



全国高校地理信息科学教学丛书

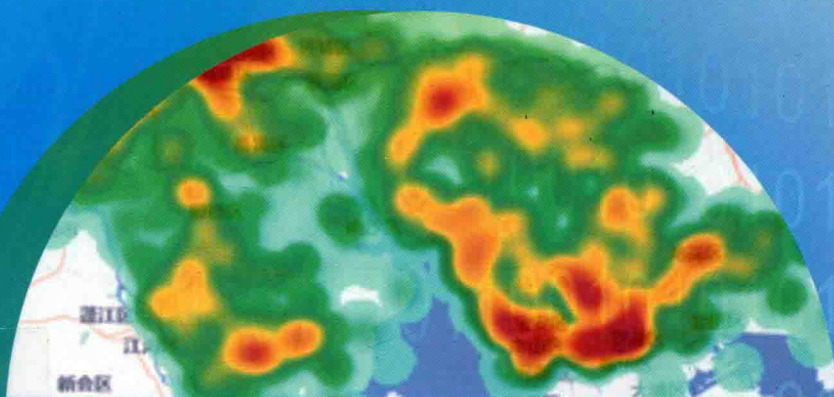


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

GIS空间分析

(第三版)

刘湘南 王平 关丽 卢浩 张春晓 编著



科学出版社

全国高校地理信息科学丛书
普通高等教育“十一五”国家级教材

GIS 空间分析

(第三版)

刘湘南 王平 关丽 卢浩 张春晓 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从地理空间理论框架的视角,系统论述了GIS空间分析的主要思路与方法,共包括9章。第1章介绍空间分析的概念和发展、GIS空间分析技术体系;第2章论述空间特征与空间问题等基本空间理论知识;第3章至第6章阐述空间量测与探索性数据分析、位置与空间几何关系分析、空间依赖性与异质性分析、表面与三维分析等常用GIS空间分析方法;第7章探讨时空尺度分析的基本思想与方法;第8章从数据密集计算和社会感知计算两方面论述地理空间大数据分析方法;第9章讨论地理计算与空间建模,通过耦合计算智能和专业模型,增强GIS空间分析能力,解决复杂空间问题。

本书可作为高等院校地理信息科学、地理科学、遥感科学与技术、测绘工程、生态学等专业本科生和研究生教材,也可供相关专业师生和科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

GIS空间分析/刘湘南等编著. —3版. —北京:科学出版社,2017.2

(全国高校地理信息科学教学丛书)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-051643-5

I. ①G… II. ①刘… III. ①地理信息系统—高等学校—教材 IV. ①P208.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第009100号

责任编辑:杨红/责任校对:韩杨

责任印制:赵博/封面设计:陈敬

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>

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年7月第一版 开本:787×1092 1/16

2008年9月第二版 印张:17 1/2

2017年2月第三版 字数:448 000

2017年2月第十三次印刷

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《全国高校地理信息科学教学丛书》

编委会名单

顾问 (以姓氏汉语拼音为序)

高俊 龚健雅 郭华东 何建邦 李德仁 李小文
宁津生 孙九林 童庆禧 王家耀 叶嘉安 周成虎

主编 汤国安

副主编 李满春 刘耀林

编委 (以姓氏汉语拼音为序)

常庆瑞 陈崇成 陈健飞 陈晓玲 程朋根 党安荣
董有福 冯仲科 宫辉力 郭增长 胡宝清 华一新
孔云峰 赖格英 黎夏 李虎 李霖 李满春
李小娟 李志林 梁顺林 林琿 刘慧平 刘仁义
刘湘南 刘小平 刘耀林 刘勇 刘瑜 柳林
闫国年 秦其明 邱新法 沙晋明 史文中 宋小冬
孙群 汤国安 汤海 田永中 童小华 王春
王结臣 邬伦 吴立新 徐建华 许捍卫 阎广建
杨必胜 杨存建 杨昆 杨勤科 杨胜天 杨武年
杨昕 杨永国 游雄 张洪岩 张锦 张军海
张勤 张新长 赵军 周立 周启鸣 朱阿兴

