

21世纪经济学研究生规划教材

Spatial  
Econometrics  
空间计量  
经济学

沈体雁 冯等田 孙铁山 ©编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

国家自然科学基金项目 (项目编号: 41071076)  
国家自然科学基金项目 (项目编号: 70433002)  
北京市级特色专业建设项目  
联合资助

21世纪经济学研究生规划教材

Spatial  
Econometrics

空间计量  
经济学

沈体雁 冯等田 孙铁山 ©编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

空间计量经济学/沈体雁,冯等田,孙铁山编著. —北京:北京大学出版社, 2010. 10  
(21世纪经济学研究生规划教材)

ISBN 978-7-301-17092-2

I. 空… II. ①沈… ②冯… ③孙… III. 计量经济学—研究生—教材  
IV. F224.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 057156 号

**书 名:** 空间计量经济学

**著作责任者:** 沈体雁 冯等田 孙铁山 编著

**责任编辑:** 郝小楠

**标准书号:** ISBN 978-7-301-17092-2/F·2502

**出版发行:** 北京大学出版社

**地 址:** 北京市海淀区成府路 205 号 100871

**网 址:** <http://www.pup.cn> 电子邮箱: [em@pup.cn](mailto:em@pup.cn)

**电 话:** 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752926 出版部 62754962

**印 刷 者:** 北京鑫海金澳胶印有限公司

**经 销 者:** 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 181 千字

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

**印 数:** 0001—3000 册

**定 价:** 25.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子邮箱:[fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 前 言

自从 1960 年沃尔特·艾萨德出版《区域分析方法：区域科学导论》一书以来，区域分析方法就是区域科学和区域经济学知识体系的重要组成部分。20 世纪 70 年代末，随着计算机技术的应用、地理信息技术的兴起和计量经济学的发展，空间计量经济学，作为区域分析方法的重要一支，在理论、模型、方法、软件和应用领域等方面取得了长足的进展，逐渐成为区域科学最为热门的研究方向之一，成为地理学、经济学和空间相关研究领域探索空间经济规律、解释空间经济现象、挖掘空间相关知识的重要途径。

所谓空间计量经济学，就是以空间经济理论模型为基础，以地理信息技术为手段，以空间相关数据处理和空间相关知识挖掘为线索，运用统计、计量和其他数学方法对各种空间经济现象进行定量分析的学科。在空间计量经济学知识发展的过程中，由于不同发展阶段、不同知识背景，甚至不同研究领域的学者对这一学科所需解决问题和所用数量方法的范围的理解不同，因而形成了广义空间计量经济学和狭义空间计量经济学之分。广义空间计量经济学涵盖了空间经济分析中各种可能运用的统计、计量和其他数学方法。狭义空间计量经济学即空间经济的计量，就是针对空间经济现象中广泛存在的空间自相关和空间异质性而发展起来的一套计量方法。其中，狭义空间计量经济学从解决空间经济系统独有的空间相互作用(空间自相关)和空间结构(空间不均匀性)问题出发，经过 30 多年的发展，已经形成了相对完整的计量模型设立、估计、检验和应用的理论与方法体系，成为现代计量经济学的重要方向之一。为此，本书主要介绍狭义空间计量经济学。

20 世纪 90 年代后，随着西方空间计量经济学知识的引入，空间计量经济学引起我国学者的广泛关注，逐渐应用于区域科学、城市和房地产经济学、经济地理学等领域的实证研究之中，特别是在空间外部性、区域经济增长溢出、知识溢出与创新扩散、空间集聚或分散模式等领域的研究文献越来越多，空间计量经济学的引入与发展已经被认为是改革开放 30 年来中国区域科学发展的主要成绩之一。然而，由于空间数据的可得性、空间计量软件的普及性、区域经济理论研究的规范性以及定量研究的学科认可

