



科学方法大系

“十二五”国家重点图书出版规划项目

地理学思想与方法丛书

地理信息科学方法论

齐清文 姜莉莉 张岸 陈燕 彭晓 邹秀萍 等 著



科学出版社

 科学方法大系

“十二五”国家重点图书出版规划项目

地理学思想与方法丛书

地理信息科学方法论

齐清文 姜莉莉 张岸 陈燕 彭晓 邹秀萍 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书作为《地理学思想与方法》丛书专著系列中的一本,分地理信息思想和方法变革、地理信息本体论、地理信息的科学方法、地理信息的技术方法、地理信息科学方法和技术展望五个部分,深入研究和阐述了地理信息科学的方法论所涵盖的各个方面的内容;其核心部分是地理信息的六种科学方法(又分为19种子方法)、七种技术方法(又分为22种子方法),每种子方法都从定义和内涵、研究意义、原理、结构和过程、案例、优点和不足等几个方面层层深入地进行阐述。

本书可作为从事地理学、地图学、地理信息系统、遥感、全球定位系统等学科及其他相关领域的研究人员、高校学生的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息科学方法论 / 齐清文等著. —北京: 科学出版社, 2016

(地理学思想与方法丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-048449-9

I. ①地… II. ①齐… III. ①地理信息系统 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 119701 号

责任编辑: 李 敏 王 倩 / 责任校对: 钟 洋

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年6月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016年6月第一次印刷 印张: 34 3/4 插页: 2

字数: 700 000

定价: 218.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

科学技术部创新方法工作专项项目 (2007FY140800-4[2]) 资助

《地理学思想与方法》丛书编委会

主 编 蔡运龙

副 主 编 (按姓氏笔画排序)

王 铮	刘卫东	齐清文	许学工
李双成	周尚意	柴彦威	

编 委 (按姓氏笔画排序)

马 丽	王红亚	王远飞	叶 超
乐 群	刘 筱	刘云刚	刘志林
刘林山	刘鸿雁	汤茂林	李有利
李蕾蕾	吴 静	张 明	张百平
张振克	张晓平	张景秋	陈彦光
陈效述	赵昕奕	保继刚	姜莉莉
贺灿飞	夏海斌	徐建华	郭大力
唐志鹏	曹小曙	彭 晔	童 昕
蒙古军	阙维民	潘玉君	戴尔阜

《地理信息科学方法论》编写人员

齐清文	研究员	中国科学院地理科学与资源研究所
陈 燕	副教授	东华大学
彭 琥	副研究员	交通运输部交通科学研究院
邹秀萍	副研究员	中国科学院科技政策与管理研究所
徐 莉	副教授	山东泰山学院
姜莉莉	助理研究员	中国科学院地理科学与资源研究所
张 岸	助理研究员	中国科学院地理科学与资源研究所
程 锡	工程师	清华大学
郭瑛琦	硕士研究生	中国科学院地理科学与资源研究所
任建顺	硕士研究生	中国科学院地理科学与资源研究所
王晓山	硕士研究生	山东科技大学

总 序

“工欲善其事，必先利其器”。科学思想和方法就是科学研究的“器”，是推动科学技术创新的武器。科学技术发展历程中的每一次重大突破，都肇始于新思想、新方法的创新及其应用。科学思想和科学方法上的创新意识和系统研究不足，已经制约了我国科技自主创新能力的提高。加强科学思维、科学方法和科学工具的研究和创新，是建立创新型国家的必然选择。因此，“推进学科体系、学术观点、科研方法创新”写入了党的十七大报告。

科学技术部（简称科技部）原拟从编制《科学方法大系》入手来贯彻和推进中央的这个精神，并拟先从《地球科学方法卷》开始，但后来的思路大为扩展。2007年5月29日《科技日报》发表地理学家刘燕华（时任科技部副部长）题为“大力开展创新方法工作，全面提升自主创新能力”的文章。2007年6月8日，我国著名科学家王大珩、叶笃正、刘东生联名向温家宝总理提出“关于加强创新方法工作的建议”。2007年7月3日，温总理就此意见批示：“三位老科学家提出的‘自主创新，方法先行’，创新方法是自主创新的根本之源，这一重要观点应高度重视”。遵照温总理的重要批示精神，科技部、国家发展和改革委员会（简称国家发改委）、教育部、中国科学技术协会（简称中国科协）于2007年10月向国务院呈报了《关于大力推进创新方法的报告》，中央有关领导人批转了这个报告。2008年4月，科技部联合国家发改委、教育部、中国科协发布了《关于加强创新方法工作的若干意见》（国科发财〔2008〕197号），明确了创新方法的指导思想、总体目标、工作任务、组织管理机构、保障措施。

