

空间统计模型 在经济社会发展中的 应用研究

肖磊 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

本书出版获得多个项目资助：

国家社会科学基金一般项目（17BTJ007）

中南财经政法大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目（编号：2722020JCT031）

中南财经政法大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目（编号：2722020JX006）

空间统计模型 在经济社会发展中的 应用研究

肖磊 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

空间统计模型在经济社会发展中的应用研究/肖磊编著.—武汉:
武汉大学出版社,2020.12

ISBN 978-7-307-22013-3

I.空… II.肖… III.中国经济—经济发展—研究 IV.F124

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第251397号

责任编辑:朱凌云 责任校对:李孟潇 版式设计:马 佳

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮箱: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:17 字数:250千字 插页:1

版次:2020年12月第1版 2020年12月第1次印刷

ISBN 978-7-307-22013-3 定价:60.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

党的十九大指出，当前我国社会主要矛盾为：“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。”其中，区域发展不平衡表现得比较突出。我国东部地区经济发展、产业升级、绿色发展、科技创新、基础设施建设水平高于中西部地区。空间统计模型通过空间位置建立数据间的统计关系，从而对数据的空间关系进行描述与研究，在研究我国经济社会区域发展不平衡问题中获得了广泛应用。

本书共分为四个部分：第一部分是空间统计模型在服务业发展中的应用研究，由两篇文章构成，分别采用空间收敛模型与空间溢出模型对我国省域服务业发展进行了空间统计分析。第二部分是空间统计模型在绿色发展中的应用研究，由两篇文章构成，分别对我国省域和长江经济带工业水资源绿色效率进行了区域差异和空间演变分析。第三部分是空间统计模型在城市群发展中的应用研究，由三篇文章构成，分别对中国十大城市群基础设施、雾霾污染以及长三角城市群雾霾污染进行了空间差异和分布动态演进分析。第四部分是空间统计模型在区域创新发展中的应用研究，由一篇文章构成，主要对湖北科技进步贡献率进行了测算与空间分析。

我和我指导的硕士研究生及高年级本科生等同学共同参与了本书的编写工作。第一篇文章主要由鲍张蓬编写、第二篇文章主要由吴娟娟编写、第三篇文章主要由李云编写，第四篇文章主要由李云、谢亚菲编写，第五篇文章主要由梁佳欣编写，第六篇和第七篇文章主要由陆亚楠编写，第八篇文章主要由胡珏、谭艺、林宗海编写。我多次主持课题组会议讨论研究

提纲、修改初稿、核稿，并对本书做了最终修改和定稿。本书部分研究成果已被学术期刊收录，在最后的统稿过程中，孙成、姚璐、张志涛、贺喆、张林新、黄平对书稿进行了整理。借此机会，我向他们表示真诚感谢！

对本书的不足之处，敬请广大读者批评指正。

肖 磊

2020年10月

目 录

空间统计模型在服务业发展中的应用研究

- 第一篇 中国服务业发展指数测度与空间收敛性分析 3
第二篇 中国服务业发展的空间差异与溢出效应分析 42

空间统计模型在绿色发展中的应用研究

- 第三篇 中国工业水资源绿色效率的区域差异与空间收敛性分析 75
第四篇 长江经济带工业水资源效率的区域差异与分布动态演进 129

空间统计模型在城市群发展中的应用研究

- 第五篇 中国城市群基础设施水平的区域差异与分布动态演进 147
第六篇 中国城市群雾霾污染的区域差异与分布动态演进 175
第七篇 长江三角洲城市群雾霾污染的空间收敛性分析 201

空间统计模型在区域创新发展中的应用研究

- 第八篇 湖北科技进步贡献率测算与空间分析 223

- 参考文献 250

空间统计模型在服务业发展中的应用研究

第一篇 中国服务业发展指数测度 与空间收敛性分析

引 言

随着供给侧结构性改革的深入推进，服务业占国民经济的比重越来越高，已经成为我国经济增长的新引擎。但是，由于各省人口、资源禀赋、地理区位、发展基础等差异，我国服务业发展存在较大的不平衡性，突出表现为东部地区服务业发展水平明显高于中西部地区，同时相关实证研究表明，我国服务业发展具有较为明显的空间集聚特征(李华香和李善同，2014；段文斌等，2016；郝宏杰，2017)。因此，探讨缩小区域服务业发展差距的影响因素，促进地区服务业发展水平收敛，对于缩小我国东西部经济发展差距，实现经济均衡发展，具有较大的理论和现实意义。

