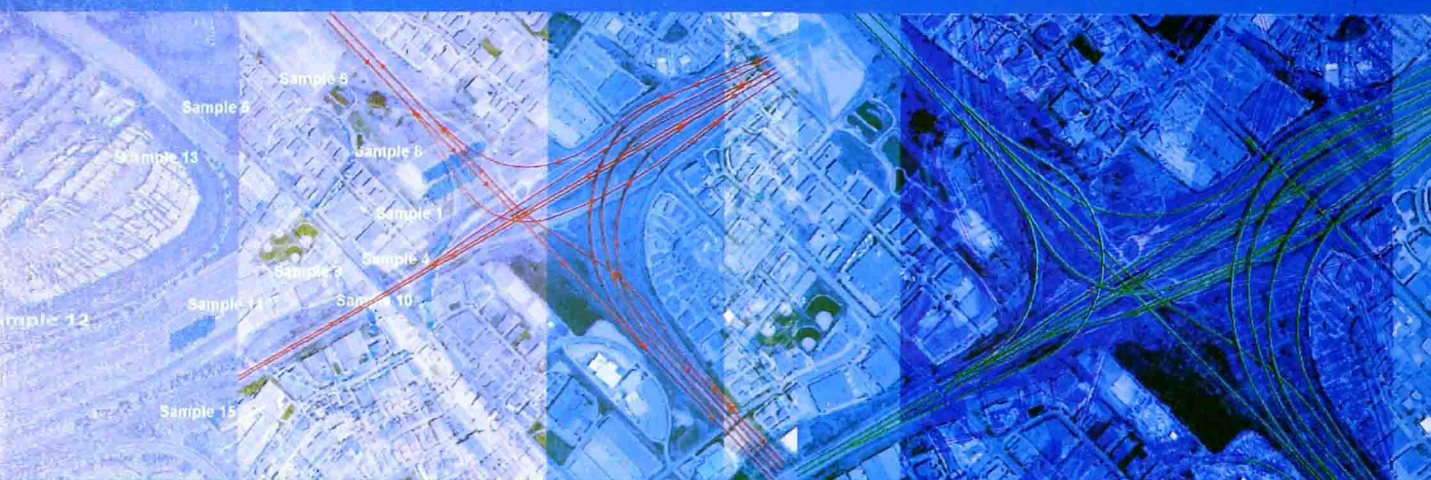


普通高等教育“十二五”规划教材



空间分析与建模

杨慧 编著

清华大学出版社

空间分析与建模

杨慧 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者在多年从事地理信息系统教学与科研的基础上撰写而成的。全书共9章,第1、2章探讨了空间分析与建模的基本概念及基础知识;第3~6章主要介绍了空间量测、表达变换、统计学分析及地形可视化分析;第7章主要介绍了空间数据挖掘的基本内容及方法;第8章主要介绍了空间智能计算的基本原理及方法体系;第9章为空间分析建模实例应用。本书重点介绍了空间分析与建模的基本原理及方法体系。

本书可作为高校地理学信息系统专业本科生和研究生学习空间分析课程的教材,也可用作地理学、测绘学、地质学等相关专业的本科生、研究生及科技人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

空间分析与建模/杨慧编著.--北京:清华大学出版社,2013

ISBN 978-7-302-33489-7

I. ①空… II. ①杨… III. ①地理信息系统-系统建模-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 195685 号



责任编辑:柳 萍 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22.25 字 数:536 千字

版 次:2013 年 11 月第 1 版 印 次:2013 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00 元

产品编号:041426-01

前 言

空间分析与建模是地理信息系统（geographical information system, GIS）的核心功能，也是评价地理信息系统功能强弱的重要指标之一。为了适应地球信息科学技术的飞速发展，相关高校均已开设“空间分析原理与方法”课程。为此，我们在参阅了国内外有关教材、专著的基础上编写了本书，以帮助本专业的学生学习和掌握空间分析与建模的基本理论、方法与技术。

本书是杨慧在多年从事空间分析与建模教学与科研的基础上撰写而成的，主要内容包括：空间分析与建模导论、空间分析与建模基础、空间量测与表达变换、空间分析的基本方法、空间统计分析、地形可视化分析、空间数据挖掘、空间智能计算以及空间分析建模实例应用。