丛书序

古往今来，人类所有活动几乎都与地理位置息息相关。随着科学技术的快速发展与普及，地理信息科学与技术以及在此基础上发展起来的“数字地球”“智慧城市”等，在人们的生产和生活中发挥着越来越重要的作用。

近年来，我国地理信息科学高等教育蓬勃发展，为我国地理信息产业的发展提供了重要的理论、技术和人才保证。目前，我国已有近 200 所高校开设地理信息科学专业，专业人才培养模式也开始从“重理论、轻实践”向“理论与实践并重”转变。然而，现有的地理信息科学专业教材建设，一方面滞后于专业人才培养的实际需求，另一方面，也跟不上地理信息技术飞速发展的步伐。同时，新技术带来的教学方式和学生学习方式的变化，也要求现有教材体系及配套资源做出适应性或引领性变革。在此背景下，科学出版社与中国地理信息产业协会教育与科普工作委员会共同组织策划了《全国高校地理信息科学教学丛书》。该丛书从学科建设出发，邀请海内外地理信息科学领域著名学者组成编委会，并由编委会推荐知名专家或从事一线教学的教授担任各分册主编。在编撰中注重教材的科学性、系统性、新颖性与可读性的有机结合，强调对学生基本理论、基本技能与创新能力的培养。丛书还同步启动配套的数字化教学与学习资源建设，希望借助新技术手段为地理信息科学专业师生提供方便快捷的教学与实习途径。相信该丛书的出版，会大大提升该专业领域本科教材质量，优化辅助教学资源，对提高理论与实践并重的专业人才培养质量起到积极的引领作用。

我相信，在丛书编委会及全体编撰人员的共同努力下，《全国高校地理信息科学教学丛书》一定会促进我国新一代地理信息科学创新人才的培养，从而为我国地理信息科学及相关专业的发展做出重要的贡献。

中国科学院院士

中国工程院院士



丛书前言

地理信息，在经济全球化和信息技术快速发展的 21 世纪，已然在人类经济发展与社会生活中扮演重要角色。自 1992 年 Michael F. Goodchild 提出地理信息科学应当是一门独立的学科以来，在学界的共同努力下，已经在空间数据采集与处理、地学数据挖掘与知识发现、空间分析与可信性评价、地学建模与地理过程模拟、协同 GIS 与可视化、地理信息服务、数字地球与智慧城市、虚拟地理环境、GIS 普及及高等教育等诸多研究方面取得了重要进展。与此同时，由于地理信息科学的概念以及研究背景、目标的复杂性，目前关于地理信息科学的核心理论框架体系，仍然存在不同的理解，需要广大学者深入探索与凝练。

在 2012 年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》中，地理科学类专业中的“地理信息系统”更名为“地理信息科学”，标志着地理信息的高等教育进入一个崭新的发展阶段。随着我国各项事业及各相关部门信息化进程的加快，地理信息相关专业人才具有广泛的社会需求。地理信息科学专业人才应当具备坚实的地理学、测绘科学及现代信息技术基础知识、具有处理与分析地理信息的能力，能从事地理信息科学问题的研究与开发，能胜任包括城市规划、资源管理、环境监测与保护、灾害防治等领域的地理信息资源开发、利用与管理的工作。地理信息科学专业人才的培养，对于全面提升我国地理信息产业与地理信息科学发展水平具有极其重要的作用。

中国地理信息产业协会教育与科普工作委员会，多年来通过多种途径，积极推进我国地理信息高等教育水平提高，所组织的全国高校 GIS 教育研讨会、全国高校 GIS 青年教师教学技能培训与大赛、全国大学生 GIS 技能大赛、全国 GIS 博士生论坛等活动，都已经成为国内有影响的品牌活动。高校专业教材是本科教学的重要资料，近十年来，我国已出版多套有关地理信息系统的系列教材，在专业教学中发挥了十分重要的作用，其中，由科学出版社出版的《高等学校地理信息系统教学丛书》，在我国 GIS 教育界产生了重要影响。在此基础上，科学出版社、教育与科普工作委员会联合组织编撰的《全国高校地理信息科学教学丛书》，拟面对学科发展的新形势，系统梳理、总结与提炼以往的研究成果，编写出集科学性、时代性、实用性为一体的系列教材。

