



高等学校统编教材

空间分析

Spatial Analysis

邓敏 刘启亮 吴静 编著



测绘出版社

高等学校统编教材

空间分析

Spatial Analysis

邓 敏 刘启亮 吴 静 编著

测绘出版社

· 北京 ·

©邓 敏 刘启亮 吴 静 2015

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内容简介

空间分析是地理信息科学研究的一个主要方向,已广泛应用于地理学、地质学、气象学、地图学、生态学以及公共卫生等诸多领域。本书通过对当前空间分析的研究内容与成果进行梳理,兼顾基础与前沿,在介绍一些广泛认可的空间分析内容的基础上,也对空间分析的新发展(如空间数据挖掘)进行了介绍。本书首先对空间分析的基本概念、内涵进行阐述;进而介绍空间分析研究的主要内容,包括空间目标形态量测、空间关系计算、空间叠置和缓冲区分析、网络分析、地形分析、空间分布模式分析、空间插值分析及空间回归分析;最后介绍空间数据挖掘方面的相关内容,重点阐述空间聚类分析、空间异常探测分析与空间关联模式挖掘等;同时介绍了空间分析方法在气象、环境、社会经济等领域的具体应用实例。

本书可以供地理、地质、测绘、计算机、环境等相关领域的科研人员、高年级的本科生、研究生等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

空间分析 / 邓敏, 刘启亮, 吴静编著. — 北京: 测绘

出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-5030-3572-2

I. ①空… II. ①邓… ②刘… ③吴… III. ①地理信
息系统—研究 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 296444 号

责任编辑	贾晓林	封面设计	李 伟	责任校对	曹 平	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子信箱	smp@sinqmaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	184mm×260mm			彩 插	2		
印 张	13.5			字 数	340 千字		
版 次	2015 年 2 月第 1 版			印 次	2015 年 2 月第 1 次印刷		
印 数	0001—2000			定 价	38.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3572-2/P·756

审 图 号 GS(2015)91 号

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

序

空间分析是地理信息科学的核心研究内容之一,在地理学、制图学、地质学、生态学、气象学、社会经济、公共卫生等诸多领域具有广泛的应用。空间分析理论与方法也是当前地理信息科学领域一个活跃的研究方向,伴随计量地理学革命与计算机技术的发展,空间分析的内涵与研究内容也不断扩展。近年来,随着空间数据采集能力的进一步提升,“空间大数据”已经显现。海量、多源、动态空间数据的分析任务对空间分析理论与方法提出了新的要求与挑战。

中南大学邓敏教授领导的研究团队先后主持完成多项空间分析与空间数据挖掘相关的国家“863”计划、国家自然科学基金及教育部新世纪人才计划等科研课题,在空间聚类分析、空间异常探测、空间关联规则挖掘及预测分析等方面取得的一系列原创性成果,受到国内外同行的广泛认可,并已经被应用到地震分析、社会经济、气候变化、制图综合等方面。邓敏教授等人在空间分析与空间数据挖掘领域的研究基础与实践经验为本书的撰写提供了重要的基础。本书的一个重要特点在于对空间分析的内涵做出了进一步的扩展,将空间数据挖掘与知识发现作为空间分析理论方法的一个延伸,丰富了空间分析的研究内涵。全书内容由基础的空间分析准备工作入手,如空间分析的内涵、空间数据的特征与探索性分析,进而简明扼要地介绍了现有的空间分析主要方法,最后阐述了空间数据挖掘与知识发现的主要方法。全书章节安排遵循了由浅入深、循序渐进的原则,条理清晰,可读性极强。

通过阅读本书,希望了解基本的空间分析知识与应用方法的读者可以迅速掌握空间分析的主要手段;具有一定基础的读者,可以从本书中发现空间分析研究的一个新框架和前沿知识。因此,本书既阐述了空间分析基础内容,又具有前瞻性,可以满足不同层次读者的需求。

《空间分析》一书是邓敏教授等人所在团队集体智慧的结晶。感谢作者让我先睹为快,在欣赏本书作者的努力与成果的同时,也向大家鼎力推荐这本力作!