第1章回顾了空间分析与建模的发展概况，论述了空间分析和地理建模的概念、研究内容及功能和分类。第2章概括了空间分析与建模的基础知识和概念框架，包括空间实体及空间关系、空间数据结构、地球体、地图投影、坐标系统和时间系统等。第3章阐述了空间几何、形态和分布度量，并讨论了空间数据格式转换、空间尺度转换、坐标系统转换和地图投影变换的内容和方法。第4章阐述了空间目标的几何关系分析，其基本方法包括：叠置分析、邻近度分析、缓冲区分析和网络分析等。第5章介绍了确定性插值法、地统计插值法、探索性空间数据分析和空间回归分析等空间统计分析方法。第6章讨论了地形可视化分析方法，介绍地形特征的可视化表达和信息增强的三维实体构造技术。第7章概述了空间数据挖掘的步骤、任务和知识类型，并进一步讨论了空间聚类、空间关联分析、分类与预测以及异常值分析等方法。第8章介绍了智能化时空数据处理和分析模型，包括：神经网络、模糊数学、遗传算法、元胞自动机、分形几何以及小波分析等理论与方法。第9章介绍了空间分析与建模的常用工具，并结合选址分析、适宜性分析、网络分析、山顶点提取、三维可视化分析及模型生成器建模等介绍实例应用进行阐述。

本书在编写过程中参考和吸取了近年来国内外诸多学者和专家的研究成果，在此表示诚挚的感谢。车耀伟、杨丹、郭志龙及郭朋辉等研究生参加了本书部分章节的编写工作；张彦、徐云靖、要倩倩、范璐瑛、孙晓倩、冯乐等研究生协助查阅了大量参考资料并校稿；加拿大 Ryerson 大学李松年教授提供了封面图片；另外，本书得到了国家自然科学基金（41001230）、江苏高校优势学科建设工程资助项目和中国矿业大学教学改革项目的大力支持，在此一并表示衷心感谢。

本书注重理论与实践相结合，反映了当前空间分析与建模发展的最新技术。但由于 GIS 发展的日新月异，同时也由于作者水平有限，不足之处在所难免，敬请各位专家和广大读者批评指正。

教材的实验数据的获取网址为：<http://www.relimap.com/SpatialAnalysis.zip>。

编 者

目 录

第 1 章	导论	1
1.1	空间分析与建模	1
1.1.1	发展概况	1
1.1.2	相关学科	3
1.1.3	国内的专业领域	4
1.2	空间分析	5
1.2.1	空间分析的定义	5
1.2.2	空间分析的研究内容	6
1.2.3	空间分析的功能和分类	6
1.3	地理模型	7
1.3.1	地理模型的相关概念	7
1.3.2	地理模型的构建原则	8
1.3.3	地理模型的功能与分类	9
第 2 章	空间分析与建模基础	12
2.1	空间实体及空间关系	12
2.1.1	空间实体及描述	12
2.1.2	实体的空间特征	13
2.1.3	实体的时间特征	14
2.1.4	实体的属性特征	15
2.1.5	实体的空间关系	16
2.2	空间数据结构	17
2.2.1	栅格数据结构	18
2.2.2	矢量数据结构	18
2.2.3	矢栅一体化数据结构	19
2.3	地球体	20
2.3.1	地球的自然表面	20
2.3.2	地球的物理表面	21
2.3.3	地球的数学表面	22
2.3.4	地球上点的高程	23
2.4	地图投影	24
2.4.1	地图投影的产生和定义	24
2.4.2	地图投影的变形	25
2.4.3	地图投影的分类	27
2.4.4	常见的地图投影	32