为保证本丛书顺利完成，在工作委员会及科学出版社的协调下，首先成立了由地理信息科学高等教育领域的知名学者组成的丛书编写委员会。其中，由我国

该领域院士及知名学者任顾问，对丛书进行方向性指导，各教材主要编写人员既有我国地理信息科学领域的知名专家，又有新涌现的优秀青年学者，他们对地理信息科学的教育教学有很强的责任心，对地理信息学科的发展与创新开展了广泛而深入的研究；他们在学术研究和教学工作中亦能紧密联系、广泛开展学术与教学的交流合作。

本丛书将集成当前国内外地理信息科学研究领域的主要理论与方法，以及编著者自身多年的研究成果，对今后相关研究工作有十分重要的参考价值。我们希望本丛书不仅适合于地理信息科学专业的在校学生使用，而且也可作为相关专业高校教师和研究人员进行工作和学习的参考书。本丛书的出版发行，盼能推动我国地理信息科学的科学研究与拓展应用，促进中国地理信息产业的发展。

国家级教学名师

中国地理信息产业协会教育与科普工作委员会主任

汤国安

2014年8月4日

第三版前言

空间分析思想源远流长，在地理学等学科领域研究中有悠久的历史。然而，直到 20 世纪 60 年代地理信息系统（GIS）出现以后，空间分析才开始成为独立的研究对象。最近几十年来，GIS 空间分析的理论和方法发展迅速，软件工具层出不穷，有力地提升了 GIS 认知客观世界和解决复杂现实问题的能力，应用领域不断拓宽和深入。“GIS 空间分析”已经成为地理信息科学、测绘科学、地理科学等专业的核心课程之一。

时间和空间是人类生存和发展一切活动的基础。随着移动互联网、云计算、传感器网络、人工智能、物联网、大数据等新一代信息技术的发展与融合，时空信息技术正在深刻地改变社会经济和人类活动的各个层面，无所不在的专用和非专用传感器实时地采集地球上实体目标和人类活动的多维动态时空数据，极大地丰富了对地理环境和人类活动的观测尺度和维度。集成各种技术方法对地理空间大数据进行网络管理与智能分析，实现空间认知和泛在服务，地理空间信息科学与技术达到了一个新的高度。显然，在研究对象、研究数据和研究范式都发生巨大变化的今天，GIS 及其空间分析面临一系列机遇与挑战：在地球空间尺度基础上构建起来的空間概念、建模方法，是否仍然适合更大（如宇宙空间）或更小（如室内空间、人体空间）的空间建模与分析？以测绘地理数据、轨迹数据、搜索引擎数据和社交媒体数据等为主要组分的地理时空大数据其特性是什么？如何建立大数据分析的新理论与方法，进行数据清理、归化、融合和挖掘？如何应用社会感知计算、边缘计算等新理论和技术对个体和大规模群体行为进行深度分析，挖掘群体社会交互特性和时空演化规律，实现从感知到认知的发展？智能化将如何影响 GIS 和空间分析？

本书正是在地理空间信息科学与技术这种快速发展的大背景下，从地理空间理论框架的视角，系统论述 GIS 空间分析的基本思想与主要方法。从介绍空间分析概念和 GIS 空间分析技术发展入手，进一步阐述空间特征与空间问题，为建立空间思维模式、强化空间思维能力奠定基础。基于空间特征和数据类型，将传统 GIS 空间分析方法归纳为空间量算与数据探测、位置与空间几何关系分析、空间依赖性与空间异质性分析、表面与三维分析几大类，试图体现这些分析方法针对地理空间特征或数据类型而建立的本质，避免成为各种空间分析方法的简单集合，同时表达了每一类分析的具体方法和工具不仅限于书中的内容，解决同类问题的新思路和新方法会不断涌现这一基本观点。一切地理格局和过程都发生在特定的时空尺度下，时空尺度是空间分析过程中必须考虑的因素，本书对时空尺度的概念、主要分析方法及应用进行了系统阐述。大数据分析将是 GIS 空间分析中越来越重要的内容，相关分析技术和方法会不断发展与成熟，本书从数据密集计算和社会感知计算两个方面，介绍了当前地理空间大数据分析的策略。GIS 空间分析工具与地理计算智能、专业模型耦合能够增强其解决复杂空间问题的能力，本书最后介绍了经典智能计算模型以及专业模型与 GIS 空间分析的耦合途径。