要实现区域服务业收敛性分析，首先要对服务业发展水平进行综合测度和评价。当前常用的方法是构建评价指标体系，采用评价模型对服务业发展水平进行测算(李江帆，1994；邓泽霖等，2012；张少杰和林红，2016；洪国彬和游小玲，2017)。王钰等(2017)从宏观经济环境、服务业发展规模、产业结构、增长速度四个方面出发，采用因子分析方法构建了服务业发展评价指标体系，并对服务业发展水平进行了综合评价；吴传清等(2013)从服务业发展规模、影响力、发展质量三个方面出发，对全国各省份服务业发展水平进行了评价研究。在经济新常态的背景下，随着我国

服务业快速发展，服务业对经济发展的贡献越来越大，创新驱动也成为服务业发展的重要推动力量，刘丹鹭和魏守华(2013)基于对微观企业的实证研究，发现创新对服务业生产率提升具有正向促进作用。因此，在评价服务业发展水平时，服务业贡献和创新驱动应该有所考虑，但从现有文献看，这些指标涉及较少，难以对服务业发展水平进行准确度和评价。

关于服务业收敛问题的研究，Gouyette 等(1997)通过估算 13 个经济合作与发展组织(OECD)国家 1970—1987 年服务业生产率发现，尽管服务业增长率不高，但是服务业生产率水平趋同。Dall'erba 等(2009)测算了 OECD 国家服务业发展的收敛性，研究发现服务业初始水平较低的地区具有更高的增长率。我国对服务业收敛的实证研究并不多见，也缺乏对服务业收敛影响因素的深入分析。王许亮等(2018)对 1995—2009 年全球 40 个主要经济体服务业细分行业能源生产率的变化趋势与收敛性进行了分析，研究发现服务业能源生产率的增长率存在较大的地区和行业异质性。刘兴凯和张诚(2017)采用 1978—2007 年 28 个省份的面板数据，对我国服务业全要素生产率增长及收敛性进行了测算分析，研究发现服务业全要素生产率增长存在东中西部的区域性差异，并呈现出长期收敛的变化趋势。滕泽伟等(2017)采用 SBM 方向性距离函数和 GML 指数对 2004—2013 年中国服务业分行业碳排放率进行测算，并用 σ 收敛和 β 收敛模型进行收敛性分析。袁丹等(2015)从产业、时期和地区三个角度对 2004—2011 年我国生产性服务业全要素生产率的收敛性进行了分析，研究发现我国生产性服务业及其细分行业、东部与西部地区生产性服务业的全要素生产率会随着时间推移，趋同于各自的稳态水平。张涑贤等(2013)运用陕西省现代服务业产出标准差指标，衡量服务业区域差异水平，并进行了收敛性分析。综上所述，国内外学者常常采用某个单一指标来研究服务业收敛性，用综合指数的方法较少，这会影响到对服务业总体发展的测度和评价。另外，不少文献将研究区域视为相对独立的个体，即区域间不存在任何联系，区域间的资源不发生转移和交换。然而，现实中在产业政策、要素流动等多重因素影响下，空间距离不同的区域服务业发展情况也会出现差异，但是随着空

间效应的作用，这种差异会逐渐缩小，区域服务业发展存在较大的空间相关性和集聚性(Kolko, 2010; Jacobs 等, 2012)。因此，进行区域服务业发展收敛性的研究，还应充分考虑区域之间存在的空间效应问题(Sergio J. Rey 等, 2006)。

本篇主要的贡献在于：(1)引入了服务业发展指数这一综合指标进行收敛性分析，可以准确全面地度量区域服务业发展情况；(2)在传统收敛模型的基础上，加入了空间自回归(SAR)和空间误差(SEM)的分析方法，建立了包含两种空间效应的空间收敛模型，将空间因素对服务业收敛性的影响尽可能考虑在内；(3)通过空间计量模型实证研究了我国区域服务业发展在样本期内的收敛性情况，并且探究了促进服务业收敛的影响因素，对缩小区域服务业发展差异，实现经济均衡发展具有较大意义。

一、概念界定、模型与方法

1. 相关概念界定

最早提出服务业概念的是英国经济学家 Allen Fisher，他在 1935 年出版的《安全与进步的冲突》中将“第三产业”定义为旅游、娱乐、文化、艺术、教育、科学和政府活动等以提供非物质性产品为主的部门。Allen Fisher 认为第三产业满足人类除物质需要以外的更高级的需要，如生活中的便利、娱乐等各种精神上的需要。1957 年 Colin Clack 在《经济进步的条件》第三版中进一步修正和丰富了第三产业的内涵，他主张直接用“服务性产业”代替 Allen Fisher 第三产业的概念。1985 年，国务院正式批准了国家统计局《关于建立第三产业统计的报告》，开始启用“第三产业”这一词，并将第三产业的增加值纳入国民生产总值。随着全球经济的不断发展，第一产业、第二产业和第三产业不断融合，服务行业交叉叠加，服务业的外延拓宽，对于不同的国家和地区或者是不同的发展阶段，服务业的内容往往也会有相应的变化，服务业内涵的准确界定全世界也并没有一个统一的认