2.5	坐标系统和时间系统	37
2.5.1	坐标系统	38
2.5.2	常用坐标系	39
2.5.3	时间系统	43
第3章	空间量测与表达变换	47
3.1	空间量测尺度	47
3.1.1	空间维度	47
3.1.2	分数维度	48
3.1.3	属性数据的量测尺度	49
3.2	空间几何度量	49
3.2.1	位置	50
3.2.2	中心	51
3.2.3	重心	51
3.2.4	距离	52
3.2.5	长度	53
3.2.6	面积	54
3.2.7	体积	55
3.3	空间形态度量	56
3.3.1	方向	56
3.3.2	曲率和弯曲度	57
3.3.3	破碎度和完整性	58
3.4	空间分布度量	59
3.4.1	点模式的空间分布	59
3.4.2	线模式的空间分布	62
3.4.3	区域模式的空间分布	63
3.5	空间表达变换	64
3.5.1	空间数据格式转换	64
3.5.2	空间量测尺度转换	74
3.5.3	地理空间坐标转换	77
第4章	空间几何关系分析	81
4.1	叠置分析	81
4.1.1	叠置分析类别	81
4.1.2	矢量叠置分析	84
4.1.3	栅格叠置分析	87
4.2	邻近度分析	93
4.2.1	缓冲区分析	93
4.2.2	泰森多边形分析	100

4.3	网络分析	103
4.3.1	网络分析概念	103
4.3.2	路径分析	104
4.3.3	连通性分析	108
4.3.4	资源分配分析	111
4.3.5	流分析	116
4.3.6	动态分段技术	119
4.3.7	地址匹配	121
第 5 章	空间统计分析	124
5.1	空间统计分析的理论基础	124
5.1.1	空间统计分析	124
5.1.2	理论假设	124
5.1.3	常用统计量	128
5.2	确定性插值法	130
5.2.1	反距离加权插值法	130
5.2.2	全局多项式插值法	132
5.2.3	局部多项式插值法	133
5.2.4	径向基函数插值法	134
5.3	地统计插值法	137
5.3.1	克里格法	137
5.3.2	普通克里格法	138
5.3.3	其他克里格法	139
5.4	探索性空间数据分析	143
5.4.1	可视化探索分析	143
5.4.2	空间自相关	148
5.4.3	空间变异描述	152
5.5	空间回归分析	156
5.5.1	回归分析模型	157
5.5.2	空间自回归模型	159
5.5.3	地理加权回归模型	160
第 6 章	地形可视化分析	163
6.1	数字地形模型	163
6.1.1	DEM 的表示方法	163
6.1.2	DEM 的构建	168
6.1.3	DEM 的分类	170
6.1.4	DEM 之间的转换	173
6.2	数字地形分析	176

6.2.1	地形因子分析	176
6.2.2	地形特征提取	181
6.2.3	地形统计分析	184
6.2.4	地学模型分析	185
6.3	三维可视化	186
6.3.1	三维数据模型	186
6.3.2	可视化工具及平台	189
6.3.3	三维场景制作流程	193
6.4	可视化分析	194
6.4.1	剖面分析	195
6.4.2	通视分析	195
6.4.3	水文分析	198
6.4.4	其他可视化分析	201
第 7 章	空间数据挖掘	203
7.1	空间数据挖掘概述	203
7.1.1	空间挖掘的步骤	203
7.1.2	空间挖掘的任务	204
7.1.3	空间挖掘的知识类型	205
7.1.4	空间数据挖掘方法	207
7.2	空间聚类	207
7.2.1	聚类统计量	207
7.2.2	聚类算法分类	210
7.2.3	聚类分析算法	211
7.3	空间关联分析	214
7.3.1	空间关联规则	215
7.3.2	Apriori 算法	217
7.3.3	关联规则的其他算法	218
7.4	分类与预测	223
7.4.1	分类与预测的基本概念	223
7.4.2	决策树方法	229
7.4.3	支持向量机	233
7.4.4	贝叶斯网络	237
7.4.5	近邻分类方法	239
7.5	异常值分析	240
7.5.1	异常值的定义	240
7.5.2	异常点数据检测算法	242
7.5.3	异常值挖掘算法	243

