

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

经济科学译丛

空间计量经济学入门

在R中的应用

朱塞佩·阿尔比亚 (Giuseppe Arbia) 著

A Primer for Spatial Econometrics
With Applications in R



 中国人民大学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

经济科学译丛

空间计量经济学入门

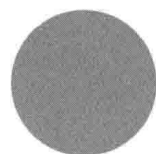
在R中的应用

朱塞佩·阿尔比亚 (Giuseppe Arbia) 著

肖光恩 吴炬辉 刘锦学 译

肖光恩 总校译

A Primer for Spatial Econometrics
With Applications in R



中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

空间计量经济学入门：在 R 中的应用/() 朱塞佩·阿尔比亚著. 肖光恩, 吴炬辉, 刘锦学译. —北京：中国人民大学出版社, 2018. 5

(经济科学译丛)

ISBN 978-7-300-25458-6

I. ①空… II. ①朱… ②肖… ③吴… ④刘… III. ①区位经济学-计量经济学-研究
IV. ①F224. 0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 018566 号

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

经济科学译丛

空间计量经济学入门

在 R 中的应用

朱塞佩·阿尔比亚 著

肖光恩 吴炬辉 刘锦学 译

肖光恩 总校译

Kongjian Jiliang Jingjixue Rumen

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511770 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

规 格 185 mm×260 mm 16 开本

版 次 2018 年 5 月第 1 版

印 张 15 插页 2

印 次 2018 年 5 月第 1 次印刷

字 数 204 000

定 价 45.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

《经济科学译丛》

编辑委员会

学术顾问

高鸿业 王传纶 胡代光 范家骧 朱绍文 吴易风

主 编

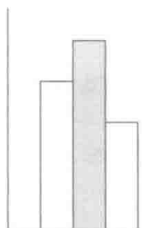
陈岱孙

副主编

梁 晶 海 闻

编 委 (按姓氏笔画排序)

王一江 王利民 王逸舟 贝多广 平新乔 白重恩
刘 伟 朱 玲 许成钢 张宇燕 张维迎 李 扬
李晓西 李稻葵 杨小凯 汪丁丁 易 纲 林毅夫
金 碚 姚开建 徐 宽 钱颖一 高培勇 梁小民
盛 洪 樊 纲



《经济科学译丛》总序

中国是一个文明古国，有着几千年的辉煌历史。近百年来，中国由盛而衰，一度成为世界上最贫穷、落后的国家之一。1949年中国共产党领导的革命，把中国从饥饿、贫困、被欺侮、被奴役的境地中解放出来。1978年以来的改革开放，使中国真正走上了通向繁荣富强的道路。

中国改革开放的目标是建立一个有效的社会主义市场经济体制，加速发展经济，提高人民生活水平。但是，要完成这一历史使命绝非易事，我们不仅需要从自己的实践中总结教训，也要从别人的实践中获取经验，还要用理论来指导我们的改革。市场经济虽然对中国来说是全新的，但市场经济的运行在发达国家已有几百年的历史，市场经济的理论亦在不断发展完善，并形成了一个现代经济学理论体系。虽然许多经济学名著出自西方学者之手，研究的是西方国家的经济问题，但他们归纳出来的许多经济学理论反映的是人类社会的普遍行为，这些理论是全人类的共同财富。要想迅速稳定地改革和发展我国的经

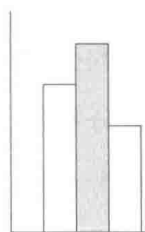
济，我们必须学习和借鉴世界各国包括西方国家在内的先进经济学的理论与知识。

本着这一目的，我们组织翻译了这套经济学教科书系列。这套译丛的特点是：第一，全面系统。除了经济学、宏观经济学、微观经济学等基本原理之外，这套译丛还包括产业组织理论、国际经济学、发展经济学、货币金融学、公共财政、劳动经济学、计量经济学等重要领域。第二，简明通俗。与经济学的经典名著不同，这套译丛都是国外大学通用的经济学教科书，大部分都已发行了几版或十几版。作者尽可能地用简明通俗的语言来阐述深奥的经济学原理，并附有案例与习题，对于初学者来说，更容易理解与掌握。

经济学是一门社会科学，许多基本原理的应用受不同的社会、政治或经济体制的影响，许多经济学理论是建立在一定的假设条件上的，假设条件不同，结论也就不一定成立。因此，正确理解和掌握经济分析的方法而不是生搬硬套某些不同条件下产生的结论，才是我们学习当代经济学的正确方法。