本书由中国地质大学（北京）刘湘南主编，东北师范大学王平、北京测绘设计研究院关丽、北京超图软件股份有限公司卢浩、中国地质大学（北京）张春晓参与编写。“全国高校

地理信息科学教学丛书”编委会联合科学出版社组织了多次会议，讨论教材大纲和主要内容，各位编委老师提出了许多建设性的意见；刘瑜、向清成、黄方、陈文惠、江岭、刘美玲、蒋卫国、吴伶、修丽娜等老师为本书编写提供了一些素材和建议；丁超、刘明、黄芝、江佳乐、刘烽、孙宁、王淼鑫等研究生协助查阅资料、绘制部分插图和校对工作；科学出版社杨红老师为本书的出版付出了辛勤劳动。在此一并表示感谢！

本书是在《GIS 空间分析原理与方法》（第二版）的基础上，参考国内外众多学者的研究成果进行大幅修改编写而成。由于空间分析涉及的知识面很广，与之相关的新理论、新技术发展迅速；同时，许多空间分析方法无论从概念上还是数学实现上均存在着密切联系，因此，本书没能全面体现空间分析的最新成就，部分章节的内容不免有一些交叉。限于作者学识水平，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

刘湘南

2016年12月

第二版前言

据统计,我国目前约有 180 所高等院校开办地理信息系统(GIS)本科专业,约 80 所高等院校与科研院所开展 GIS 硕士与博士研究生教育,开设 GIS 相关课程的学校则更多。随着 GIS 技术的不断发展和信息化社会对空间数据分析需求的日益增加,特别是 GIS 专业建设的不断完善,“GIS 空间分析”逐渐成为地理信息系统及相关专业的主干课。因此,相关的教材建设成为该学科建设的首要任务之一,这类教材和参考书需求量甚大。近年来,国内外陆续出版了多部有关 GIS 空间分析方面的教材或专著,各具特色,对繁荣发展 GIS 空间分析理论和方法以及该领域的人才培养发挥了重要的作用。

作者自 2000 年开始给本科高年级学生和研究生讲授 GIS 空间分析方法课程,并编写校内教材,学生普遍认为其内容新颖、结构严谨、思路清晰、原理性强。根据学科发展的最新成就和作者多年的教学、科研成果,在对校内教材修改、完善的基础上,《GIS 空间分析原理与方法》于 2005 年由科学出版社出版。这是一部面向 GIS 及相关专业领域学生系统论述 GIS 空间分析原理与方法的教材。教材出版后即被一些高校选为本科生和研究生教材,反响良好,并多次重印。

本书试图从整体的高度、从有机联系的角度全面阐述空间分析的相关知识和理论,从而建立起一个综合认识和研究 GIS 空间分析的框架。其主要特色是,从地球空间信息科学的理论高度,系统论述 GIS 环境下空间分析的理论、技术和方法体系,强调空间分析的原理阐述,更注重其在 GIS 中的可操作性;突出 GIS 空间分析方法的系统概括,如空间表达变换分析、空间几何关系分析等,归纳和揭示各种具体的 GIS 空间分析方法的目标与实质,旨在对有关的各种 GIS 空间分析方法进行总体把握;结合实际问题表述概念、阐述原理,既强调内容的系统性,又注重加强理论深度,避免成为种种具体空间分析方法的简单集合;紧密结合学科发展的前沿理论和技术,引入国内外最新的学术思想和理论、方法,如地理网格计算、智能化空间分析等;教材内容注意与专业相关课程知识的衔接,并避免内容的重复。