度等方面的限制,我国空间计量经济学整体上仍然处于起步阶段,还没有形成相对完整的学科体系、教学体系和研究体系。其中,尤其值得注意的是,空间计量经济学教材和教师的缺乏直接影响了空间计量经济学在中国的普及和发展,从而在很大程度上影响了我国区域科学、区域经济学和相关学科的教学科研水平的提高,特别是影响了这些学科与国际学术社会的进一步接轨,甚至反过来影响了一直伴随和支撑空间计量经济学发展的地理信息科学与技术的进一步发展。

本书是以“空间计量经济学”命名的第一本中文教科书,也是一本系统梳理空间计量经济学知识发展脉络,系统介绍空间计量经济学理论、方法和应用进展,尝试建立我国空间计量经济学学科体系的研究专著。过去十年,在著名区域科学家和区域经济学家杨开忠教授的倡导下,北京大学区域科学研究小组在区域分析方法及其在区域经济学理论的模拟验证,中国城市与区域规划和政策的分析、模拟与应用等方面作了大量有益的探索,完成了包括国际自然科学基金重点项目在内的若干重要科研项目,举办了包括中日区域科学研讨会、两岸区域科学研讨会等在内的若干重要学术会议,创办了中国区域科学和区域经济学领域的枢纽杂志《中国区域经济》,形成了包括杨开忠教授、薛领副教授、孙铁山副教授、冯等田博士和本人在内的长期致力于区域分析方法教学科研的教师队伍。在这样良好学术氛围的影响下和杨开忠教授的直接关心下,本人2003年在美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校访问进修时,开始了解和学习空间计量经济学的有关知识。当时,著名空间计量经济学家卢克·安索林教授正在伊利诺伊大学农业经济系教授相关课程,美国密歇根大学中国信息研究中心(China Data Center)的鲍曙明教授推荐我去听课,于是我开始关注和学习这个领域的知识。2004年,同样在杨开忠教授的推荐下,我在美国加州大学伯克利分校城市与区域发展研究所(IU-RD)做访问学者一年,其间有幸了解和参与了著名城市经济学家约翰·奎格利教授和著名城市与土地利用规划学家约翰·兰迪斯教授的研究课题,进一步学习如何在城市经济研究和城市增长模拟研究中运用空间计量经济学方法。随后,在本人主持完成的国家自然科学基金项目“2008年奥运会的城市增长效应与控制:一个集合性时空动态建模方法”(项目编号:60304008)和杨开忠教授主持完成的国家自然科学基金重点项目“我国区域城镇化管理的系统研究”(项目编号:70433002)、“区域复杂空间格局演化规律的研究”(项目编号:49971027)等课题中,我和北京大学的同事们尝试用空间计量经济学理论与方法研究解决中国的城市与区域分析、模拟与规划问题,积累了相当的数据基础和研究经验,也萌发了编写空间计量经济学教材和专著的念头。2008—2009

年,冯等田博士在北京大学应用经济学博士后流动站从事研究期间,我们开始着手编写工作。2009年,孙铁山博士从美国南加州大学毕业加入北京大学区域科学研究小组,着手开设空间计量经济学和地理信息系统课程。这样,在研究小组各位老师和同学的帮助下,我和冯等田博士、孙铁山博士一起,经过将近三年的努力,最终完成了这本著作。

本书共分为六章。第一章绪论,主要介绍了空间计量经济学学科体系,包括定义、特点、发展脉络、学科意义,以及其与相关学科的关系,同时为了方便读者快学快用空间计量经济学知识,还介绍了空间计量经济学研究的一般步骤,并以“空间依赖性与经济增长”为例说明空间计量经济学研究与传统计量研究的异同。第二章空间计量经济基础,力图对空间计量经济学研究最为重要的四大“要件”,即“空间异质和空间依赖”、“空间数据及其探索性分析”、“空间权重和空间滞后”以及“专门化空间计量经济软件”进行详细介绍,以期为读者学习和掌握空间经济计量模型及其估计、检验和应用奠定基础。第三章空间自回归和空间误差模型,是全书的核心内容,先介绍了空间线性回归模型的通用形式,然后对作为其特例的两类模型——假定误差项相互独立情形下的空间自回归模型和假定误差项具有空间依赖的空间误差模型——进行阐述,最后介绍了同时具有空间滞后条件和空间相关误差结构的广义空间模型。第四章空间回归模型的推广,主要介绍贝叶斯回归模型、贝叶斯 FAR(一阶空间自回归)模型、向量自回归和误差修正模型、地理加权回归模型等几种扩展的空间回归模型。第五章回归分析中的空间滤波法,阐述解决空间自相关性的“空间滤波”方法,特别是能够兼顾时间维度和截面维度的空间过滤动态合成数据模型。第六章空间计量经济学应用研究案例,以作者所作的几个代表性的实证研究为基础,介绍空间计量经济学在区域经济溢出效应、空间溢出与经济增长趋同、中国地区经济竞争与合作、地区财政支出的空间外部效应等四个方面的应用。值得注意的是,对于每一类模型,我们都试图介绍其提出的背景、对空间相关性和异质性处理的思路或策略、模型估计和检验的方法,以使读者对这些模型的经济学含义有更多的理解。