2014年8月8日

前言

空间分析是人类认识自然能力的一种延伸,它的思想在人类社会的发展过程中起到了重要的作用。早在 1854 年,约翰·斯诺(John Snow)博士最早借助空间分析的思想发现了伦敦霍乱病的爆发原因。自 20 世纪 60 年代以来,伴随着地理信息系统的出现以及计量地理学革命的兴起,空间分析已经作为一个专门的研究领域被提出,并迅速受到国内外学者的重视。空间分析是地理信息科学的核心研究内容之一,旨在通过空间数据图形操作与数学运算分析得到空间数据中隐含的模式、关系和趋势,从而辅助解决复杂的地学应用问题,为重大事件的科学决策提供有指导意义的信息,这也是它与一般信息管理系统的最大区别。

进入 20 世纪 90 年代以来,伴随着计算机、网络技术以及计量地理学理论的进一步发展,空间分析的理论与方法研究也逐步深入。目前,国内外学者已经在空间分析领域取得了可喜的研究成果,出版了多部具有代表性的空间分析著作。自 90 年代中叶以来,随着对地观测能力的迅速提升,如何分析海量的空间数据对空间分析理论与方法提出了新的挑战。1994 年,李德仁院士在国际上首先提出了从地理信息系统空间数据库中挖掘知识的思想,即空间数据挖掘与知识发现。笔者认为,空间数据挖掘与知识发现是对空间分析理论与方法的进一步扩展,并丰富了空间分析的内涵和研究体系。为此,本书综合笔者多年来在空间分析与空间数据挖掘领域的研究心得与成果,尝试出版一本在内容上更广义的空间分析著作。本书不仅介绍了空间基本量测、空间关系描述、空间统计分析等基本空间分析内容,而且还介绍了空间聚类分析、空间异常探测、空间关联分析等空间数据挖掘方面的内容,这部分内容也是空间分析的一个延伸,希望能够促进空间分析理论框架的完善与研究的深入。

本书通过对当前的空间研究内容与成果进行梳理,内容设计原则主要包括两个方面:一是兼顾基础与前沿,在介绍一些广为认可的空间分析内容的基础上,也对空间分析的新发展(如空间数据挖掘)进行介绍;二是精简一部分在地图学、地理信息系统原理书籍中出现的内容,主要针对空间分析的内涵进行内容设置。基于这种考虑,全书共分为 3 个主要部分,第 1 部分是空间分析导论,包括绪论(第 1 章)及空间数据基本特性与探索性分析(第 2 章);第 2 部分是基础空间分析,包括空间目标形态量测(第 3 章)、空间关系计算与分析(第 4 章)、空间叠置和缓冲区分析(第 5 章)、网络分析(第 6 章)、地形分析(第 7 章)、空间分布模式分析(第 8 章)、空间插值分析(第 9 章)和空间回归分析(第 10 章);第 3 部分是高级空间分析,主要介绍空间数据挖掘的基本内容,包括空间聚类分析(第 11 章)、空间异常探测分析(第 12 章)与空间关联模式分析(第 13 章)。本书也介绍了大量的算法实例以及在气象、环境、社会经济等领域的应用实例,有助于对空间分析理论方法的理解与实际应用。

本书的编写受到了国家“863”计划(2008AA12Z106、2013AA122301)、国家自然科学基金(41171351)以及教育部新世纪人才支持计划(NCET-10-0831)的联合资助。本书编写过程中南京大学王结成教授给予了诸多非常有益的建议,同时也得到了中南大学“时空数据挖掘、分

析与建模”课题组老师和研究生的帮助。其中,赵玲博士撰写了网络分析(第6章),石岩博士撰写了空间异常探测分析(第12章)与空间关联规则模式(第13章)。彭思岭、唐建波等硕士研究生做了部分实验工作。李光强博士对书稿进行审阅并提出了有益建议,在此一并表示感谢!