GIS 信息技术及其相关学科理论、技术和方法发展很快,作者一直跟踪该领域国内外最新研究进展,也有一些新的教学、科研积累。根据学科发展和教材使用中读者反馈的意见,对第一版教材进行了部分修订。考虑到第一版教材的体系、结构比较严谨且有一定特色,修订工作在基本保持原体系结构不变的前提下进行,主要更新了相关数据和技术术语,改写和增减部分内容。本书 2007 年经教育部组织专家评审,被遴选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书虽经修订,但不足之处仍在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2008 年 6 月

第一版前言

地理信息系统 (GIS) 是地理空间数据处理、分析的重要手段和平台。从诞生至今的 40 多年时间里, 地理信息系统技术的日益革新为众多应用领域创造了丰富的地理空间信息财富, 使地理空间数据的存储、检索、制图和显示功能越来越完善。地理信息系统的核心功能是空间分析。空间分析使 GIS 超越一般空间数据库、信息系统和地图制图系统, 不仅能进行海量空间数据管理、信息查询检索与量测, 而且可通过图形操作与数学模拟运算分析出地理空间数据中隐藏的模式、关系和趋势, 挖掘出对科学决策具有指导意义的信息, 从而解决复杂的地学应用问题, 进行地学综合研究。GIS 的奠基人之一 Goodchild M F 曾指出“地理信息系统真正的功能在于其利用空间分析技术对空间数据的分析”。

虽然 GIS 已取得了巨大的发展, 但目前多数地理信息系统的应用还局限于数据库型 GIS 的层面, 多维信息空间分析能力的不足及空间分析的结果不实用越来越明显, 无法真正满足全球变化和区域可持续发展研究对空间数据分析、预测预报、决策支持等多方面的应用要求。同时, 由于空间分析内容十分繁杂, GIS 学术界对空间分析的理解和认识存在较大的模糊性和差异, GIS 空间分析一直滞后于空间数据结构、空间数据库、地图数字化和自动绘图技术等方面的研究, 在理论和技术上尚没有根本的突破。本书在参阅了国内外大量相关文献的基础上, 结合我们的工作实践, 试图从新的角度理解空间分析的概念内涵, 不拘泥于基本分析方法的概念、算法原理及其应用, 选择性地引入了许多新的空间分析技术方法, 如网格计算、智能计算等, 力求比较系统地论述 GIS 空间分析的原理方法和技术及其发展前沿, 为地理学及相关专业的本科生、研究生和广大读者提供全面、详细了解和掌握 GIS 空间分析理论与方法的途径, 并为进一步完善 GIS 空间数据分析理论和方法体系奠定基础。

全书共分 9 章。第 1 章简要回顾了 20 世纪 50 年代以来地理空间数据处理与建模领域, 如数量地理学、地理信息系统、地理计算、地理空间数据挖掘等技术方法及其进展, 探讨了 GIS 环境下空间分析的基本框架。第 2 章主要概括了空间分析的基础问题, 包括地理空间的理解方式, 地理空间坐标系统的建立方法, 地理网格系统、地理空间数据的特征及基本的地理空间问题等。第 3 章介绍了从 GIS 中获取地理空间目标基本参数的方法, 即空间量测与计算。第 4 章主要阐述了空间数据结构、空间参考系统、时空尺度和图形表达等不同 GIS 的空间表达方式, 提出空间表达变换不仅是空间数据操作的一种手段, 更是 GIS 空间分析的重要方法的观点。第 5 章详细地介绍了空间几何关系分析方法, 即如何从 GIS 目标之间的空间关系中获得派生信息和新知识的有关分析技术, 主要包括邻近度分析、叠加分析、网络分析等。第 6 章讨论了空间统计学的基本原理方法及其在地理空间数据挖掘和分析中的应用。第 7 章介绍了三维地理空间数据分析方法, 主要包括三维景观建模、三维景观分析与计算, 以及三维可视化表达技术等。第 8 章主要阐述了新一代 Web 技术——网格计算技术的基本特点, 网格计算技术对 GIS 空间分析的影响, 以及网格 GIS 基本概念和关键技术等内容。第 9 章结合地理空间数据的不确定性问题, 主要探讨了智能计算技术的基本原理和方法体系, 介绍了智能计算方法应用于地理空间数据分析的若干实例。