《关于加强创新方法工作的若干意见》部署了一系列重点工作，并启动了“创新方法工作专项”。主要工作包括：加强科学思维培养，大力促进素质教育和创新精神培育；加强科学方法的研究、总结和应用；大力推进技术创新方法应用，切实增强企业创新能力；着力推进科学工具的自主创新，逐步摆脱我国科研受制于人的不利局面；推进创新方法宣传普及；积极开展国内外合作交流。其中，“加强科学方法的研究、总结和应用”旨在“着力推动科学思维和科学理念



的传承,大力开展科学方法的总结和应用,积极推动一批学科科学方法的研究”,这就是《科学方法大系》要做的事。

作为国家“创新方法工作专项”中首批启动的项目之一,我们承担了“地理学方法研究”重点项目。项目的总目标是“挖掘、梳理、凝练与集成古今中外地理学思想和方法之大成,促进地理学科技成果创新、科技教育创新、科技管理创新”。我们认为这是地理学创新的重要基础工作,也是提高地理学解决实际问题的能力,是更好地满足国家需求的必要之举。我们组织了科研和教学第一线老、中、青地理学者参与该项目研究。经过四年的努力,做了大量工作,取得了丰富的成果,包括发表了一系列研究论文、凝聚了一支研究团队、锻炼了一批人才、举办了多次研讨会和培训班、开发了一批软件、建立了项目网站等;而最主要的成果就是呈现在读者面前的这套《地理学思想与方法》丛书,包括专著、译著和教材三大系列。

《地理学思想与方法》丛书专著系列包括《地理学方法论》、《地理学:科学地位与社会功能》、《理论地理学》、《自然地理学研究方法》、《自然地理学研究范式》、《经济地理学思维》、《城市地理学思想与方法》、《地理信息科学方法论》、《计算地理学》等。

《地理学思想与方法》丛书教材系列包括《地理科学导论》、《普通地理学》、《自然地理学方法》、《经济地理学中的数量方法》、《人文地理学野外方法》、《地理信息科学理论、方法与技术》、《地理建模方法》、《高等人文地理学》等。

《地理学思想与方法》丛书译著系列包括《当代地理学方法》、《地理学生必读》、《分形城市》、《科学、哲学和自然地理学》、《地理学科学研究方法导论》、《自然地理学的当代意义:从现象到原因》、《经济地理学指南》、《当代经济地理学导论》、《经济地理学中的政治与实践》、《理解正在变化的星球——地理科学的战略方向》、《空间行为的地理学》、《人文地理学方法》、《文化地理学手册》、《地球空间科学与技术手册》、《计量地理学》等。

“地理学方法研究”项目的成果还包括一批已出版的著作,当时未来得及列入《地理学思想与方法》丛书,但标注了“科技部创新方法工作资助”。它们有: *Recent Progress of Geography in China: A Perspective in the 21st Century* (Cai, 2008)、《地理学思想经典解读》(蔡运龙, 2011)、《基于 Excel 的地理数据分析》(陈彦光, 2010)、《基于 Mathcad 的地理数据分析》(陈彦光, 2010)、《地

理数学方法：基础和应用》（陈彦光，2011）、《世界遗产视野中的历史街区——以绍兴古城历史街区为例》（阙维民，2010）、《地理学评论（第一辑）：第四届人文地理学沙龙纪实》（刘卫东等，2009）、《地理学评论（第二辑）：第五届人文地理学沙龙纪实》（周尚意等，2010）、《地理学评论（第三辑）：空间行为与规划》（柴彦威等，2011）、《我国低碳经济发展框架与科学基础》（刘卫东，2010）等。