空间分析研究方兴未艾,本书的出版仅能起到抛砖引玉的作用。虽然本书撰写过程中力求尽善尽美,但是限于笔者的学识与经验,难免存在一定的错漏与浅薄之处,欢迎同行批评指正。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 空间分析的产生背景与发展状况	1
1.3 空间分析的定义与主要内容	3
1.4 本书的内容设置与章节安排	4
第 2 章 空间数据基本特性与探索性分析	6
2.1 概 述	6
2.2 空间数据的基本特征	6
2.3 空间数据的基本性质	10
2.4 空间数据探索性分析	12
2.5 空间数据可视化	16
第 3 章 空间目标形态量测	19
3.1 概 述	19
3.2 基本几何参数量测分析	19
3.3 线目标形态量测分析	27
3.4 面目标形态量测分析	28
第 4 章 空间关系计算与分析	29
4.1 概 述	29
4.2 空间关系的特征和分类	29
4.3 拓扑关系计算与分析	31
4.4 方向关系计算与分析	36
4.5 距离关系计算与分析	42
第 5 章 空间叠置和缓冲区分析	48
5.1 概 述	48
5.2 矢量叠置分析	48
5.3 栅格叠置分析	51
5.4 缓冲区分析	55
第 6 章 网络分析	61
6.1 概 述	61
6.2 网络分析基础	61
6.3 网络结构分析	63
6.4 最优路径分析	65
6.5 资源分配	71

第 7 章 地形分析	77
7.1 概 述	77
7.2 数字高程模型	77
7.3 地形因子分析	84
7.4 视域分析	90
7.5 流域分析	92
第 8 章 空间分布模式分析	94
8.1 概 述	94
8.2 空间点分布模式分析	94
8.3 空间线分布模式分析	107
8.4 空间自相关分析	109
第 9 章 空间插值分析	124
9.1 概 述	124
9.2 空间插值分析方法	124
9.3 实例分析	129
第 10 章 空间回归分析	135
10.1 概 述	135
10.2 回归分析	135
10.3 实例分析	141
第 11 章 空间聚类分析	143
11.1 概 述	143
11.2 基本原理	143
11.3 空间聚类分析方法	145
11.4 空间聚类有效性评价	161
11.5 实例分析	165
第 12 章 空间异常探测分析	169
12.1 概 述	169
12.2 基本原理	170
12.3 异常探测方法	171
12.4 空间异常探测方法	177
12.5 实例分析	184
第 13 章 空间关联模式分析	187
13.1 概 述	187
13.2 基本原理	187
13.3 空间关联规则挖掘	189
13.4 实例分析	194
参考文献	200
后 记	208

第1章 绪论

1.1 概述

自20世纪60年代地理信息系统(geographic information system, GIS)技术诞生以来, GIS已经体现出了其强大的生命力与广泛的应用价值。目前, GIS已经广泛应用于城市管理、规划、资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、邮电通信、交通运输、军事公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融、全球气候变化等诸多领域。GIS的奠基人迈克尔·古德柴尔德(Michael Goodchild)教授曾指出: GIS相对于一般的管理信息系统的最大区别就在于其独特的空间分析功能。GIS的空间分析功能使其不仅能够对海量的空间数据进行管理、检索与量测, 更可以通过图形操作与数学模拟运算分析得到地理空间数据中隐含的模式、关系和趋势, 从而能够解决复杂的地学应用问题, 为科学决策提供有指导意义的信息(刘湘南等, 2008)。

经过50多年的发展, 虽然GIS的应用范围空间广阔, 但是GIS的空间分析功能尚难以满足实际应用领域的需要。GIS空间分析功能的薄弱已经成为阻碍其作为空间决策支持系统的一个瓶颈问题。因此, 建立完善的空间分析理论与方法体系, 对于进一步提升GIS的应用效果与应用水平具有关键作用。本章将对空间分析的产生背景与发展状况、基本概念、主要研究内容与影响因素及本书的主要内容设置进行阐述。