本套译丛于 1995 年春由中国人民大学出版社发起筹备并成立了由许多经济学专家学者组成的编辑委员会。中国留美经济学会的许多学者参与了原著的推荐工作。中国人民大学出版社向所有原著的出版社购买了翻译版权。北京大学、中国人民大学、复旦大学以及中国社会科学院的许多专家教授参与了翻译工作。前任策划编辑梁晶女士为本套译丛的出版作出了重要贡献，在此表示衷心的感谢。在中国经济体制转轨的历史时期，我们把这套译丛献给读者，希望为中国经济的深入改革与发展作出贡献。

《经济科学译丛》编辑委员会



译者序

全面简洁地介绍空间计量经济学基础知识一直是我在学习和研究空间计量分析方法时的一个基本愿望，因为目前有关空间计量经济学分析的大多数著作都写得十分难懂，有的著作侧重于空间计量分析的数学推导过程，有的著作侧重于对空间估计参数的设定及其解读。著名的意大利空间计量分析专家朱塞佩·阿尔比亚所写的《空间计量经济学入门》一书满足了我的愿望，它用简明、精确的语言向大家介绍了空间线性回归模型的演变脉络和基本的估计方法，同时还介绍了当前空间计量经济学拓展的一些重要领域和议题，并辅以 R 软件，使空间计量分析模型的应用有了很好的实现平台，把空间计量分析与软件实现完美地结合在一起。2016 年，当我在美国路易斯安那州立大学做访问学者并跟随导师 R. 凯利·佩斯 (R. Kelley Pace) 教授学习空间计量经济学时，他向我推荐了这本书。自此，我便开始着手本书的相关翻译事宜。

随着空间区位在经济分析和经济决策中作用的提升，各类研究人

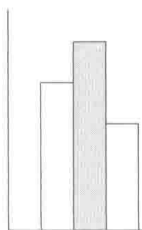
员对空间计量分析方法的需求逐渐增加。本书的出版为大家提供了一个学习空间计量分析方法的实用指南，它介绍了空间计量经济学建模的基本类型及估计方法，讨论了空间计量分析面临的一些重要问题和解决方案，并使读者能够正确地诠释空间计量经验分析结果，同时提供了一些学习空间计量分析方法和进一步研究的参考指引。通过学习本书，读者不仅能领会空间计量分析中基本模型的精髓，更能欣赏到R软件应用实例中的一些独到见解，还能认识到R软件成为该领域模型构建者首选软件的重要原因。因此，本书是学习空间计量分析基本方法的“解剖图”和“实践踏板”。

本书也是我带领的研究生团队计划翻译和编写的系列空间计量分析教材中的第五本。本书的翻译分工如下：吴炬辉、肖光恩，第1章和第2章；肖光恩、刘锦学，第3章和第4章；肖光恩、张璐，第5章和第6章；张璐还翻译了本书的核心术语与概念、课后练习及参考答案。本书的出版得到了武汉大学自主科研项目（人文社会科学）“中央高校基本科研业务专项基金”和武汉大学首批来华留学英语授课品牌课程《国际商务》项目资金的资助。本书的出版也得到了中国人民大学出版社王晗霞编辑的大力支持，她细致的校对和周到高效的安排，使本书能很快与读者见面。

由于笔者的水平有限，因而书中的错误与疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，以便再版时修正。

肖光恩

于美国路易斯安那州立大学奥尔斯商学院



序

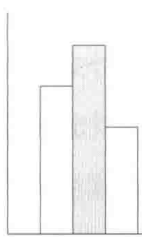
在与朱塞佩·阿尔比亚 (Giuseppe Arbia) 合作完成这本专著期间，显然我能从对空间计量经济学的研究中享受到快乐。在这个快速发展的领域中，有太多的内容需要学习。该启蒙读本介绍了这个领域的核心内容——空间自回归和空间自相关线性回归模型。随后，我们对异方差线性模型和面板数据进行了扩展，并取得了进展。近期，空间计量经济学已经把模型拓展到了许多非线性的情况，包括二元多项式选择模型、随机边界模型、样本选择模型、计数数据模型和排序选择模型。该启蒙读本借助于一个空间二元选择模型的示例，提供了一个了解该领域的“敲门砖”。读者可以领略到各种真实数据在 R 软件中的实际应用，R 软件已成为该领域建模的首选软件。

空间计量经济学在许多社会科学中发展迅速。读者将发现该启蒙读本会成为自己日后学习与研究的一个亲切而有益的跳板，就像我一样。

威廉·格林

斯特恩商学院

纽约，2013年8月



前言与致谢

空间计量经济学是一个迅速拓展的主题，并且在许多不同的科学领域得到了应用，想要列举所有应用空间计量经济学的科目是不可能的。近年来，我们确实发现了一些应用空间计量经济学的领域，比如区域经济学、犯罪学、财政学、产业组织学、政治学、心理学、农业经济学、健康经济学、人口统计学、传染病学、管理经济学、城市规划学、教育、土地规划学、社会科学、发展经济学、技术扩散、环境研究、历史学、劳动学、资源与能源经济学、交通学、食品安全、房地产、市场营销和许多其他的领域。