科学思想和科学方法的不断总结对于推动地理学发展起到不可小视的作用。所以此类工作在西方地理学中历来颇受重视，每隔一段时期（5~10年）就会有总结思想和方法（或论述学科发展方向和战略）的研究成果问世。最近的一个例子是美国国家科学研究委员会2010年发布的《理解正在变化的星球——地理科学的战略方向》。中国地理学者历来重视引进此类著作，集中体现在商务印书馆出版的《当代地理科学译丛》和以前的一系列译著中（甚至可上溯到20世纪30年代出版的格拉夫的《地理哲学》）。但仅引进是不够的，我们需要自己的地理学思想和方法建设。有一批甘坐冷板凳的中国地理学者一直在思索此类问题，这套《地理学思想与方法》丛书实际上就是这批人多年研究成果的积累；不过以前没有条件总结和出版，这次得到“创新方法工作专项”的资助，才在四年之内如此喷薄而出。“创新方法工作专项”的设立功莫大焉。

学科思想和方法的建设是一个长期的工作，伴随学科本身自始至终，这套丛书的出版只是一个新起点。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”。

蔡运龙

2010年12月

序

进入 21 世纪后，地理信息科学获得了极大的发展。它是以地理学的基本理论为基础，以信息论、控制论、系统论为支撑，研究地理信息的产生、传输与转换规律，并以地理信息系统为核心技术，研究用信息流来调控物质流、能量流、人口流的理论、方法和技术的学科；是自然科学、技术科学、思维科学、经济学、社会科学的交叉学科。近 20 年以来，地理信息科学作为地理学、测绘科学、地球科学共同的方法论和横断科学，其功能和作用已经得到了全社会的广泛认可。但对地理信息科学本身的方法论研究，目前在国内还极少见诸报道。方法论研究是科学认识和研究、探索工作中必不可少的主观手段，在科学研究中具有不可替代的、极其重要的地位和作用。它研究的是科学研究活动本身的一般规律及一般方法，以及人类认识客观事实的基本程序和一般方法。因此，地理信息科学的方法论研究工作，既对学科发展和方法、技术的创新有十分重要的意义，又难度很大。

我们可喜地看到，科技部在“推进学科体系、学术观点、科研方法创新”的方针指导下，于 2007 年设立了“创新方法工作专项”，其中“地理学方法研究”是第一个启动的项目。以齐清文研究员为首的一批中青年地理信息科学研究人员迎难而上，承担了该项目的二级课题——“地理信息科学方法研究”的任务。作者以马克思主义辩证唯物主义和自然辩证法为哲学理论指导，查阅了国内外大量的学术著作、文献和工程项目报告，并结合研究团队多年来的基础理论研究、应用技术研发和工程项目实践积累，从中搜集、整理、梳理、集成了地理信息科学的理论、方法和技术，提出了“本体论-科学方法-技术方法”三位一体的地理信息科学方法论体系。该书就是该团队的研究成果的结晶。在回顾地理信息科学发展历程、阐释地理信息本体论的基础上，该书从定义、内涵、功能、结构、流程、案例、优缺点等方面详细分析和论述了地理信息科学的 6 种科学方法（19 种子方法）和 7 种技术方法（22 种子方法），最后，还对未来地理信息科学的方法和技术发展的前景做了展望。

该书是国内第一部以《地理信息科学方法论》冠名的学术专著，具有以下特点：一是很好地协调和处理了方法的前瞻性与成熟性之间，方法的哲学高度和可操作性、实用性之间，学科的完整性与突出重点之间，常规方法与创新方法之间，阐述知识与阐述方法之间的矛盾，并正确处理了地理学的不同分支学科之间的方法边界划分问题；二是将地图学、地理信息系统（GIS）、遥感（RS）、全球定位系统（GPS）、空间决策支持系统（SDSS）等分支学科的方法和技术进行了分解和重组，按方法论的功能结构和信息流程来分类，如将地图学的方法和技术分别归纳到“图形-图像思维方法”中的“地图思维方法”子方法和“地理信息表达技术方法”中的“地图表达技术”子方法内，把遥感方法分别归纳到“图形-图像思维方法”中的“遥感影像思维方法”子方法，以及“地理信息采集和监测方法”中的“基于遥感技术的动态监测”子方法内，等等，从而形成了地理信息科学整体的方法论体系结构；三是按主体、客体、目标、结果、动作、系统、流程、工具、环境状况等 14 个因子来详细剖析地理信息科学的方法论范式，让不同层次和类型的读者，根据不同的研究目标和研究客体，甄别不同数据来源、研究对象的特征，选择最佳的研究方法和技术，使其研究结果达到最优化；四是书中针对每一种子方法，分析和展示了大量的研究案例，向读者详细介绍了这些案例的研究过程、输入/输出、适用环境和场合，从而从感性和理性两个角度印证了书中所归纳的各种研究方法的优点、缺点、适用性，相信会给读者带来很多的启发。

