方法是这一时期最重要的估计方法。将空间效应引入到模型后, 传统的最小二乘估计方法无效, 需要寻找新的方法进行空间计量模型的估计。Ord (1975) 第一个将极大似然估计引用到空间计量模型中, 此后有一些学者将该方法在空间计量模型中的应用进行了扩展, 例如 Hepple (1976) 和 Anselin (1980, 1988) 考察了极大似然估计量在统计规范和实证方面的性质; 有的文献对误差的空间自相关形式进行了进一步的设定, 如 Bodson 和 Peeters (1975)、Cook 和 Pocock (1983) 假定误差的空间自相关性随地理距离的延长而减小。此外, 还有许多其他的估计方法也逐渐被采用, 如 Anselin (1980) 提出的工具变量法 (Instrumental Variables, IV)、Hepple (1979) 和 Anselin (1980, 1982) 提出的贝叶斯估计方法 (Bayesian methods) 等。

20 世纪 80 年代, 大量的学者关注于模型的识别和模型设定的检验, 这一时期学者提出了许多不同的模型设定检验的方法 (Horowitz, 1982, 1983; Bivand, 1984; Blommestein 和 Nijkamp, 1986; Anselin, 1988), 比如 Anselin (1984, 1986) 提出的非嵌套假设检验。

这一时期还出现了空间计量时空模型的初步研究。其中, 最重要的内容是关于时空模型设定方面的研究, 特别值得一提的是空间似无关回归模型 (spatial seemingly unrelated regression model, SSUR) 方面的研究 (Hordijk 和 Nijkamp, 1977, 1978; Hordijk, 1979; Anselin, 1988)。

## (二) 起飞阶段

20 世纪 90 年代是空间计量经济学的起飞阶段, 空间计量经济学在这一时期得到了快速的发展。空间计量经济学在这一时期的主要的进展包括以下几个方面。

与第一阶段相比较, 这一时期的空间计量经济学研究范式逐步正规化、严格化。尤其体现在对模型估计量渐进性质的证明方面。比如 Kelejian<sup>[21]</sup>和 Prucha (1998, 1999)、Conley (1999) 提出的广义矩估计方法 (GMM), 以及一般估计法 (MOM) 并且对其进行了严格的数理推导和证明。

这一阶段利用各种检验和估计方法对有限样本性质进行了深入地研究。随着计算机技术的发展, 广泛应用的模拟实验方法为有限样本性质的研究提供了有效的工具。这一时期, 用于有限样本性质研究的计算机模拟实验的设计越来越精细。比如, 增大模拟次数来改进模拟结果 (萌芽阶段能够进行几百次模拟, 现阶段能够进行几千次模拟); 依据现实数据特征设置模拟实验条件, 使模拟实验更符合现实情况等方面的研究及模拟实验设计 (Anselin 和 Rey, 1991; Anselin 和 Florax, 1995; Kelejian 和 Robinson,



1998)。

这一阶段在空间计量经济学模型的设定、估计和检验方面得到了长足的发展。在模型的设定方面,这一时期出现了新的模型设定形式,如空间误差分量模型(Kelejian 和 Robinson,1995)。在空间计量模型估计方面的进展可分为两个方面,一方面表现为极大似然估计方法在计算速度上的技术改进,如采用稀疏矩阵处理(Martin,1993; Pace 和 Barry,1997、1998);另一方面表现为其他估计方法的应用,如贝叶斯方法在空间计量模型中的应用(LeSage,1999)、蒙特卡罗模型(MCMC)和吉布斯抽样(Casella 和 George,1992; Gilks 等,1996)在模型中的应用。在空间检验方法的研究方面新进展包括:考虑空间相关性与异方差同时存在情况下的空间相关性检验(Kelejian 和 Robinson,1992、1998);稳健形式的 LM 检验统计量(robust-LM);针对不同模型的莫兰指数统计检验方法的扩展,如两阶段最小二乘法(2SLS)估计残差的莫兰指数检验(Anselin 和 Kelejian,1997)<sup>[22]</sup>等。

将空间效应与非线性回归模型相结合,用于研究现实经济中经常遇到的非线性问题。比如,将空间效应引入受限因变量,其中最具代表性的是空间概率模型(spatial probit model)(Case,1992; McMillen,1992、1995; Brock 和 Durlauf,1995; Pinkse 和 Slade,1998)、空间单位根问题的研究(Fingleton,1999)等。