识。现阶段，我国用第三产业的统计体系来代表服务业统计体系，但随着产业的不断融合，目前在农业、工业和建筑业中的一些服务业并没有纳入第三产业的统计范畴，所以事实上服务业的范畴要大于第三产业的统计范畴。

目前对于服务业的分类方式主要有两种，其中一种是将服务业分为现代服务业和传统服务业。传统服务业就是为人们日常生活提供服务的各种行业，比如旅游业、餐饮业等，而现代服务业指在一个国家的产业结构中在传统服务业的基础上改造升级而形成的新型服务业体系，现代服务业在发展中呈现出“三新”态势^①，它的主要优点在于资源消耗少、环境污染小。另外一种是将服务业分为生活性服务业和生产性服务业，其中生产性服务业是指为进一步生产或消费的中间投入，比如中介、咨询等，而生活性服务业则是直接满足一国人民生活需求的各类服务行业，比如房地产、家政等。

随着全球经济的快速发展，各国的产业结构也出现了很大的调整，20世纪70年代之后，全世界范围内，大部分国家的第一产业和第二产业的产值在国民经济中所占的比重也逐年下降，与此同时，服务业产值占国民经济的比重日益增加，各国的产业结构逐年由“工业经济”^②向“服务经济”^③转移，伴随着服务业的崛起，其作为国民经济的重要组成部分，在提高就业、调整产业结构、转变经济增长方式等方面扮演着越来越重要的角色，已然成为衡量一个国家地区经济发展水平的主要依据。各国的服务业发展水平不仅代表本国市场经济的发达程度，同时也是一个国家或地区综合竞争力的体现。正是因为服务业对国民经济具有举足轻重的影响，如何提高服务业发展水平进而提高经济发展水平已经成为各国政府经济政策的重要目标之一。

我国服务业的发展起步较晚，但发展速度惊人，20世纪80年代以来，

① “三新”态势是指新技术、新业态、新方式。

② 工业经济，又叫资源经济，即经济发展主要取决于自然资源的占有和配置。

③ 服务经济人力资本基本生产要素形成的经济结构、增长方式和社会形态。

随着改革开放的不断推进，我国国民经济高速增长，服务业也随之迅猛发展，90年代，我国更加明确了建设社会主义市场经济体制的道路，另外随着2001年进入国际贸易组织，我国对外开放水平和经济发展的市场化不断提高，从而大大推进了服务业的发展，我国服务业的增加值从1980年的966亿元上升到2016年的384221亿元，每年平均增长率高达17.99%，服务业占国民生产总值的比重也由1980年的21.4%上升到2016年的51.6%，服务业占据国民生产总值的半壁江山。虽然我国服务业发展形势乐观，但是同发达国家相比，依然有着不小的差距，服务业增加值占国民生产总值的比重依然偏低，发达国家如美国的服务业增加值占国民生产总值的80.2%。另外还有一个不容忽视的问题就是我国服务业发展存在着严重的区域不平衡问题，东部沿海发达地区的服务业发展水平远远高于中西部地区，同样东部地区和西部地区内部也同样存在着发展的不平衡。

2. 服务业发展指标体系的构建与评价方法

(1) 服务业发展评价指标体系的构建

基于全面性、代表性、适用性的原则，从发展基础、经济贡献、成长能力三个维度构建服务业发展评价指标体系。

发展基础：反映服务业当前发展的总体状况。包括服务业增加值、服务业固定资产投资额、交通运输货运总量、常住人口、服务业劳动生产率五个指标。其中服务业劳动生产率用服务业增加值和服务业就业人员年平均人数的比值表示。某地区的服务业劳动生产率水平越高，表明该地区单位从业人员投入创造的服务业产出越大。

经济贡献：反映服务业对经济发展的贡献程度。包括服务业增加值占地区生产总值比重、服务业经济贡献率、服务业就业贡献率、服务业投资贡献率、研发支出占地区生产总值比重五个指标。其中服务业经济贡献率、服务业就业贡献率、服务业投资贡献率分别表示为服务业增加值增量与地区生产总值增量的比重、服务业就业人员增量与全社会就业人员增量的比重、服务业固定资产投资额增量与全社会固定资产投资额增量的

比重。

成长能力：反映服务业可持续发展能力。包括地区生产总值、规模以上工业增加值增速、城镇居民人均可支配收入、社会消费品零售总额、金融机构本外币存款余额、城镇化率六个指标。服务业发展评价指标体系如表 1.1 所示：