1.2 空间分析的产生背景与发展状况

从本质上讲, 空间分析是人类认识自然能力的一种延伸。空间分析领域的一个最著名的案例就是1854年约翰·斯诺博士发现的伦敦霍乱病的爆发原因(Miller et al, 2009)。1854年8—9月英国伦敦的一些地区爆发霍乱, 医生约翰·斯诺参与调查病源。他在绘有霍乱流行地区所有道路、房屋、饮用水机井等内容的1:6500比例尺地图上, 标出了每个霍乱病死者的居住位置(图1.1), 得到了霍乱病死者的居住分布图。通过对这张图的分析, 找到引发霍乱的那口水井(即布洛多斯托水井), 关闭这口水井后再也没有新的病例产生, 从而有力地支持了霍乱是通过水源而非空气传播的理论。

虽然地理学家很早就已经采用空间分析的方法对各类地理学问题进行研究, 但是空间分析概念的提出与飞跃式的发展很大程度获益于20世纪20年代开始的定量地理学革命。马克思曾经指出: “一种科学只有在成功地运用数学时, 才算达到了真正完善的地步。”定量地理学是从传统的记录与描述地理现象的研究方法向定量分析地理现象的产生与变化规律的重大转变。定量地理学萌芽于20世纪20—30年代, 一些基本的数理统计工具被用来对地理要素进行统计概括与相关性分析。例如, 1930年日本的村田贞藏和吉村信吉应用统计方法和泊松分布探讨居民点人口和农田面积的关系与居民点类型; 1933年德国W. 克里斯塔勒和1939年美

国 M. 杰弗逊分别应用数量指标研究城市地理问题。数量地理学的飞跃式发展出现于 20 世纪 50—60 年代的计量革命。1955 年美籍挪威学者 W. L. 加里森在美国华盛顿大学地理系举办地理研究中应用数理统计方法的研究班,培养了一批地理数量方法研究者。1964 年国际地理联合会(International Geographical Union,IGU)成立地理数量方法委员会。地理数量方法作为专门的术语,开始出现在 60 年代地理文献中。



图 1.1 伦敦霍乱病死者的居住分布图^①

自 20 世纪 60 年代,伴随着计算机技术的发展,数量地理学方法又达到了一个新的高峰,在这一时期第一个地理信息系统在加拿大出现,而且空间分析的理论与方法体系也在这一时期建立。1970 年, Tobler 提出了著名的地理学第一定律,即“Everything is related to everything else, but near things are more related to each other”。地理学第一定律的提出使得地理现象的相关性与异质性特征得到了充分的重视。1969 年,美国俄亥俄州州立大学出版国际理论性刊物《地理分析》,一系列重要的数量地理学研究成果均发表在该杂志上。进入 20 世纪 70—80 年代,数量地理学的理论日趋完善,各国学者对空间自相关(Cliff et al,1981)、空间回归分析(Griffith, 1988)、空间点模式分析(Ripley,1981)、可塑面积单元问题(Openshaw, 1984)等问题进行了比较深入的研究。这些针对地理空间数据特征、空间统计模型及方法的研究对空间分析发展具有里程碑式的意义,同时也奠定了现代空间分析的理论基础。

进入 20 世纪 90 年代,伴随着计算机、网络、全球定位系统、遥感等技术的迅猛发展和应用,空间数据的数量、复杂性及传输速度都在快速增长,其膨胀速度也极大地超过了常规事务型数据(王家耀,2001;李德仁等,2006)。传统的空间分析方法已经难以满足海量空间数据的分析任务,使得空间数据同样面临着数据丰富而分析不足的尴尬局面,造成了空间数据的极

^① 源自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Snow-cholera-map.jpg>

大浪费(马荣华等, 2007)。鉴于数据挖掘技术在事务性数据库中的成功应用,从空间数据库中挖掘知识引起了国内外学者的广泛关注。1994年,李德仁院士在加拿大渥太华举行的GIS国际学术会议上,首次提出了从GIS数据库中发现知识的概念,并系统地分析了空间数据挖掘的特点和方法,标志着空间数据挖掘理论的正式提出(Li Deren et al, 1994)。国际上也有部分学者对空间数据挖掘开展了较早且持续的研究(Ester et al, 2000; Shekhar et al, 2005; Miller et al, 2009)。1994年,Ng和Han提出了一个专门针对空间数据库的聚类算法——CLARANS,标志着空间数据挖掘研究的正式兴起。空间数据挖掘是从空间数据库中提取隐含的、用户感兴趣的空间和非空间的模式、普遍特征、规则和知识的过程,已成为数据挖掘领域的一个重要分支(邸凯昌, 2000)。空间聚类、空间关联规则挖掘、空间分类、空间演变与预测、空间异常探测等构成了空间数据挖掘的主要研究内容(邓敏等, 2011)。