第 8 章 空间智能计算	247
8.1 神经网络	247
8.1.1 神经元模型	247
8.1.2 神经网络学习算法	250
8.1.3 典型的神经网络模型	251
8.2 模糊逻辑模型	255
8.2.1 模糊逻辑的基础理论	256
8.2.2 模糊逻辑系统	259
8.2.3 模糊系统与神经网络	262
8.3 遗传算法	264
8.3.1 遗传算法机理	264
8.3.2 简单遗传算法	268
8.3.3 遗传算法的应用	269
8.4 元胞自动机模型	270
8.4.1 元胞自动机的定义	270
8.4.2 地理元胞自动机	272
8.4.3 不同类型的地理元胞自动机	273
8.5 分形几何	276
8.5.1 分形理论的基本概念	276
8.5.2 分形维数的基本测量方法	279
8.5.3 多重分形	281
8.6 小波分析	284
8.6.1 小波变换及其基本性质	284
8.6.2 多尺度分析	287
8.6.3 Mallat 算法	290
第 9 章 空间分析建模实例应用	295
9.1 空间分析常用工具	295
9.1.1 叠加分析工具	295
9.1.2 缓冲区分析工具	298
9.1.3 网络分析工具	299
9.1.4 重分类工具	300
9.1.5 表面分析工具	301
9.2 选址分析	301
9.2.1 实验目的及准备	301
9.2.2 实验内容及步骤	301
9.3 适宜性分析	307
9.3.1 实验目的及准备	307
9.3.2 实验内容及步骤	307

9.4	网络分析	317
9.4.1	实验目的及准备	317
9.4.2	实验内容及步骤	318
9.5	山顶点的提取	321
9.5.1	实验目的及准备	321
9.5.2	实验内容及步骤	322
9.6	三维可视性分析	325
9.6.1	实验目的及准备	325
9.6.2	实验内容及步骤	326
9.7	模型生成器建模	330
9.7.1	基本概念及模型类型	330
9.7.2	模型形成过程	330
9.7.3	实例建模	331
参考文献		335

第1章 导 论

空间分析与建模是以数学方法为基础,以计算机技术为工具,分析、模拟并求解地理空间问题的理论、方法与技术。本章首先从空间分析的发展概况、相关学科和专业领域进行简要的回顾,然后论述空间分析的定义、研究内容及功能和分类,在此基础上,进一步讨论地理建模的概念、功能和方法。

1.1 空间分析与建模

1.1.1 发展概况

空间分析与建模是地理信息系统的核心功能,是地理信息系统区别于一般信息系统的主要功能特征,也是评价一个地理信息系统功能强弱的重要指标之一。其通过研究地理空间信息及其相应的分析理论、方法和技术,探索地理要素之间的结构、分布和演变规律,揭示地理现象发展变化过程中的本质联系及内在趋势。

自古以来,人类为了求得更好的生存与发展,需要认识所生存的地理环境,就已在不知不觉中学会分析周围地理事物的空间关系,正是这种分析求解地理问题的过程(空间分析与建模)的需求孕育了地理学。地理学研究地球表层自然要素与人文要素相互作用及其形成演化的特征、结构、格局、过程、地域分异与人地关系等内容。它是一门古老、复杂且范围广泛的学科体系,曾被称为科学之母,其发展过程明显可区分为古代地理学、近代地理学和现代地理学三个时期。

古代地理学时期自远古到18世纪末,主要以描述性记载地理知识为主,然而这些记载多是片断性的,缺乏理论体系,地理学内部尚未出现学科分化,各国的地理学基本上是在各自封闭的条件下发展起来的;近代地理学时期从19世纪初到20世纪50年代,是产业革命的产物,并随着工业社会的发展而成熟起来,自然地理学、人文地理学等各种学派林立、学说纷起;现代地理学时期从20世纪60年代至今,是现代科学技术革命的产物,并随着科学技术的进步而发展,其标志是地理数量方法、理论地理学的诞生和计算机制图、地理信息系统、遥感与全球定位系统等应用的出现。

空间分析与建模的理论方法与应用技术随着现代地理学研究发展而充实起来,具体经历了数量地理学、地理信息科学和计算地理学三个主要阶段,各阶段的里程碑及主要研究内容如表1-1所示。

数量地理学(quantitative geography),又称计量地理学(geographimetrics)或地理数量方法(quantitative methods in geography),是应用数学思想方法和计算机技术进行地理学研究的科学。数量地理学发轫于20世纪30年代,早期以一般统计方法的应用为主。50年代中期,完全依靠人工计算仅对少数要素进行数理统计,严格地说只能称为“统计地理学”。60年代起,在电子计算机技术推动下的“计量革命”,对计量方法在地理学中的应用起到