在本书即将出版之际,我们要衷心地感谢中国区域科学的创始人、北京大学区域科学学科带头人、我国著名区域科学家和公共规划学家杨开忠教授,杨教授的引领、鞭策和支持是这本书能够完成的最重要的动力。我们也要感谢北京大学政府管理学院城市与区域管理系的李麦青、赵益民、李洋、倪龙军、周楚以及中国地质大学的周海燕等几位同学,他们直接参与了部分资料的翻译、整理和绘图工作。感谢北京大学中国

区域经济研究中心城市模拟与政策分析实验室的张进洁、刘宇香、张伟、劳昕、郭秀丽、范晓、宋琬如、张丽敏以及曾经在实验室工作过的朱彦、李熙、石长民、王玮、张恒等在城市与区域经济数据库、地理信息系统方面的工作。感谢北京大学区域科学研究小组各位老师的帮助和支持,李国平教授、陆军副教授、薛领副教授、张波副教授以及刚刚调离的刘明兴副教授在长期的工作中给了我们极大的帮助。感谢中国区域科学协会的张健,《中国区域经济》杂志编辑部的王树通、胡甜,以及北京大学首都发展研究院的万鹏飞、周辉、蔡满堂、程宏、刘毅、李雯等老师的帮助。感谢北京大学政府管理学院各位老师给予的关心与支持。尤其重要的是,感谢北京大学出版社杨立范副总编辑、张迎新编辑和郝小楠编辑的辛勤工作,没有他们的鼓励和支持,本书是难以如期出版的。

最后,值得说明的是,囿于知识水平和时间的不足,作者对于空间计量经济学理论、模型、方法与应用的把握和理解仍然非常有限,因此,本书难免存在着很多错误和遗漏之处,恳请读者给予批评指正。所幸从2010年开始北京大学政府管理学院已经开设了“空间计量经济学”课程,本书作为其指定教科书将在教学科研过程中不断得到检查和修正。我们相信,随着中国区域经济的快速发展,空间经济数据设施的不断完善以及区域科学实证研究需求的不断增加,将会有越来越多的大学开设“空间计量经济学”及相关课程。我们希望,本书能够在这些课程中作为备选的教科书或教学参考书。我们更希望,在教学过程中能够得到师生们的反馈,以鞭策我们不断地进行修改和完善,共同促进空间计量经济学在我国的发展。

沈体雁

2010年5月1日

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
1.1 空间计量经济学学科体系 .....	(3)
1.2 空间计量经济学研究步骤和应用前沿 .....	(14)
<b>第二章 空间计量经济基础</b> .....	(25)
2.1 空间异质和空间依赖 .....	(27)
2.2 空间数据及其探索性分析 .....	(36)
2.3 空间权重和空间滞后 .....	(45)
2.4 专门化空间经济计量软件 .....	(59)
<b>第三章 空间自回归和空间误差模型</b> .....	(65)
3.1 空间线性回归模型的通用形式 .....	(67)
3.2 空间自回归模型 .....	(68)
3.3 空间误差模型 .....	(74)
3.4 广义空间模型 .....	(77)
<b>第四章 空间回归模型的推广</b> .....	(79)
4.1 贝叶斯回归模型 .....	(82)