空间异质性研究得到了新突破。这一时期空间异质性研究最重要的进展是地理加权回归方法(geographically weighted regression,GWR)的应用,该方法通过估计随空间位置而变化的模型参数,反映和处理模型中的空间异质性问题(Fotheringham,1997; Fotheringham 等,1998; Fotheringham 和 Brunson,1999)。此外,采用空间滤波(spatial filtering)的方法,对空间异质性进行处理也是这个时期另一重要进展(Getis,1995)。但是这两种方法目前在计量经济学者中还很少被采用。

空间计量经济学相关软件得到新发展。随着空间计量经济学广泛应用于实证研究,相关计量经济和统计软件的需求也越来越强烈,各种统计、计量软件应运而生。例如美国国家地理信息与分析中心(NCGIA)1992年发布的空间统计软件(space stat)<sup>[23]</sup>; Lesage(1997,1999)<sup>[24]</sup>开发和扩展了 Matlab 工具箱<sup>①</sup>; Anselin(1993)年开发的 geoda 软件;之后 stata、R 都相继增加了对空间统计的软件包。这些软件的开发为空间计量经济学实证研究提供了丰富的分析工具,促进了空间计量经济学的快速发展。

总而言之,空间计量经济学发展迅速,在应用计量经济学领域的地位得到了普遍地认可。这一时期一些主流的经济学和计量经济学杂志开始刊登关于空间计量经济学的论文,比如《国际经济评论》、《计量经济学杂志》等。主流计量经济学教材,如 Greene 主编的 2011 年版《计量经济学分析》,Baltagi 主编的 2008 年版《面板数据计量经济学分析》等,增加了对空间计量经济学进行专门介绍的章节。毫无疑问,空间计量经济学从边缘逐渐发展成为应用计量经济学与社会科学方法论的主流(Anselin,2010)。

### (三)成熟阶段

进入 21 世纪后,空间计量经济学发展进入成熟阶段,空间计量经济学作为一种主流的应用计量经济学研究方法被广泛认可。这一阶段大量空间计量经济学专著出版(如表 2),这些专著从不同角度介绍了空间计量经济学的新进展。

这一时期空间计量经济学方法广泛应用于多领域的实证研究。空间计量经济学不仅应用于城市经济学、区域经济学、房地产经济学、经济地理学等领域,而且被广泛应用到劳动经济学、能源经济学、环境经济学、产业经济学以及国际贸易等传统领域。

<sup>①</sup>此空间箱可以在 LeSage 主页下载 <http://www.business.txstate.edu/users/jl47/>。

表 2 成熟时期空间计量经济学著作

年份	作者	著作
2000	Anselin and Florax <sup>[25]</sup>	空间计量经济学前沿
2004	Getis <sup>[26]</sup>	空间计量经济学与空间统计学
2004	LeSage and Pace <sup>[27]</sup>	计量经济学前沿: 空间和时空计量经济学
2006	Arbri <sup>[28]</sup>	空间计量经济学: 区域收敛的统计学基础与应用
2009	Arbri and Baltagi <sup>[29]</sup>	空间计量经济学: 方法与应用
2009	LeSage and Pace <sup>[30]</sup>	空间计量经济学前沿
2013	J. Paul Elhorst	空间计量经济学: 从横截面数据到空间面板

空间计量模型估计方法进一步深入。该时期主要是对起飞阶段的估计方法进行扩展性研究, 比如对空间计量回归模型估计方法渐进性质的研究, 以及对各种估计方法的比较研究(Kelejian 和 Prucha, 2002, 2004, 2007; Lee, 2002, 2003, 2004); 同时考虑空间相关性和空间异质性的广义矩估计(GMM)(Kelejian 和 Prucha, 2010; Arraiz 等, 2010); 基于核估计的异方差自相关一致性(HAC)估计

计方法的研究(Kelejian 和 Prucha, 2007; Jenish 和 Prucha, 2009)。

空间计量经济学的模型设定也得到进一步地发展。在模型设定方面, 最受关注的进展主要表现在对三类模型, 即空间面板数据模型、空间潜变量模型(model for spatial latent variables)和空间流量模型(model for flows)的研究。与普通面板数据模型和空间截面数据模型相比, 空间面板模型既能考虑个体的异质性特征, 也能考虑个体间的空间相关性, 具有更优的估计性质和更好的应用前景。目前对空间面板模型的研究主要集中于理论与方法研究, 例如, 空间面板数据模型的设定和估计方法(IV、GMM 估计)(Elhorst, 2001, 2003; Elhorst 和 Zeilstra, 2007; Kapoor 等, 2007; Fingleton, 2008; Lee 和 Yu, 2010); 空间面板模型设定的检验方法研究(Baltagi 等, 2003, 2007; Kapetanios 和 Pesaran, 2007; Pesaran 等, 2008)。随着软件的不断更新, 空间面板模型的应用也越来越多, 早期的研究主要是空间静态面板模型的应用。近期, 空间动态面板模型(spatial dynamic panel data model)的实证研究备受瞩目, 比如将空间动态面板模型应用到区域经济收敛研究(Baltagi 等, 2007)。