了普及和推动作用。70 年代中期，多元统计方法和随机过程引入地理学研究领域。70 年代末期引进数据处理技术，开始研究大系统理论在地理环境分析中的应用，并与数据库和信息系统技术相结合，深入研究地区自然、社会、经济和人口等过程的各种数学模型，阐明地域现象的空间分布结构规律与模式，进行有关地理结构和地理组织的演绎。其兼容并蓄了系统论、控制论、信息论和决策论等学科的内容和方法，丰富和加强了计量地理学的理论基础。

表 1-1 现代空间分析与建模的发展历程

历史阶段	里程碑	主要研究内容
数量地理学	1964 年国际地理学联合会（IGU）成立“地理数量方法委员会”	概率分布、一般数理统计、回归分析、趋势面分析、主坐标分析、主成分与因子分析、相关性分析、判别分析、聚类分析、线性规划、多目标规划、大系统理论与方法、动力学模型
地理信息科学	1992 年 Goodchild 提出 Geo-Information Science	分布式计算、地理信息认知、地理信息互操作、比例尺、地理数据的不确定性、基于 GIS 的空间分析、GIS 和社会科学、空间数据的获取和集成等
计算地理学	1996 年 Openshaw 等提倡“GeoComputation”及第一次地理计算学术会议	地理学并行处理、高性能计算、元胞自动机、专家系统、模糊建模、神经计算、遗传算法、地理计算可视化、空间多媒体、分形计算、网络分析、地理模型集成、地球系统建模

地理信息科学（geographic information science）是一门研究地理信息采集、分析、存储、显示、管理、传播与应用，以及地理信息流的产生、传输和转化规律的科学。随着以地理信息系统技术为核心的遥感、全球定位系统等技术的发展以及其间的相互渗透，3S 集成化技术系统的逐渐形成，为解决区域范围更广、复杂性更高的现代地学问题提供了新的分析方法和技术保证。70 年代以来，由于整个人类社会面临的人口、资源、环境和发展等各方面的问題，全球变化以及可持续发展等方面的研究逐渐开始受到重视，最终促成了地球信息科学的产生。90 年代初，Michael Frank Goodchild 提出：与地理信息系统相比，应更加侧重于将地理信息视作为一门科学，而非仅仅是地理信息技术的研究和实现，主要研究应用计算机技术对地理信息进行处理、存储、提取以及管理和分析过程中的一系列基本问题，他指出了支撑地理信息技术发展的基础理论研究的重要性。

计算地理学（computation geography）是地理学中利用计算技术与方法对空间事物进行建模、分析地理信息、模拟地理过程的方法体系，以及地理运筹、地理软件工程原理的方法论学科。Stan Openshaw 提出计算地理学是地理信息科学中的理论和方法论分支，其重点突出地表现在研究地理信息科学的分析模式、算法体系和软件工程原理，为整个地理信息科学乃至地理学提供分析工具。计算地理学与计算物理学、计算化学一样，是总体学科的方法论，然而由于地理学传统上注重经验分析，因此计算地理学需要发展若干概念和建模方法，具体内容基本上明确为：空间数据挖掘（含图形、图像处理）、空间运筹、地理数值模拟、地理非数值模拟、地理计算平台软件工程和地理计算模式等。

1.1.2 相关学科

地理学家对科学的贡献大都来自空间分析与建模，其在除了地理学的其他学科领域，如生态学、经济学、地质学、流行病学、犯罪学、交通以及考古等都有相应应用。著名案例是1854年英国伦敦爆发霍乱，医生 John Snow 参与调查病源，他在绘有霍乱流行地区所有道路、房屋、饮用水机井的1:6500比例尺地图上，标出每个霍乱病死者的居住位置，得到霍乱病死者居住分布图（图1-1），通过空间分析找到了引发霍乱的水井，这是首次以地图为基础的空间分析。



图1-1 1854年英国伦敦霍乱死者居住分布图（John Snow）

空间分析与建模是人类求解地理空间问题的一种有效手段，是人类认识世界由定性描述到定量分析的一个进步标志。在其长期发展过程中，与地理学、测量学以及地球信息科学有着十分紧密的联系，这些相关学科的发展都不同程度地为空间分析与建模提供了有益的方法与技术，如图1-2所示。