1.3 空间分析的定义与主要内容

空间分析是一类对空间信息、属性信息或二者共同信息统计描述或说明的方法和模型的集合(Haining, 2003)。Unwin(2003)将空间分析的内容区分为四个方面,即空间数据操作、空间数据分析、空间统计分析及空间建模。Haining(2003)将空间分析的内容总结为三个部分,即制图建模、数学建模及空间数据分析。综合现有的研究,可以将空间分析的内容归纳为以下三个方面:

(1)空间数据操作。Haining区分的制图建模与Unwin区分的空间数据操作实际上是类似的。每个空间数据集可以表达为一幅地图,进而可以通过地图代数操作获得新的地图,这实际上是一类非常基础的空间分析操作,如缓冲区分析、相交分析、叠置分析、面积与距离量测及基于空间关系的查询等。

(2)空间数据分析。空间数据分析主要是采用统计方法对空间数据特征、性质进行描述或探测。空间数据分析包含了两部分内容,一部分是对空间数据的探索性分析,如研究数据的基本统计特征、识别异常值,为后续的分析做准备;另一部分是空间统计分析,即发展专门的空间统计方法对空间数据的性质进行描述和解释。因为空间数据本身存在空间相关性,导致传统的统计方法无法直接采用空间数据进行统计分析,因此需要发展专门的空间统计方法。

(3)空间建模。Haining定义的数学建模与Unwin定义的空间建模具有类似的含义,这里统一称之为空间建模。空间建模旨在对空间现象之间的依赖关系或交互作用进行描述,其主要包括构建模型预测空间过程及结果。例如,环境保护中的污染扩散模型、社会经济学里的人口迁徙模型等。

空间分析主要通过对空间数据与空间模型的联合分析来挖掘地理现象中蕴含的潜在信息。空间实体是空间分析的具体研究对象,空间实体主要分为点、线、面、体四类要素,具有空间位置、属性、分布、形态、空间关系等基本特征。空间分析旨在通过对空间实体的分析来描述地理现象变化发展的内在规律与变化趋势,具体目标可以归纳为(刘湘南等, 2008):

(1)认知。对获取的空间数据进行科学的组织与描述,利用数据再现事物本身,如风险制图。

(2)解释。解释和理解空间数据的背景过程,认识事件的本质规律,如地理现象的空间自

相关。

(3)预报。在了解、掌握事件发生变化规律的前提下,建立具体的预测模型对未来的状况进行预测,如传染病的传播。

(4)调控。对地理空间发生的事件进行调控,如资源空间配置。

1.4 本书的内容设置与章节安排

目前,国内外已经出现一些关于空间分析的著作。如国外相关著作包括:《Spatial statistics》(Ripley, 1981)、《Geographic information analysis》(Unwin, 2003)、《Spatial data analysis: theory and practice》(Haining, 2003)、《The ESRI guide to GIS analysis》(Mitchell, 2005)及《Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools》(de Smith et al, 2007)。国内相关著作包括:《空间分析》(郭仁忠, 2001)、《GIS 空间分析理论与方法》(张成才等, 2004)、《GIS 空间分析原理与方法》(刘湘南等, 2008)、《空间分析建模与原理》(朱长青等, 2006)、《ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程》(汤国安等, 2006)、《GIS 与空间分析:原理与方法》(黎夏等, 2006)、《空间分析》(王劲峰, 2006)、《空间数据分析方法》(王远飞等, 2007)及《地理信息系统空间分析原理》(周成虎等, 2011)。现有的空间分析著作内容迥异,从不同的方面介绍了空间分析的相关内容,但是同时也造成了实际使用中的困难。通过梳理当前的空间分析研究内容与成果,本书的内容设计原则主要确定为两个方面:一是兼顾基础与前沿,在介绍一些广为认可的空间分析内容的前提下,也对空间分析的新发展,如空间数据挖掘进行介绍;二是精简一部分在地图学、地理信息原理书籍中出现的内容,主要针对空间分析的内涵进行内容设置。