本书在编写过程中参考和吸取了近年来国内外诸多专家和同行的研究成果，在此表示诚挚的感谢。王静、任春颖、史晓霞、罗智勇、关丽、廖晓玉、吴雨航、邹滨等研究生参与了部分章节的编写工作；于思扬、付博、黄猛、许淑娜、曾文华、李世熙等研究生协助查阅了大量参考资料；本书得到了东北师范大学教材建设项目的支持，在此一并表示衷心的感谢。

《GIS 空间分析原理与方法》一书虽然酝酿准备了近三年，但在实际撰写中，原有的一些想法和内容没有得到充分的表达和展现，由于作者水平有限，书中不足之处敬请专家和读者批评指正。

作者

2005年3月

目 录

丛书序

丛书前言

第三版前言

第二版前言

第一版前言

| | |
|------------------------|----|
| 第 1 章 空间分析与 GIS | 1 |
| 1.1 空间分析概述 | 1 |
| 1.1.1 空间分析的概念 | 1 |
| 1.1.2 空间分析的对象与研究内容 | 2 |
| 1.1.3 空间分析的目标 | 3 |
| 1.1.4 DIKW 模型与地理智慧 | 3 |
| 1.1.5 空间分析与相关学科的关系 | 5 |
| 1.2 空间分析的历史与发展 | 6 |
| 1.2.1 地图分析 | 6 |
| 1.2.2 计量地理学 | 7 |
| 1.2.3 地理信息系统 | 7 |
| 1.2.4 地理计算 | 7 |
| 1.2.5 地理空间数据科学 | 8 |
| 1.3 GIS 环境下的空间分析 | 9 |
| 1.3.1 GIS 的发展特征 | 9 |
| 1.3.2 GIS 空间分析的主要方式 | 10 |
| 1.3.3 空间分析软件工具 | 13 |
| 1.3.4 空间分析过程与 PPDAC 模型 | 14 |
| 复习思考题 | 16 |
| 第 2 章 空间特征与空间问题 | 18 |
| 2.1 空间与地理空间 | 18 |
| 2.1.1 时空观的科学由来 | 18 |
| 2.1.2 空间及其数学表达 | 19 |
| 2.1.3 地理空间 | 22 |
| 2.2 地理空间特征 | 24 |
| 2.2.1 空间位置 | 24 |
| 2.2.2 空间形态 | 25 |
| 2.2.3 空间关系 | 26 |
| 2.2.4 时空尺度 | 27 |