地理学是研究地球表层自然要素与人文要素相互作用及其形成演化的特征、结构、格局、过程、地域分异与人地关系等时空规律的科学。地理学的各分支学科——自然地理学、人文地理学、经济地理学及地图学，都与空间分析和建模有密切的相依关系，成为空间分析与建模的理论基石。

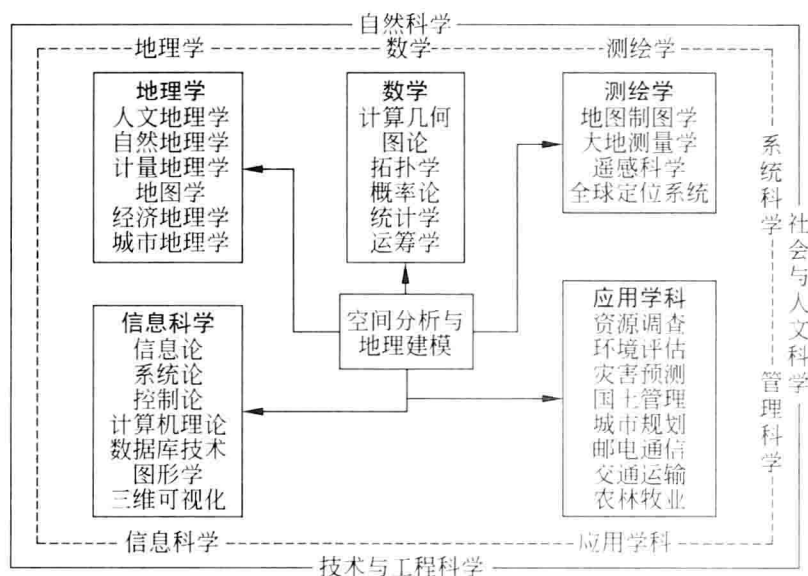


图 1-2 空间分析与建模的相关学科

数学是促进空间分析与建模形成独立学科体系的重要因素，近年来空间分析与建模的应用，无不借助数学分支方法的支持，如计算几何、图论、拓扑学、概率论、统计学、运筹学以及分形理论等，都对空间分析与地理建模的构建发挥了充分的决定作用。

测量学是研究地球的形状、大小以及确定地面点位的科学，是研究对地球整体及其表面和外层空间中的各种自然和人造物体上与地理空间分布有关的信息进行采集处理、管理、更新和利用的科学和技术，测量学为空间分析与地理模型提供了重要的空间表达变换分析。

信息科学对空间分析与建模的深刻影响是不言而喻的，信息论、系统论、控制论和计算机理论等已经介入空间分析与建模领域，尤其是数据库、图形学以及三维可视化等技术，均为空间分析与地理模型的基础理论和应用理论的形成提供了有力的技术支持。

空间分析与地理建模最早是在地理学、测量学中发展起来的，但是很多应用领域都对空间分析与建模的发展产生了影响，如资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通信、交通运输、军事公安、水利电力和农林牧业等，都是空间分析与建模的主要研究对象。

1.1.3 国内的专业领域

当前空间分析研究主要有 3 个专业研究领域：地理学、测绘学和建筑学，因此国内也分别形成了不同的学术流派。

(1) 地理学的空间分析以分析地理数据为主，也可称为地理分析，以遥感图、地图和经济、社会等数据为分析对象，以地理建模、计量地理和地统计学等方法分析问题，主要研究群体以中科院地理类研究所、师范大学地理系、综合性大学地理系为代表。代表著作：中科院地理所，王劲峰《空间分析的理论与方法》、《空间数据分析教程》，周成虎《地理信息系统空间分析原理》；南京师范大学，闫国年《地理信息科学导论》，汤国安《Arc View 地理信息系统空间分析方法》，韦玉春《地理建模原理与方法》，郭飞《地理建模实验教程》；东北师范大学，刘湘南《GIS 空间分析原理与方法》；华东师范大学，王远飞《空间数据分析方法》，徐建华《地理建模方法》；中山大学，黎夏《GIS 与空间分析——原理与方法》。