考虑到人们对空间计量经济学的广泛兴趣，本书通过向各种研究人员介绍基本的空间计量经济学方法，用以满足他们不断增长的需求。本书经过特别设计，可作为那些希望得到这个主题概略介绍的应用研究者的参考。在这种情况下，本书并不打算成为这个学科的一本综合教材，而是更在意细节的最简化，用以提供一个实践性的引导，阐明空间计量经济学建模的可能性，并讨论遇到的问题和答案，从而

让读者正确地推导出经验性的结果并使用这种方法解决问题。

下面几点是本书与其他现有的空间计量经济学书籍的区别。第一，本书是独立的，除了基本的统计推断应用知识外，本书并不需要任何背景知识。第一章是本书用到的所有基本标准计量经济学结论的总述；就这一章而言，熟知标准计量经济学知识的读者可以略过。我们对于各个主题的处理是严谨的，但我们将浅显的公式证明缩减到了最少。本书提供了针对每个主题最简化的必要基础和直觉知识，读者可以参考其他教材和文献进行深入讨论。此外，本书还把案例、问题设置以及实践练习进行了结合。在某种程度上，读者可以把这本书看作一个计量经济学教材的拓展章节。显然，本书以弥合标准计量经济学教材——仍然大大忽略了空间计量经济学的这个主题——与更加综合和专业的教材之间的差距为目标。尽管本书是应用导向的，但我仍然仔细提供了合理的方法论上的发展，并使用了这个主题所覆盖领域中被广泛接受的概念。因此，读者可以发现，本书为高级空间计量经济学的学习提供了很好的准备工作。

第二，本书仅与现有相关教材存在部分重叠。虽然本书并不包含所有空间计量经济学课题的综合性处理，但它包含一些其他课本没有讨论的最新发展。例如，对传统极大似然方法中各种估计方法的替代、对异质性处理方法的创新以及空间离散选择模型和非平稳模型。此外，虽然本书的篇幅不大，但它依然处理了共时横截面空间模型，第4.3节包含空间面板数据的处理，这是空间计量经济学中一个快速发展的领域。

第三，研究这个领域的研究者很快就会发现，当用到非常大的数据集以至观测的样本容量成千上万时，本书中的大多数步骤说明都会遇到一些计算上的制约。对于没有接触过大量计算的非专业领域的学者来说，在从事空间分析时，计算问题确实能成为一个阻碍。计算问题甚至在可以使用强大的计算机时也会成为阻碍，在实时决策必须

以计量分析为基础做出的所有情况下，比如流行病学、环境监测或者基于医学影像的计算机辅助手术。为了克服这些限制，本书同样用一个完整的章节来讨论一系列的替代估计方法，这些方法能帮助你显著减少计算时间和对计算机内存的要求。

第四，本书将免费统计软件“R”中的程序介绍给读者。尽管在计量软件产品中空间计量方法依然不完整（比如 Eviews、Gauss、Gretl、Limdep、Microfit、Minitab、RATS、SAS、SPSS、TSP 和许多其他的软件），但本书给出了当前处理这些问题的软件包（比如 STATA、Matlab）以及专门处理空间计量的软件（比如 GeoDa）。在本书中，我们决定使用 R 语言解决问题主要有以下三点原因：①R 语言的软件包可以免费获得，本书的读者能马上利用手边的数据复制这个方法。②R 语言十分直观，并且容易入门。③因为空间计量经济学是一个快速拓展的话题，当新的程序在文献中被引入时，R 语言能保证几乎实时的更新。

本书能作为空间计量经济学的入门课程教材，假定读者先前的计量经济学知识达到了格林（Greene）第 7 版教材 [见 W. Greene, *Econometric Analysis* (2011)] 的水平。特别地，第一章到第三章可作为 2~3 天课程（10~12 课时）的教材。第四章（3~4 小时）和第五章可作为额外课程的补充材料。对于第四章，授课者可以选择在一整天上完一整章或者只花 3~4 小时上一部分。每一章最后包含的案例、问题和练习都可以与一系列计算机实验室课程相结合。

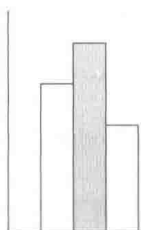
为广大应用研究者写一本介绍性的、易上手的课本的想法源于十年前的一次机遇，那时我有幸在不同的大学和机构教授空间计量经济学课程，包括米兰、巴塞罗那、福塔雷萨、萨尔瓦多以及 2008 年在罗马开办的暑期学校“空间计量经济学高级学院”。