| | | |
|------------|------------------|-----------|
| 2.3 | 空间数据质量对空间分析的影响 | 27 |
| 2.3.1 | 数据误差与空间分析 | 28 |
| 2.3.2 | 数据分辨率与空间分析 | 31 |
| 2.3.3 | 数据一致性与空间分析 | 31 |
| 2.3.4 | 数据完整性与空间分析 | 33 |
| 2.4 | 地理空间问题 | 33 |
| 2.4.1 | 空间分布与格局 | 34 |
| 2.4.2 | 资源配置与规划 | 35 |
| 2.4.3 | 空间关系与影响 | 35 |
| 2.4.4 | 空间动态与过程 | 36 |
| | 复习思考题 | 37 |
| 第3章 | 空间量算与数据探测 | 38 |
| 3.1 | 基本几何参数量测 | 38 |
| 3.1.1 | 位置量测 | 38 |
| 3.1.2 | 中心量测 | 39 |
| 3.1.3 | 重心量测 | 40 |
| 3.1.4 | 长度量测 | 40 |
| 3.1.5 | 面积量测 | 46 |
| 3.1.6 | 体积量测 | 47 |
| 3.2 | 地理空间形态量测 | 48 |
| 3.2.1 | 线状地物 | 48 |
| 3.2.2 | 面状地物 | 49 |
| 3.3 | 空间分布计算与分析 | 50 |
| 3.3.1 | 空间分布类型 | 50 |
| 3.3.2 | 点模式的空间分布 | 51 |
| 3.3.3 | 线模式的空间分布 | 53 |
| 3.3.4 | 区域模式的空间分布 | 55 |
| 3.4 | 探索性空间数据分析 | 57 |
| 3.4.1 | 探索性空间数据分析基本理论 | 57 |
| 3.4.2 | 探索性空间数据分析的可视化方法 | 58 |
| 3.4.3 | 探索性空间数据分析的数学方法 | 63 |
| 3.4.4 | 探索性空间数据分析的应用 | 63 |
| | 复习思考题 | 65 |
| 第4章 | 位置与几何关系分析 | 66 |
| 4.1 | 邻近分析 | 66 |
| 4.1.1 | 距离变换 | 66 |
| 4.1.2 | 缓冲区分析 | 68 |
| 4.1.3 | 泰森多边形分析 | 72 |
| 4.2 | 矢量叠加分析 | 73 |

| | | |
|--------------|------------------|------------|
| 4.2.1 | 叠加分析概念 | 73 |
| 4.2.2 | 不同几何类型的要素叠加 | 74 |
| 4.2.3 | 要素图层间空间范围不同的处理 | 76 |
| 4.3 | 栅格计算 | 77 |
| 4.3.1 | 栅格计算的类型 | 77 |
| 4.3.2 | 地图代数 | 84 |
| 4.3.3 | 栅格计算常用函数 | 87 |
| 4.4 | 网络分析 | 89 |
| 4.4.1 | 网络分析基础 | 89 |
| 4.4.2 | 交通网络分析 | 95 |
| 4.4.3 | 位置与服务区分析 | 101 |
| 4.4.4 | 流分析 | 107 |
| 4.4.5 | 动态分段 | 113 |
| | 复习思考题 | 118 |
| 第 5 章 | 空间相关性分析 | 119 |
| 5.1 | 空间自相关 | 119 |
| 5.1.1 | 空间自相关基本概念 | 119 |
| 5.1.2 | 空间自相关分析方法 | 120 |
| 5.2 | 确定性空间数据插值 | 124 |
| 5.2.1 | 反距离加权插值 | 124 |
| 5.2.2 | 径向基函数插值 | 126 |
| 5.2.3 | 趋势面分析 | 127 |
| 5.3 | 空间统计基础 | 128 |
| 5.3.1 | 空间统计学 | 128 |
| 5.3.2 | 区域化变量的结构性与随机性 | 129 |
| 5.4 | 克里金插值 | 136 |
| 5.4.1 | 克里金插值法概述 | 136 |
| 5.4.2 | 常见克里金模型 | 140 |
| 5.4.3 | 克里金模型应用条件 | 147 |
| | 复习思考题 | 148 |
| 第 6 章 | 表面与三维空间分析 | 150 |
| 6.1 | 地形表面参数计算 | 150 |
| 6.1.1 | 高程计算 | 150 |
| 6.1.2 | 坡度、坡向计算 | 154 |
| 6.1.3 | 坡度变化率与坡向变化率计算 | 156 |
| 6.1.4 | 曲率计算 | 158 |
| 6.1.5 | 坡长计算 | 160 |
| 6.1.6 | 面积计算 | 162 |
| 6.1.7 | 体积计算 | 162 |