4.2	贝叶斯 FAR 模型 .....	(85)
4.3	向量自回归和误差修正模型 .....	(88)
4.4	地理加权回归模型 .....	(91)
<b>第五章</b>	<b>回归分析中的空间滤波法 .....</b>	<b>(93)</b>
5.1	空间滤波 .....	(95)
5.2	空间过滤动态合成数据模型的建立 .....	(96)
<b>第六章</b>	<b>空间计量经济学应用研究案例 .....</b>	<b>(107)</b>
6.1	区域经济溢出效应 .....	(109)
6.2	空间溢出与经济增长趋同 .....	(117)
6.3	中国地区经济竞争与合作:基于 GDP 份额演变及其 影响因素分析 .....	(130)
6.4	地区财政支出的空间外部效应 .....	(137)
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(147)</b>

# 第一章 绪 论



简单地说,空间计量经济学(spatial econometrics)就是空间经济的计量。自从 20 世纪 70 年代一些欧洲学者开始进行空间计量经济研究以来,空间计量经济学已经成为空间经济学及其相关学科的重要学科基础,成为经济学学科的一个新兴分支。本章将主要讨论空间计量经济学的发展(模型驱动和数据驱动)及其与相关学科(包括空间统计学和计算经济学等)的关系,空间计量经济学的学科体系、基本概念(空间异质、空间关联与空间经济计量)以及空间计量经济的作用。

## 1.1 空间计量经济学学科体系

空间计量经济学是以空间经济理论和地理空间数据为基础,以建立、检验和运用经济计量模型为核心,运用数学、统计学方法与计算机技术对经济活动的空间相互作用(空间自相关)和空间结构(空间不均匀性)问题进行定量分析,研究空间经济活动或经济关系数量规律的一门经济学学科。

### 1.1.1 空间计量经济学的缘起与发展

#### 一、空间数据不断丰富驱动空间计量经济发展

20 世纪 60 年代以来,随着地理信息系统和遥感等技术的飞速发展,空间数据量极大地丰富,且以指数方式不断增长,这使得传统计量经济学面临空间数据丰富而计量分析不足的尴尬局面,迫切需要科学、精确地分析这些数据,计量经济学的热点由时间序列数据转向空间数据。而空间计量经济学就是空间数据分析的重要理论与方法之一。

## 二、空间数据计量和知识发现推动空间经济认识深化

空间数据具有不同于一般数据的特质,即数据的空间关联性、空间和时间上的多尺度性、数据表达的不确定性等,这使得基于空间数据的计量和知识发现需要空间计量经济理论的支撑。空间数据的计量和知识发现作为计量经济学的一个新的研究分支,是指从空间数据中提取隐含的空间和非空间模式及具有普遍特征的知识的过程。

## 三、研究领域的确立

Paelinck 和 Klaassen(1979)定义了空间计量经济学的研究领域,包括在空间模型中对空间相互依赖的设定、空间关系不对称性、空间解释变量的重要性;过去的和将来的相互作用之间的区别、空间模拟等。Cliff 和 Ord(1973,1981)为空间自回归模型作了开拓性的工作,发展出许多模型、参数估计和检验技术,使得在经济计量学建模中综合空间因素变得更加有效。Anselin 为空间经济计量学的发展作出了巨大贡献。他在 1988 年完成了《空间计量经济学:方法和模型》这本经典著作,对空间经济计量学进行了系统的研究,并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 所说的区域科学模型,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(即截面的或时空的)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。