本书的第一个版本写于 2011 年春季学期我对纽约大学斯特恩商学院经济学系进行访问的时候。我很感谢比尔·格林（Bill Greene）

在那个时候以及随后两年的春季（当时我正在研究空间计量经济学）邀请我。在巴黎第二大学担任客座教授时，我完成了终稿。我特别感谢阿兰·皮罗特（Alain Pirotte），他热情地接待了我，并提供了舒适的环境让我完成工作。2011年年底，我在圣心天主教大学罗马校区完成了其余的部分。第4.3节由意大利的里雅斯特忠利保险公司的乔瓦尼·米罗（Giovanni Millo）撰写，我感谢他对本书所做的准备和付出以及与我一起工作时的耐心。我同样感谢美国威廉斯堡威廉玛丽学院的卡丽·多兰（Carrie Dolan）对初稿的仔细校对。当然，我要对所有的剩余错误负全责。卡丽在提供和编辑文本及示例中使用的一些地图方面所做的贡献也是非常宝贵的。同时要感谢墨西哥蒙特雷科技大学的米格尔·弗洛雷斯（Miguel Flores），他提供了第五章案例中使用的数据和地图，感谢迭戈·朱利亚尼（Diego Giuliani）、弗朗西斯卡·彼得拉尔卡（Francesca Petrarca）和米里亚姆·塔巴索（Myriam Tabasso）关于R程序的快速线上援助和建议。乔瓦尼、卡丽、米格尔、迭戈、弗朗西斯卡和米里亚姆都是前文提到的“空间计量经济学高级学院”之前的参与者，对于过去六年进入这个学校学习的学生（超过200人！），我同样想表达我的感激之情，因为他们在课堂上的积极参与是我写这本书最大的动力。

本书献给我的家庭。如果回顾我为此前的图书所写的前言，我要对葆拉（Paola）以及我的三个孩子表示感谢，感谢他们的陪伴、耐心、帮助和鼓励。从我出版第一本书起，已经过去了25年，最近的一本书出版于7年前。孩子们都长大了，许多事也发生了变化，但我的家庭依然陪伴着我，在这多雨阴沉的冬日里，当我坐在计算机前写本书最后的话语时，我对他们依旧心存感激。

罗马，大斋首日，2014年



目 录

第一章	经典线性回归模型	1
1.1	基本线性回归模型	1
1.2	非球面扰动项	10
1.3	内生性	15
1.4	R 代码：执行回归	19
	核心术语与概念	21
	问 题	22
	练 习	22
	本章参考文献	24
第二章	一些重要的空间定义	26
2.1	空间权重矩阵 W 和空间滞后的定义	26
2.2	在没有明确备择假设的情况下检验 OLS 残差的空间 自相关性	33

2.3 R 代码	38
核心术语与概念	46
问 题	46
练 习	47
本章参考文献	49
第三章 空间线性回归模型	51
3.1 概 论	51
3.2 纯空间自回归	52
3.3 带有非随机空间滞后回归量的经典模型	54
3.4 空间误差模型 (SEM)	55
3.5 空间滞后模型	64
3.6 一般 SARAR (1, 1) 模型	72
3.7 在明确的备择假设下检验残差中的空间自相关	79
3.8 空间计量模型中的参数解释	83
3.9 R 代码: 线性空间模型的估计	86
核心术语与概念	88
问 题	88
练 习	89
本章参考文献	91
第四章 空间计量经济学的深入探究	94
4.1 异质性的残差	94
4.2 二元响应变量的空间模型	106
4.3 空间面板数据模型 (由 Giovanni Millo 撰写)	122
4.4 非静态空间计量模型	137
4.5 R 代码	144

	核心术语与概念	150
	问 题	151
	练 习	152
	本章参考文献	154
第五章	大数据下的替代模型	162
	5.1 引 言	162
	5.2 MESS 设定	164
	5.3 单边逼近法	172
	5.4 复合似然方法	182
	5.5 R 代码	188
	核心术语与概念	190
	问 题	191
	练 习	191
	本章参考文献	192
第六章	结论：未来的研究方向	197
	本章参考文献	199
	参考答案	203

1.1 基本线性回归模型

考虑下面的线性模型：

$${}_n y_1 = {}_n X_{kk} \beta_1 + {}_n \epsilon_1 \quad (1.1)$$

式中， ${}_n y_1 = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$ 是由被解释变量 y 的 n 个观测值组成的向量； ${}_n X_k =$

$\begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \cdots & X_{1k-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{n1} & \cdots & X_{nk-1} \end{bmatrix}$ 是包括一个常数项的由 $k-1$ 个非随机外生回归变量的 n

个观测值组成的矩阵； ${}_k \beta_1 = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$ 是由 k 个未知的待估参数组成的向量； ${}_n \epsilon_1 =$