(2) 测绘学的空间分析以测绘数据、遥感数据和地图数据(二维、三维)为主,经济、社会等数据为分析对象研究较少,主要使用计算几何、地图代数等方法分析问题,研究群体以武汉大学、解放军测绘学院和中国矿业大学等测量系为代表。代表著作:武汉大学,郭仁忠《空间分析》,张成才《GIS 空间分析理论与方法》,秦昆《GIS 空间分析理论与方法》;解放军测绘学院,朱长青《空间分析建模与原理》;中国矿业大学,杜培军等译《地理空间分析——原理技术与软件工具》。

(3) 建筑学的空间分析以建筑空间、城市空间或环境空间为主,依托建筑学和城市规划理论,结合规划实际需求,从微观和中观的角度分析空间分布情况,主要研究群体以东南大学、清华大学和同济大学等建筑系为代表。代表著作:东南大学,黄亚平《城市空间理论与空间分析》,闫庆武《空间数据分析方法在人口数据空间化中的应用》,朱东风《城市空间发展的拓扑分析》,吴国平《地理建模》;中国地质大学,郑新奇《景观格局空间分析技术及其应用》;南京理工大学,朱英明《城市群经济空间分析》;山东大学,张治国《生态学空间分析原理与技术》;重庆师范大学,冯维波《城市游憩空间分析与整合》。

1.2 空间分析

1.2.1 空间分析的定义

空间分析(spatial analysis, SA)是对空间数据有关分析技术的统称,现已成为日常生活、生产建设和科学研究中地理问题求解的重要工具。随着空间分析技术的迅猛发展,地理信息系统学界围绕空间分析的定义展开了广泛讨论。

主要观点有:空间分析是对数据的空间信息、属性信息或二者共同信息的统计描述或说明(Goodchild, 1987);空间分析是基于地理对象空间布局的地理数据分析技术(Haining, 1990);空间分析是指为制定规划和决策,应用逻辑或数学模型分析空间数据或空间观测值(Landis, 1995);GIS 空间分析是从一个或多个空间数据图层获取信息的过程(DeMers, 1997);空间分析是对于地理空间现象的定量研究,其常规能力是操纵空间数据成为不同的形式,并且提取其潜在信息(Bailey, 1995; Openshaw, 1997)。

我国学者也进行了空间分析定义的探讨,如空间查询和空间分析是指从 GIS 目标之间的空间关系中获取派生的信息和新的知识(李德仁, 1993);空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据的分析技术,其目的在于提取和传输空间信息(郭仁忠, 1997);空间分析就是利用计算机对数字地图进行分析,从而获取和传输空间信息(张成才, 2004)。

然而,确切地对空间分析下定义是困难的,目前尚无一个公认的统一定义,已有定义都是基于不同的侧重点及各自的应用领域,或侧重于地理学,或侧重于测绘学,或侧重于地图学,或侧重于地统计学,分别对空间分析的内涵进行阐释。综合多学科关于空间分析的定义,其在基础意义上并无很大差异,只因其涉及的范畴、学科领域及研究内容,随着科学技术进步获得了较大发展。

基于对空间分析本质的认识和理解,顾及地球空间信息科学的当代发展,空间分析是采用逻辑运算、数理统计和代数运算等数学方法,对空间目标的位置、形态、分布及空间

关系等进行描述、分析和建模,以提取和挖掘地理空间目标的隐含信息为目标,并进一步辅助地理问题求解的空间决策支持技术。

1.2.2 空间分析的研究内容

无论从传统还是现代的空间分析技术而言,空间分析的主要内容,都可以归纳为如下几个方面:空间位置、空间形态、空间分布和空间关系。

1. 空间位置 (spatial position)

空间位置描述了空间对象的所在位置,借助空间坐标系传递空间对象的定位信息,是空间对象表述的研究基础。其位置既可以根据大地参照系定义的地理坐标来描述,如大地经纬度坐标,也可以定义为平面上的直角坐标系,如笛卡儿坐标。空间参考系统、地图投影与坐标转换理论是空间位置精确描述的基础。

2. 空间形态 (spatial form)

空间形态是将空间目标抽象为点、线、面、体等。除了点以外的空间物体都具有不同的几何形态特征。其中,线的形态特征包括维度、长度、曲率和弯曲度;面的形态特征还包括面积和周长;体的形态还包括表面积、体积、坡度及坡向等特征。

3. 空间分布 (spatial distribution)