## 四、模型驱动和数据驱动

长期以来,对区位和空间相互作用问题的研究主要有模型驱动(model-driven)和数据驱动(data-driven)两条相互交织的技术路线。

从模型驱动路线看,理论经济学的兴趣越来越从决策主体相互独立的理论模型转向能够明确解释系统中不同主体(参数或效用)相互作用的模型。这些

新的理论框架在设定和研究主体间直接的相互作用(用社会学术语说,就是邻近效应、模仿效应或其他看齐效应)时,引发了一个有趣的问题,即个体的相互作用如何导致集体行为和总体模式。在 Aoki(1994,1996)的新宏观经济学、社会交互作用的理论模型(Brock 和 Durlauf,1995;Akerlof,1997)、相互依赖的参数选择(Alessie 和 Kapteyn,1991)、贸易结构演化模型(Ioannides,1990,1997)、邻近溢出效应(Durlauf,1994;Borjas,1995;Glaeser、Sacerdote 和 Scheinkman,1996)、尺度竞争(Besley 和 Case,1995;Bivand 和 Szymanski,1997)等领域中,这些理论模型都有发展,并和研究粒子系统相互作用和随机场模型的统计力学原理(统计力学后来形成了空间统计学中马尔可夫场模型的基础)一起,支撑了研究主体间重要相互作用的实证模型,如 Case、Rosen 和 Hines(1993);Murdoch、Sandler 和 Sargent(1997);Brueckner(1998)。相关文献重新研究了与新经济地理学有关的马歇尔外部性、集聚经济及其他溢出效应等空间特征,并进一步发展了相互作用模型(阿瑟,1989;Krugman,1991,1998;Glaeser 等,1992)。

另一条路线是随着空间数据及其处理技术的驱动而开展实证研究。地理信息技术的推广和相关的地理编码社会经济数据(如包含被观察单元位置信息的数据)推动了处理地理数据独特特征(主要是空间自相关特征)的专门技术的发展(Anselin,1989)。这种专门技术是由于认识到地理(横截面)数据的空间自相关性以及标准计量经济学难以处理空间自相关而得以快速发展的。目前,在应用经济学研究和公共政策分析领域,特别是在房地产经济学(Anselin,1998;Can,1998)、资源与环境经济学(Bockstael,1996;Geoghegan、Wainger 和 Bockstael,1997)以及发展经济学(Nelson 和 Gray,1997)研究中,常常采用地理信息系统进行空间数据分析和空间经济建模。

### 1.1.2 空间计量经济学与相关学科的关系

空间计量经济学是利用经济理论、数学、空间统计推断等工具对空间经济

现象进行分析的一门社会科学,是空间经济理论、空间统计学与数学三者的有机结合,与这些学科既互有交叉和关联,又各有侧重。但正如弗里希在《计量经济学》的创刊词中说道:“用数学方法探讨经济学可以从好几个方面着手,但任何一方面都不能与计量经济学混为一谈。计量经济学与经济统计学绝非一码事;它也不同于我们所说的一般经济理论,尽管经济理论大部分都具有一定的数量特征;计量经济学也不应被视为数学应用于经济学的同义语。”一般认为,与空间计量经济学具有密切关系的学科主要有空间统计学(spatial statistics)、计算经济学(computational economics)和地理信息系统(GIS)。

空间统计学起源于20世纪50年代早期,用于对地理空间中的地理对象进行统计分析,进而描述、解释、预测地理现象的状态、过程及其发展方向。最早的空间统计工作是采矿工程师D. G. Krige和统计学家H. S. Sichel在南非进行的,用以帮助采矿业进行矿藏量的计算。随着计算机的普及以及运算速度的大幅提高,空间统计学已经普遍应用于需要处理存在与空间相关的数据的科技领域中。空间计量经济学与空间统计学难以区分。Haining认为,空间统计学的研究大多由数据驱动,而空间计量经济学主要由模型驱动,即从区域经济学理论出发,主要研究与区域及城市经济有关的模型,重点放在问题的估计、解释和检验。而空间统计学较少直接研究区域科学中的具体问题。

计算经济学起源于20世纪90年代中后期,是关于求解标准经济模型计算方法的科学,主要用于在计算机模拟实验环境中建立的由大量独立个体(agent)构成的演化系统模型。与空间经济系统中不同区域之间相互影响的过程类似,基于Agent的计算经济学(ACE)模拟系统中所有Agent相互竞争、相互影响、共同演化,形成一个复杂的动态演化系统。由此可以看出,基于Agent的计算经济学在逻辑推理方式上与空间计量经济学的差异:ACE模型是由大量独立个体自下而上构成的,属于归纳推理的范畴,研究结论的获得依赖于大量的模拟实验。而空间计量经济学的研究方法是通过设定一系列前提假设,建立描述空间经济现象的数学模型,再针对这些模型求解最优路径问题以得到系统的均衡条件等特征,最后再通过实证检验得出结论。从逻辑基础的角度来说,