总之，我非常乐意向广大读者推荐《地理信息科学方法论》这本专著。相信该书对于从事地理信息科学、地理学、林学、农学、测绘学乃至地球科学研究的专业人员和研究生、高校学生都有很好的理论、方法启迪和参考价值。同时，也预祝专著的作者在进一步深入研究中，不断提高和创新，产生更加完善和成熟的地理信息科学方法大系。

孙世林

中国工程院院士

2011 年 1 月 28 日

前 言

科学方法是科学研究的工具，是推动科学技术创新的武器。科学技术发展历程中的每一次重大突破，都肇始于新思想、新方法的创新及其应用。缺乏在科学思想和科学方法上的创新意识和系统研究，已经制约了我国科技自主创新能力的提高。加强科学思维、科学方法和科学工具的研究和创新，是建立创新型国家的必然选择。

本书是在国家“推进学科体系、学术观点、科研方法创新”的方针指导下，科技部于2007年设立的科技基础性工作专项“地理学方法研究”之二级课题“地理信息科学方法研究”的研究成果基础上编著而成。

作为“地理学方法研究”项目的二级课题之一，本课题的研究目的是以地理学、地球系统科学、地理信息科学为理论和思想基础，从国内外大量已有的论著及应用案例中总结和整理地理科学中地理信息的思想、理论和方法，并力求在挖掘新方法方面有所创新和突破，将现有思想和方法凝练与提升到地理信息科学的高度，为该领域的学者提供地理信息方法案头参考书，为地理学和地理信息系统专业的本科生、研究生提供地理信息方法方面的教材，从而为全面推动地理学学科建设添砖加瓦。

地理科学的信息与计算从地理学诞生起就以其研究手段和技术的面貌出现，并沿着测量-制图和计量地理两条路线从来没有停止过研究脚步。但进入20世纪90年代以来，该项研究的步伐出现减缓趋势。究其原因，一方面是由于在“以任务带学科”的导向下，科学研究的国家和社会需求驱动力似乎远远大于科学问题自身的内在逻辑动力，研究工作者沉浸在一个接一个的应用项目中，无暇顾及地图制图、地理信息系统和地理计算等领域的理论和方法创新；另一方面，当地球科学中的各分支学科出现一体化研究趋势时，部分研究者试图用现有的地理信息系统和计量地理的方法来研究地球圈层关系、全球变化、环境变迁等问题时，发现前者并不能包治百病，特别是在用数学模型来模拟地球客观实体复杂巨系统的时空格局和宏观-微观尺度转换时，显得办法不多，甚至举步维艰。因此，盲



目乐观和畏难情绪两个极端的思潮在一定程度上阻碍了地理信息与计算领域的方法创新研究。

本课题的研究在以下三个方面推动地理学思想方法及地理信息方法自身的发展：

1) 就整体与局部的关系而论，地理信息历来就是地理科学甚至地球科学的“横断学科”，因为后者的所有分支学科几乎毫无例外地存在着信息表达方法和手段上的共性（上述分支领域中几乎毫无例外地绘制和使用本领域内的专题地图），同时又在空间认知、空间关系概括和地学规律发现方面存在着共性；地理信息方法的作用正是通过信息流工具（地图、地理信息系统、遥感、全球定位系统、计量模型、数学模型等）来调控物质流、能量流和人口流动。因此，地理信息与计算方法的研究和创新作为“局部”成果，将会推动地理学“整体”的思想和方法的创新。