表 1.1 服务业发展评价指标体系

一级指标	二级指标
发展基础	服务业增加值 服务业固定资产投资总额 交通运输货运总量 常住人口 服务业劳动生产率
经济贡献	服务业增加值占地区生产总值比重 服务业经济贡献率 服务业投资贡献率 服务业就业贡献率 研发支出占地区生产总值比重
成长能力	地区生产总值 规模以上工业增加值增速 城镇居民人均可支配收入 社会消费品零售总额 金融机构本外币存款余额 城镇化率

(2) 数据的无量纲化处理

由于指标之间的单位和数量级有很大差异，故难以直接进行比较和计算，为了保证结果的可靠性，需要对原始指标数据进行无量纲化处理，计算公式为：

$$\text{正向指标: } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\{X_j\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (1.1)$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \frac{\max\{X_j\} - X_{ij}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (1.2)$$

(3) 指标权重的计算

对于一级指标权重,采用层次分析法,确定了发展基础、经济贡献、成长能力三个维度的权重分别是 40%、30%、30%。

对于二级指标权重,采用熵权法计算。熵权法是使用熵理论对决策变量赋值的一种方法,其原理为假定每一个自变量都能为因变量提供可供解释的信息,那么信息量在总体中所占的分量大小就是这个变量的权重。具体计算方法如下:

首先,计算各地区第 i 年第 j 项指标值占所有地区之和的比重:

$$Y_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (1.3)$$

其次,计算指标信息熵:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij}) \quad (1.4)$$

再次,计算信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (1.5)$$

最后,计算指标权重,用指标 j 的信息熵冗余度与所有指标的信息熵冗余度的比值表示,得到指标 j 的权重:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j (j = 1, 2, \dots, n)} \quad (1.6)$$

分别对评价指标体系中每一个维度的二级指标重复以上步骤,即可得到第 k 个维度中第 j 个指标的权重 $W_{j,k} (j = 1, 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, 3)$ 。

(4) 指数的测算方法

采用“分-总”的计算方法,首先分别计算各个年份二级指标得分,再加权得到 3 个维度(发展基础、经济贡献、成长能力)得分,最后加权得到

服务业发展指数得分。即用二级指标的权重乘以对应指标的标准化得分，不同的年份重复此计算步骤，再加权得到各个维度得分 $S_{i,k}$ ， $S_{i,k} =$

$$\sum_{j=1}^n W_{ij,k} \times X'_{ij,k} (k=1, 2, 3), \quad n \text{ 表示各个维度中二级指标的数目。最后，}$$

将各维度得分加权平均，得到各省份的服务业发展指数得分，即 $F_i =$

$$\sum_{k=1}^3 W_k S_{i,k}。$$

3. 收敛模型

收敛模型最早用于测度收入差距的收敛或者差异性，之后其应用范围扩展到经济增长、创新效率等多个领域(马大来等, 2017)。 σ 收敛、 β 收敛是收敛性分析比较常用的方法， β 收敛包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛，加入空间效应后，可分为 β 收敛的空间自回归模型(SAR)和空间误差模型(SEM)。

(1) σ 收敛模型

σ 收敛是对收敛概念的直观理解，如果各省份服务业发展指数差距是减小的，那么就存在 σ 收敛，反之则不存在 σ 收敛，本篇用各省份对数化处理后的服务业发展指数标准差来反映其差距的变化趋势，具体公式为：

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\ln Y_{i,t} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln Y_{i,t} \right)^2} \quad (1.7)$$

上述公式中的 $\ln Y_{i,t}$ 表示第 i 个省份在第 t 年经过对数化处理后的服务业发展指数得分， σ_t 表示 n 个省份在第 t 年对数化后的服务业发展指数得分的标准差，当多个年份出现 $\sigma_{t-1} > \sigma_t$ 时，就意味着随着时间的推移，各省份服务业发展指数差距变小，即服务业发展指数存在 σ 收敛。

(2) β 收敛的空间自回归模型(SAR)

传统的绝对 β 收敛模型为 $\ln Y_{i,t+1} - \ln Y_{i,t} = \alpha I + \beta \ln Y_{i,t} + \varepsilon$ ，在考虑空间效应的影响后，建立绝对 β 收敛的空间自回归模型：

$$\ln Y_{i,t+1} - \ln Y_{i,t} = \alpha I + \beta \ln Y_{i,t} + \rho W(\ln Y_{i,t+1} - \ln Y_{i,t}) + \varepsilon \quad (1.8)$$

在绝对 β 收敛的空间自回归模型中， i 表示样本中包含的各个省份，