基于上述思想,全书共分为3篇,即空间分析导论、基础空间分析和高级空间分析,共包括13章内容,具体内容设置如下:

第1篇包含两章内容:第1章绪论和第2章空间数据基本特性与探索性分析。本篇的设置旨在对空间分析的基本概念、内涵进行阐述,进而对空间数据的性质与特点进行介绍,同时介绍基础的探索性空间分析方法。本篇两个章节的内容构成了全书的基础。

第2篇包含8章内容,是本书的核心内容。其中,第3章空间目标形态量测,在介绍基本几何参数量算的基础上,探讨了线目标和面目标的形态量测方法;第4章空间关系计算与分析,介绍了空间关系的特征与分类、拓扑关系、方向关系和距离关系的计算方法及相关应用;第5章空间叠置和缓冲区分析,介绍了矢量叠置分析、栅格叠置分析及点目标、线目标、面目标、动态缓冲区分析的原理与具体应用;第6章网络分析,在介绍网络的基本元素及存储模型的基础上,探讨了网络结构分析、最佳路径分析、资源分配的具体应用;第7章地形分析,首先介绍了数字高程模型的定义及建立,进而分别探讨了地形因子分析、视域分析及流域分析的具体应用;第8章空间分布模式分析,主要介绍了空间点分布模式、空间线分布模式及空间自相关分析的相关研究内容;第9章空间插值分析,详细介绍了各种常用空间插值分析方法,包括移动平均插值、反距离插值、自然邻近插值、最近邻插值、局部多项式函数插值、径向基函数插值及克里金插值;第10章空间回归分析,主要介绍了空间自回归分析、地理加权回归分析的相关研究内容。

第3篇包含3章内容,主要介绍空间数据挖掘的基本内容,即空间聚类分析、空间异常探

测分析与空间关联模式挖掘。其中,第 11 章空间聚类分析,首先阐述了空间聚类分析的内涵,进而对空间聚类分析及有效性评价的主要方法进行了介绍;第 12 章空间异常探测分析,首先介绍了传统异常探测和空间异常探测的概念和基本原理,并对传统异常探测和空间异常探测的已有研究内容进行了详细阐述;第 13 章空间关联模式分析,首先介绍了传统关联规则挖掘和空间关联规则挖掘的概念和基本原理,进而详细阐述了基于传统空间关系、基于空间概念层次关系的空间关联规则挖掘及基于空间关系的空间同位关联模式挖掘 3 类空间关联模式挖掘的相关研究内容。

第2章 空间数据基本特性与探索性分析

2.1 概 述

空间数据用来表达具有确定的位置和形态特征,并具有地理意义的地理空间实体(郭仁忠, 2001),也可以认为空间数据是现实中存在的地理实体在地理空间中的投影。与传统的事务型数据相比,空间数据不仅包含了表达空间位置的信息,还包含了极为丰富的内在关联与规律,这也是空间分析研究的重要特色与难点所在。空间数据具有的特性导致了空间分析与传统的统计分析具有很大区别。理解和认识空间数据的基本特征与性质是进行空间分析的重要基础。本章将首先对空间数据的一般特征进行介绍;然后对空间数据的三个重要性质,即空间依赖性、异质性及可塑面积单元问题进行阐述;最后对空间数据探索性分析的一般性方法,如箱线图、直方图、散点图及可视化进行介绍。

2.2 空间数据的基本特征

一般认为,空间数据具有四个最基本的特征,即空间特征、属性特征、时间特征与尺度特征(邬伦等, 2001; 李霖等, 2005; 李德仁等, 2006; 王劲峰, 2006; 王远飞等, 2007; 李光强, 2009)。空间数据的这些特征直接导致了空间分析比传统的统计分析要复杂得多。因此,要进行空间分析研究,首先需要对空间数据的特征和性质进行全面的分析和了解。