2) 从本体与客体的关系来看，地理信息是本课题的“本体”，地理学科的研究对象则是“客体”，通过本课题研究过程中对地理信息机理、地理时空模型、地理图谱等的概念、关系、公理和实例等研究和界定，既能够总结、提升甚至创新地理信息领域本身的理论、思想和方法，更将为地理学思想和方法的研究提供借鉴。

3) 从理论机理与应用功能的关系而言，进行地理信息思想与方法的研究，在对地理信息本身的关键科学问题得出更深刻理解和解决方案的同时，将会使地理学乃至地理信息科学解决实际问题的能力大大增强。

本课题的目标是从国内外大量已有的论著和应用案例中总结和整理地理科学中地理信息的思想、理论和方法，并力求在挖掘新方法方面有所创新和突破。研究内容一是西方地理信息思想与方法变革的案例剖析及启示；二是地理信息哲学与方法论的挖掘、梳理、凝练与集成，包括地理信息的本体论与认识论、地理信息的方法论、人文主义对地理信息的影响、结构主义对地理信息的影响等；三是地理信息思想与理论的挖掘、梳理、凝练与集成，包括地理信息基础理论、地理信息处理与表达理论、地理图形思维及形-数-理相结合的地学信息图谱理论和方法、地理信息互操作理论等；四是地理信息研究技术的挖掘、梳理、凝练与集成，包括地理信息的处理与管理技术、地理信息分析、地理信息表达技术、地理信息的应用技术、地理信息支撑技术等；五是地理信息方法前沿与展望，包括地

理信息方法前沿与发展趋势、推进地理信息方法创新的策略等。

在上述背景和原则的基础上,我们构建了地理信息科学方法论的基本框架:

地理信息科学 (geographical information science) 是以地球表层环境 (地理环境) 为舞台,以人/地关系为主题,以服务于全球变化与区域可持续发展为目标,研究地理信息的形成和传输机理,形成以卫星应用、遥感技术、地理信息系统、数字地图、多媒体与虚拟技术、互联信息网络为主体,能对人流、物质流、能量流进行时空分析与宏观调控的高速全息数字化的、集成化的科学体系。因此,地理信息科学是一门交叉学科,是地球系统科学、信息科学和信息技术等的交叉和融合。

按照科学哲学的理论,一门学科的方法论包括认识论、方法论和工具论三个层次。本课题的上级项目“地理学方法研究”确定从哲学与方法论、地理思想与理论、研究手段与工具三个层次进行研究,在精神实质上与上述三层次论是一脉相承的。由于地理信息科学既是地理学的一个分支,又具有很强的科学性、技术性、工程性和操作性,因此其方法论在上述两种体系的指导下,体现出学科继承性和独特性的特点。

根据上述理念,将地理信息科学的方法论分为地理信息本体论、地理信息的科学方法、地理信息技术方法三部分。具体说明如下:

1) 地理信息本体论在总体上继承了科学哲学中自然观的思路,反映了地理信息的特征、本质、信息机理、功能等,同时又在认识论和方法论的指导下阐述了地理信息的认识论和方法论本质。

2) 地理信息的科学方法是人类研究和探究地理客体和现象本质规律时采用的理念、方法、途径等,属于将物质世界变为精神世界的内容 (即由作用于地理客观实体和现象的方法和途径总结、归纳和升华为理念和知识形式的科学方法)。根据地理信息科学的发展现状和趋势,本课题把地理信息的科学方法分为图形-图像思维方法、数学模型方法、地学信息图谱方法、智能分析与计算方法、模拟和仿真方法、综合集成方法六类。它们分别对应于地理信息科学中特有的地图、图形图表和遥感图像的识别与思维,结构化问题的数学模型建模与分析方法,中国科学家独创的形-数-理一体化的图谱方法,非结构化问题的知识推理与计算方法,以及数值模拟、虚拟仿真,各种方法的集成等研究方法。

3) 地理信息技术方法是人类利用和改造地理客体和环境的工具、流程和工艺等,属于将精神世界变为物质世界的内容 (即由知识性的技术方法物化为实物性的工具、平台、模型等实体)。归纳和整理地理信息技术的各种形式、功能、