空间潜变量模型是空间回归模型之外另一种处理空间效应的方法。空间潜变量模型没有采用严格假定的空间权重矩阵( $w$  矩阵)的设置, 而是从结构方程模型的角度处理空间效应。结构方程模型一般由两部分构成, 一部分是反映不可观测的潜变量之间关系的结构模型, 另一部分是反映潜变量与可观测的显变量之间关系的测量模型。目前空间潜变量模型的研究成果不仅限于模型设定和检验方法的研究(LeSage, 2000; Kelejian 和 Prucha, 2001; Beron 等, 2003; Fleming, 2004; Smith 和 LeSage, 2004), 还包括不少实证研究(Holloway 等, 2002; Murdoch 等, 2003; Chakir 和 Parent, 2009; Wang 和 Kockelman, 2009)。

流量模型通常又称为空间交互模型或者重力模型, 此模型用于对地区的各种交通流量, 如移民流量、贸易流量等进行估计和预测, 该模型假定地区的交通流量随着地理距离的延长而减少。研究此模型的代表认为有 Chun, 2008; Fischer 和 Griffith, 2008; LeSage 和 Pace, 2008; LeSage 和 Polasek, 2008; Griffith, 2009 等。

空间计量模型检验方面的进展。进入 21 世纪以来, 空间计量模型检验方法的理论研究进入了成熟期, 其标志是为了检验和诊断空间计量模型的各种误设情况进行的 LM 检验有了突出的进展, 比如确定模型形式的 LM 检验(Baltagi and Li, 2001)、确定空间误差自相关形式的 LM 检验(Anselin, 2001; Anselin 和 Moreno, 2003)、非嵌套假设的 LM 检验(Kelejian, 2008)。

空间经济预测研究的进展。空间经济预测研究一直是空间计量研究较弱的领域, 21 世纪以来取得

了较大进展,代表性的研究是基于面板数据模型的空间预测研究(Baltagi 和 Li,2006;Kelejian 和 Prucha,2007;Fingleton,2009)。

总之,经过学者们多年的努力探索,空间计量经济学经历了从萌芽、积累到迅速发展并逐步成熟的发展历程;从应用于区域科学领域的研究方法,已发展成为系统的、广泛应用于不同领域的主流计量经济学研究方法。

#### 四、空间计量经济学几点展望

空间计量经济学经历了萌芽、起飞、成熟阶段,那接下来空间计量经济学将走向何方?学术界普遍认为空间计量经济学的未来研究有两大发展方向:

第一,继续围绕空间计量经济学传统领域展开理论与实证研究。空间计量模型的设定、空间计量模型的估计、空间效应检验和诊断、空间预测仍是空间计量经济学需要深入研究的主流方向。在理论研究方面,空间计量模型设定、模型估计、模型设定检验和预测仍然存在许多问题尚待解决,比如空间计量模型的识别不足问题、多重均衡问题、缺失变量问题和内生性问题、估计参数的部分识别问题,以及模型设定应随研究对象和研究问题不断地进行修正等。对现有研究方法进行修正和拓展是未来理论研究的重要方向。在实证研究方面,经济社会中复杂的空间关系和时空关系远远没有被现有的研究所揭示,不断改进的空间计量模型用于经济社会实际问题研究的进程将不断加快,会继续成为未来空间计量经济学研究的主流方向。

第二,在现有的空间计量经济学研究领域之外还有可能出现一些新的研究领域。包括:

(1) 探索和解释在模型中引入的空间关系和时空关系两者背后经济作用机制的研究。目前的研究仅仅给出了空间相关和空间异质的形式,但是没有解释背后的原因。同时,通过空间机理的把握,理解空间权重矩阵是如何内生演化的,空间相互作用为什么以及如何影响模型的其他部分,也有利于解决权重矩阵和区位的内生性问题(胡安俊,孙久文,2013)<sup>[31]</sup>。

(2) 解决由于数据量过大而导致计量经济学中一些传统概念实效问题的研究。比如,在大样本数据研究中,计量经济参数估计结果的“显著性”往往被过度接受,解决这一问题有可能形成新的理论及分析技术。