| | | |
|--------------|------------------------|------------|
| 6.1.8 | 地形起伏度、粗糙度与切割深度 | 162 |
| 6.2 | 地形形态特征分析 | 163 |
| 6.2.1 | 地形形态特征分析的基本方法 | 164 |
| 6.2.2 | 地形形态特征点分类 | 165 |
| 6.2.3 | 地形形态特征线提取 | 166 |
| 6.2.4 | 通视分析 | 167 |
| 6.2.5 | 水文分析 | 170 |
| 6.3 | 地形可视化分析 | 174 |
| 6.3.1 | 山体阴影创建 | 174 |
| 6.3.2 | 地形剖面分析 | 175 |
| 6.3.3 | 地形三维表达与分析 | 176 |
| 6.4 | 城市空间三维分析 | 178 |
| 6.4.1 | 空间量测 | 179 |
| 6.4.2 | 日照分析 | 181 |
| 6.4.3 | 控高分析 | 182 |
| 6.4.4 | 天际线分析 | 184 |
| 6.4.5 | 水淹分析 | 185 |
| 6.4.6 | 地下管线三维分析 | 187 |
| | 复习思考题 | 191 |
| 第 7 章 | 时空尺度分析 | 192 |
| 7.1 | 尺度分析概述 | 192 |
| 7.1.1 | 尺度概念 | 192 |
| 7.1.2 | 尺度分析 | 196 |
| 7.2 | 多尺度分析 | 198 |
| 7.2.1 | 多尺度分析概念 | 198 |
| 7.2.2 | 多尺度分析方法 | 200 |
| 7.3 | 尺度效应分析 | 201 |
| 7.3.1 | 尺度效应 | 201 |
| 7.3.2 | 尺度效应分析方法 | 204 |
| 7.4 | 尺度转换分析 | 205 |
| 7.4.1 | 尺度转换 | 205 |
| 7.4.2 | 尺度转换方法 | 208 |
| 7.5 | 尺度分析的其他方面 | 209 |
| 7.5.1 | 尺度适宜性分析 | 209 |
| 7.5.2 | 时空尺度融合分析 | 211 |
| | 复习思考题 | 212 |
| 第 8 章 | 地理空间大数据分析 | 213 |
| 8.1 | 数据科学时代 | 213 |
| 8.1.1 | 地理空间大数据的来源 | 213 |

| | | |
|--------------|-----------------------|------------|
| 8.1.2 | 地理空间大数据的特征 | 214 |
| 8.1.3 | 地理空间大数据分析与传统空间数据分析的区别 | 214 |
| 8.1.4 | 数据驱动的科学 | 215 |
| 8.2 | 大规模地理空间数据高效分析 | 215 |
| 8.2.1 | 空间分析并行计算 | 215 |
| 8.2.2 | 基于 GPU 计算的空间分析 | 218 |
| 8.2.3 | 分布式空间分析 | 220 |
| 8.2.4 | 空间分析基础设施 CyberGIS | 226 |
| 8.3 | 基于 GIS 的社会感知计算 | 227 |
| 8.3.1 | 时空行为模式分析 | 228 |
| 8.3.2 | 公众情感分析 | 230 |
| 8.3.3 | 空间交互分析 | 231 |
| | 复习思考题 | 233 |
| 第 9 章 | 地理计算与空间建模 | 234 |
| 9.1 | GIS 与专业模型的耦合 | 234 |
| 9.1.1 | 松散耦合 | 234 |
| 9.1.2 | 紧密耦合 | 235 |
| 9.2 | 地理计算智能 | 237 |
| 9.2.1 | 智能计算概述 | 237 |
| 9.2.2 | 人工神经网络 | 239 |
| 9.2.3 | 遗传算法 | 242 |
| 9.2.4 | 元胞自动机 | 243 |
| 9.2.5 | 深度学习 | 246 |
| 9.3 | 地理空间模型 | 247 |
| 9.3.1 | 地理相互作用模型 | 247 |
| 9.3.2 | 地理过程模拟 | 249 |
| 9.3.3 | 地理空间优化 | 250 |
| 9.4 | 地理设计与空间决策 | 254 |
| 9.4.1 | 地理设计 | 254 |
| 9.4.2 | 空间决策支持系统 | 256 |
| 9.4.3 | 空间决策分析 | 256 |
| | 复习思考题 | 258 |
| | 主要参考文献 | 259 |