作用对象以及发展趋势,把地理信息技术方法分为地理信息采集和监测技术、地理信息管理技术、地理信息处理、分析和模拟技术、地理信息表达技术、地理信息服务技术、地理信息网格技术、地理信息“5S”集成技术7类。它们分别对应于地理信息科学领域内的信息获取与动态监测、信息管理、表达、服务、网格计算与服务、多种技术系统集成等技术方法。

除此之外,地理信息科学方法论还有研究地理信息思想和方法的变革(包括地理信息科学思想和理论的形成和发展、地理信息方法和技术变革)、地理信息科学方法论展望(包括理论和方法论前沿与展望、方法和技术前沿与展望、创新机制和策略)两个方面,依次从发展历史追溯和发展趋势展望两个方向覆盖地理信息科学的历史维度,使本课题的研究成果既体现历史的积淀,又具有时代感,还具有一定的时效性。

本书是集体智慧的结晶。具体执笔分工如下:第1章,齐清文;第2章,张岸;第3章和第4章,郭瑛琦;第5章,齐清文;第6章,姜莉莉;第7章,邹秀萍;第8章,陈燕;第9章,张岸;第10章和第11章,彭琥;第12章,齐清文;第13章和第14章,程锡;第15章,徐莉;第16章,姜莉莉;第17章,王晓山;第18章,张岸;第19章,任建顺;第20章,陈燕、齐清文。全书由齐清文总体构思和统稿。

本书在撰写过程中得到项目组负责人蔡运龙教授和课题第一负责人王铮教授的宝贵指导;支持和指导我们研究工作的领导、专家、学者和朋友还有很多,没有一一列出,在此一并表示衷心的感谢。

作者

2010年12月于北京

目 录

总序
序
前言

第一篇 地理信息思想和方法变革

第1章 地理信息科学思想和理论的形成与发展	3
1.1 地理信息科学的形成	3
1.2 地理信息科学思想和理论的发展与演变	5
1.3 地理信息科学方法论的哲学观和实用观	12
1.4 地理信息科学与相关学科思想之间的互相影响	18
第2章 地理信息方法和技术变革	21
2.1 地理信息技术的发展阶段	21
2.2 地理观测与信息采集技术方法的变革	23
2.3 地理信息分析和计算方法的变革	28
2.4 地理信息整体研究技术方法的变革	31

xi

第二篇 地理信息本体论

第3章 地理信息的本体论	37
3.1 地理信息本体	37
3.2 地理信息的本质特征	40
3.3 地理信息的机理和过程	45
3.4 地理信息的结构和功能	48
第4章 地理信息本体与认识论和方法论	51
4.1 地理信息本体的认识论和方法论内涵	51

4.2	地理信息本体与认识论	53
4.3	地理信息本体与方法论	58

第三篇 地理信息的科学方法

第5章	地理信息的科学方法概述	67
5.1	地理信息的科学方法概念和内涵	67
5.2	地理信息的科学方法体系	68
5.3	地理信息的科学方法范式	70
5.4	地理信息的科学方法综合评价	76
第6章	地理信息的图形-图像思维方法	78
6.1	图形-图像思维的一般方法	78
6.2	地图思维方法	86
6.3	遥感影像思维方法	100
第7章	地理信息的数学模型方法	110
7.1	地理信息的数学模型方法概要	110
7.2	空间分布与格局的数学模型方法	111
7.3	地理空间过程的数学模型方法	122
7.4	地理时空演化的数学模型方法	129
7.5	空间优化和决策的数学模型方法	134
第8章	地学信息图谱方法	143
8.1	地学信息图谱方法概要	143
8.2	地学信息图谱方法的定义和内涵	143
8.3	地学信息图谱方法在研究中的意义	146
8.4	地学信息图谱方法的原理、结构和过程	148
8.5	地学信息图谱方法的应用案例	153
8.6	地学信息图谱方法的优点和不足	174
第9章	地理信息的智能分析与计算方法	177
9.1	地理信息的智能分析与计算方法概要	177
9.2	地理信息的知识推理方法	178
9.3	地理空间决策方法	186
9.4	地理知识发现(空间数据挖掘)方法	193