这种研究方法属于自上而下的演绎推理的范畴。

GIS是20世纪70年代后期发展起来的,对地理数据进行采集、输入、存贮、更新、检索、管理及综合分析与输出的计算机应用技术。它是以计算机为工具,综合应用定位观测数据、统计调查数据、地图数据、遥感数据等,通过一系列空间操作与分析,对地理学进行综合研究的现代化手段。一方面,空间经济计量不仅需要大量地理数据构成的数据库的支持,还需要强有力的计算方法与计算机程序的支持,而且由模型系统运行所得到的研究结论也需要以简明扼要的形式——地图、统计图形或表格方式被输出。显然,对于模型的这些支持,必须由GIS技术才能完成。另一方面,空间经济计量只有很好地与GIS技术相结合,才能不断地提高其应用层次与水平,不断地拓宽其应用领域,充分发挥其在区域经济和新经济地理研究中的作用。

由此可见,作为研究区域经济问题的理论与方法,空间计量经济学以空间统计学和地理信息系统等学科为基础,以探索建立空间经济理论模型为主要任务,通过空间经济计量所建立的理论模型为计算经济学进行模拟实验和理论推演提供了前提。空间统计学、空间计量经济学、计算经济学都是数学化时代采用地理信息系统手段探索空间经济规律的重要理论与方法。

### 1.1.3 理论空间计量经济学和应用空间计量经济学

与计量经济学包括理论计量经济学和应用计量经济学一样,空间计量经济学也包括理论空间计量经济学和应用空间计量经济学。

理论空间计量经济学主要研究空间权重的设定及如何运用、改造和发展数理统计的方法,使之成为测定空间随机经济关系的特殊方法,包括各类空间回



归模型——特别是横截面数据(地理数据)和面板数据<sup>①</sup>(时空数据)回归模型(Paelinck 和 Klaassen, 1979; Anselin, 1988)——的设定、估计和检验方法。相关模型研究有相邻溢出效应模型,均值域相互作用宏观模型,以及报酬递增、路径依赖和不完全竞争等新经济地理模型。

应用空间计量经济学是在一定的空间经济理论的指导下,以反映事实的空间数据为依据,用经济计量方法研究空间经济数学模型的实用化或探索实证空间经济规律,其具体研究内容包括方法应用及软件平台开发。

最近二三十年随着 Anselin、Brueckner、Kelejian、Haining、Case 等人的不懈努力,以及计算技术、计算机模拟技术的发展,特别是随着地理信息系统和空间数据分析软件的发展,经济计量研究的重心正逐步从时间序列分析转向空间特性分析,空间计量经济学无论是在理论方法还是在应用方面都取得了突飞猛进的发展,特别是截面数据和面板数据(panel data)回归模型中复杂的空间相互作用与空间依存性结构分析日趋成熟(Anselin, 1988)。空间计量经济学的应用领域日趋广泛:一方面在一些专门化的领域中出现了一些明确结合了空间因素的模型以及相应的空间计量经济学应用,如区域科学、城市和房地产经济学、经济地理;另一方面在更多的经济学传统领域的各种经验调查研究中,也越来越多地采用空间计量经济学方法,如需求分析研究、国际经济学、劳动经济学、公共经济学和地方财政、农业和环境经济学等研究领域。此外,在一些涉及计量经济学方法的文献中,对如何处理与结合数据的“地理”属性的模型相适合的备择模型、估计量和检验统计进行了越来越多的讨论。

---

<sup>①</sup> 综合时间、空间的模型在经典的计量经济学模型中,是综合截面和时间序列数据的情形。如果数据不存在空间相关,则可以采用面板数据模型。Anselin(1988)将似不相关(SUR)模型扩展到空间的情形,提出空间 SUR 模型。