2.2.1 空间特征

空间特征是空间数据最主要的特征,其表示空间实体的位置、几何特征及与其他空间实体的空间关系。空间实体的位置通常采用坐标系统进行描述,如大地坐标系、空间直角坐标系、极坐标系及平面直角坐标系等。空间实体的几何特征表示了空间实体的大小、形状及空间维度,据此可以将空间实体区分为点、线、面、体四种类型。图 2.1 所示为空间数据的类型和表示方法。空间关系描述了空间实体间的相互关系,在空间分析中起关键作用,主要包括拓扑关系、方向关系和距离关系。空间拓扑关系主要描述空间实体间的包含、相交、相接、覆盖、相等;空间方向关系描述空间实体间的绝对方位(如东、西、南、北)和相对方位(如上、下、左、右等)关系;空间距离关系主要用来度量空间实体间的远近程度,如非常远、很近等。

2.2.2 属性特征

空间数据的属性特征描述了与空间实体紧密联系、用于表达空间实体本质特征的数据或变量。属性特征可以从不同角度进行定义,通常分为定性与定量两种。de Smith 等从空间分析的角度将属性特征区分为以下五种属性(de Smith et al, 2007):

- (1)标称属性。如果某个属性不需要任何排序与数学操作就可用于区分不同位置的空间实体,其属于标称属性。例如:采用数字对土地类型命名,1 代表林地,2 代表草地,3 代表耕地等。
- (2)次序属性。如果某个属性代表了一种排序,即类别 1 比类别 2 好,则表示了次序属性,如最常见的土地等级的区分。
- (3)间距属性。不同的值具有不同的含义,则可认为是间距属性,如温度或高程领域的测量值。
- (4)比值属性。若两个测量值相除具有一定的含义,则属于比值属性,如一个人的体重是另一个人的两倍。
- (5)周期属性。属性通常具有周期性,如角度、日期等。

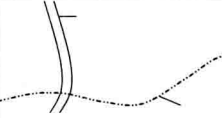
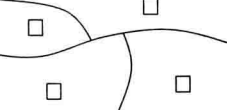
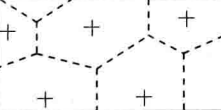
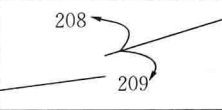
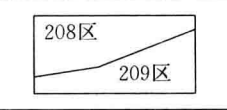
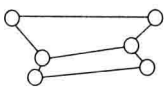
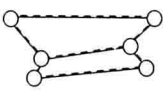
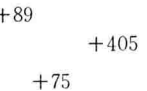
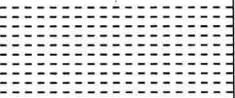
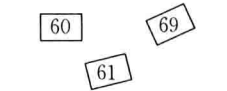
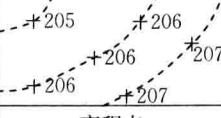
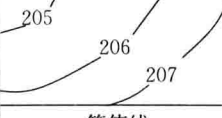
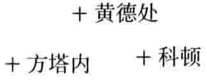
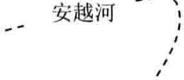
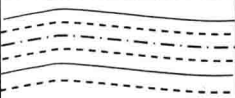
	点	线	面
类型数据			
	点状要素	线状要素	面状要素
面域数据			
	区域中心	境界线	行政单元
网络数据			
	道路交点	街道	街区
样本数据			
	气象站	航线	样方分布区
桌面数据			
	高程点	等值线	概略等值区
文本数据			
	地点名称	线状要素名称	区域名称
符号数据			
	点状符号	线状符号	面状符号