空间分布是指空间对象群体在一定空间区域内的散布特性,包括其在空间上的分布密度、分布轴线、离散度、连通度和演变趋势等空间分布特征。空间分布的研究内容主要包括分布对象和分布区域两个方面。分布对象指所研究的地物、实体或现象;分布区域是指分布对象所覆盖的空间域和定义域。

4. 空间关系 (spatial relation)

空间关系可定义为空间实体之间存在的一些具有空间特性的关系,如空间上的距离、方位、拓扑和顺序等关系,具体可区分为:包含、覆盖、交叉、分离、相交、相等、内部、重叠等多种空间关系。其是空间数据组织、查询、分析和推理的基础。

1.2.3 空间分析的功能和分类

空间分析是地理信息系统的主要特征,是地理信息系统区别于一般信息系统的主要标志,也是评价一个地理信息系统成功与否的主要指标之一。

空间分析赖以进行的基础是地理空间数据,而其运用的手段包括各种几何的逻辑运算、数理统计分析和代数运算等数学手段,最终的目的是解决人们所涉及到地理空间的实际问题,提取和传输地理空间信息,特别是隐含信息,以辅助空间决策支持。

依据其所分析的数据性质不同,可将空间分析分为基于空间图形数据的分析运算、基于非空间属性的数据运算以及空间和非空间数据的联合运算;按空间分析的功能进行归纳分类,可将常用空间分析分为几何分析、地形分析、栅格分析、网络分析、空间统计分析以及综合模型分析等,如表 1-2 所示。

表 1-2 空间分析功能和分类

空间分析功能	包含内容
几何分析	空间量算、空间查询、叠加分析、缓冲区分析、拓扑分析、相似度分析、Voronoi 图分析等
地形分析	坡向坡度分析、剖面分析、通视分析、DTM/DEM 数据分析、三维景观分析、虚拟现实等
栅格分析	遥感影像分析、空间滤波、高程-影像叠加分析等
网络分析	最优路径分析、网络流分析、通达性分析等
统计分析	空间插值、主成分分析、聚类分析、相关分析、回归分析、趋势面分析等
综合模型分析	布局优化模型、频率指配模型、疾病传输模型、城市空间发展模型等

1.3 地理模型

1.3.1 地理模型的相关概念

模型（model）：是对现实世界中客观实体或现象的抽象和简化的结果，是对实体或现象的构成要素与相互关系的形式化表述。模型抽象的形式可能是文本语言、图形图像、数学公式和实体模型等。

模式（pattern）：是指解决某一类问题的方法论，即将解决某类问题的方法总结归纳到理论高度。模式标志了事物之间隐藏的规律关系，其表现形式可以是图像、图案、数字、抽象甚至思维方式。

模拟（imitate）：是对真实事物或过程的虚拟表达，旨在表现出选定的物理系统或抽象系统的关键特征。模拟的关键问题包括有效信息的获取、关键特性和表现的选定、近似简化和假设的应用，以及模拟的重现度和有效性。

仿真（simulate）：是在分析系统各要素性质及其相互关系的基础上，建立能描述系统结构或行为过程，且具有一定逻辑关系或数量关系的仿真模型。仿真与数值计算、求解方法的区别在于其是一种实验技术，仿真过程包括建立仿真模型和进行仿真实验两个必要步骤。

建模（modeling）：是建立构造现实世界中与研究对象相关的概念模型、数学模型或计算机模型的过程。建模是为了加强对事物理解而做出的一种抽象，是对事物的一种无歧义的书面描述，是研究系统因果及相互关系的重要手段和前提。

现实地理世界错综复杂，各种不同的地理要素之间构成了复杂的关系，包括物理、生物、化学及社会的各种成分相互制约和作用的过程，且随着时间变化呈现出不同的空间分布规律。

地理模型（geographical model）：是对真实地理世界中复杂空间事物所作的概括、简化和抽象表示。目前人们所理解的地理模型，一般指地理系统模型，其是指能将地理环境的信息集合起来，并且把实体加以理性的概念化，求得在物理属性、力学属性、化学属性和生物属性等方面的尽可能相似，最终加以高度概括的各种方式的抽象表达。任何一个地理模型都表征着对一个地理实体的本质描述，既标志着对实体的认识深度，也标志着对实体