(3) 新的计算技术的发展。空间计量经济学分析的计算量庞大,需要进一步改进计算技术,处理因数据量过大而引起的复杂问题。

随着研究方法的逐步成熟,空间计量分析势必会在各个领域得到越来越广泛地应用。

#### 参考文献:

- [1] PAELINCK J, KLAASSEN L. Spatial econometrics[M]. Saxon House, Farnborough, 1979.
- [2] BARTELS CP, KETELLAPPER R. Exploratory and explanatory analysis of spatial data[M]. Martinus Nijhoff, Boston, MA, 1979.
- [3] BENNETT R. Spatial time series[M]. Pion, London, 1979.
- [4] HORDIJK L. Problems in estimating econometric relations in space. Papers in Regional Science, 1979, 42: 99 - 115
- [5] ANSELIN L. Spatial econometrics: Methods and models[M]. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988.
- [6] ANSELIN L. Thirty years of spatial econometrics[J]. Papers in Regional Science, 2010, 89(1): 3 - 23.



- [7] ELHORST JP. Spatial econometrics[M]. Springer, 2013: 9 – 10.
- [8] CLIFF A, ORD JK. Spatial autocorrelation[M]. Pion, London, 1973.
- [9] GETIS A, BOOTS B. Models of spatial processes[M]. Cambridge University Press, London, 1978.
- [10] BENNETT R. Spatial time series[M]. Pion, London, 1979.
- [11] ANSELIN L. Estimation methods for spatial autoregressive structures. Regional Science Dissertation and Monograph Series. Cornell University, Ithaca, NY, 1980.
- [12] CLIFF A, ORD JK. Spatial processes: Models and applications[M]. Pion, London, 1981.
- [13] RIPLEY BD. Spatial statistics[M]. Wiley, New York, 1981.
- [14] DIGGLE P. Statistical analysis of spatial point patterns[M]. Academic Press, London, 1983.
- [15] BAHRENBERG G, FISCHER M, NIJKAMP P. Recent developments in spatial data analysis[M]. Gower, Aldershot, 1984.
- [16] UPTON GJ, FINGLETON B. Spatial data analysis by example[M]. Volume 1, point pattern and quantitative data. Wiley, New York, 1985.
- [17] GRIFFITH DA. Advanced spatial statistics[M]. Kluwer, Dordrecht, 1988.
- [18] GRIFFITH DA. Spatial statistics, past, present and future. Institute of Mathematical Geography, (IMAGE), Ann Arbor, MI, 1990.
- [19] HAINING R. Spatial data analysis in the social and environmental sciences[M]. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- [20] CRESSIE N. Statistics for spatial data[M]. Wiley, New York, 1991.
- [21] KELEJIAN HH, PRUCHA I. A generalized spatial two stage least squares procedures for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances[J]. Journal of Real Estate Finance and Economics, 1998, (17): 99 – 121.
- [22] ANSELIN L, KELEJIAN HH. Testing for spatial error autocorrelation in the presence of endogenous regressors[J]. International Regional Science Review, 1997(20): 153 – 182.
- [23] ANSELIN L. SPACESTAT. A software program for analysis of spatial data. National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), University of California, Santa Barbara, CA, 1992.
- [24] LESAGE JP. Spatial econometrics[M]. The Web Book of Regional Science, Regional Research Institute, West Virginia University, Morgantown, WV, 1999.
- [25] ANSELIN L, FLORAX RJ, REY SJ. Advances in spatial econometrics. Methodology, tools and applications[M]. Springer – Verlag, Berlin, 2004.
- [26] GETIS A, MUR J, ZOLLER HG. Spatial econometrics and spatial statistics[M]. Palgrave Macmillan, London, 2004.
- [27] LESAGE JP, PACE RK. Advances in econometrics: Spatial and spatiotemporal econometrics[M]. Elsevier Science, Oxford, 2004.
- [28] ARBIA G. Spatial econometrics: Statistical foundations and applications to regional convergence[M]. Springer – Verlag, Berlin, 2006.
- [29] ARBIA G, BALTAGI BH. Spatial econometrics: Methods and applications[M]. Physica – Verlag, Heidelberg, 2009.
- [30] LESAGE JP, PACE RK. Introduction to spatial econometrics[M]. CRC Press, Boca Raton, FL, 2009.
- [31] 胡安俊, 孙久文. 空间计量: 模型、方法与趋势[D]. 中国人民大学区域与城市经济研究所工作论文, 2013.

(收稿日期: 2014—04—14 责任编辑: 谭晓梅)