图 2.1 空间数据的类型和表示方法

2.2.3 时间特征

时间特征描述了空间数据随时间而变化的特性。通常使用的空间数据一般是某个时间点上的,不同时间点上的空间实体主要包含两种情况。

(1)空间属性不变,专题属性发生变化。如各种环境监测站点数据,如图 2.2 所示,表现了香港地区降水在不同时间的变化情况(数据源自香港天文台)。

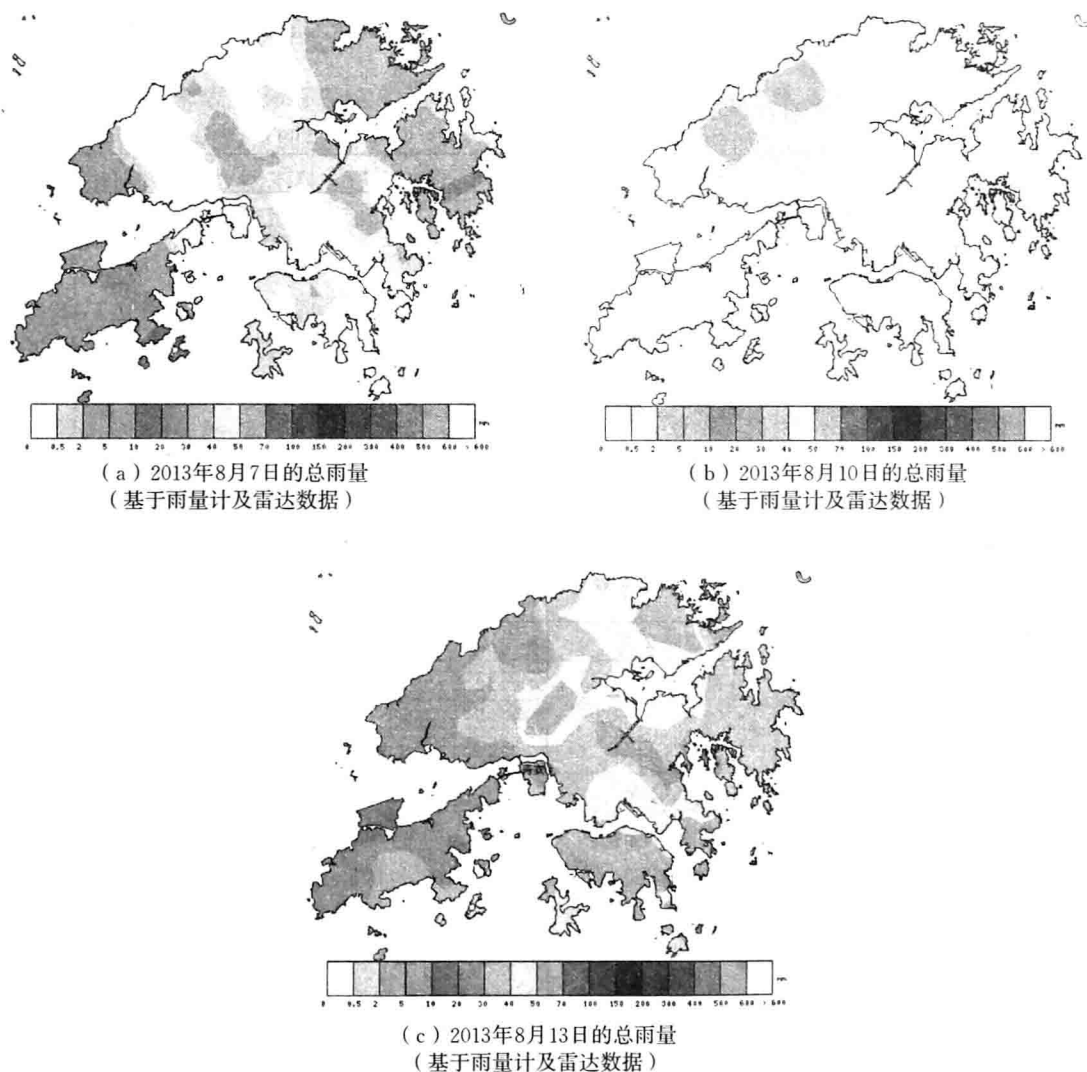


图 2.2 香港地区不同时间的降雨量分布

(2)空间属性与专题属性同时发生变化,如台风监测数据。图 2.3 所示为 2013 年 8 月台风尤特的运行轨迹,在台风运行过程中其方向、强度及空间位置都随时间而变化(数据源自香港天文台)。

顾及时间特征的空间数据构成了更为复杂的时空数据,空间分析有时不仅要考虑地理现象在空间上的特征,同时也要考虑地理现象在时态上的演变。

