

张治国 主编

ArcGIS

简明教程

● ArcGIS jianmingjiaocheng



科学出版社

www.sciencep.com

ArcGIS 简明教程

张治国 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

地理信息系统(GIS)是集多学科的新兴边缘学科,在生态学研究, GIS 技术在不同尺度的生态过程中得到应用。采用影响面较大的 ArcGIS 作为平台,介绍 GIS 在生态学中应用的基础。全书包括地理信息系统与 ArcGIS 介绍、使用 ArcMap 浏览地理数据、空间数据库管理及属性编辑、影像配准及矢量化、空间数据处理、空间分析基本操作、缓冲区分析应用、地形分析——TIN 及 DEM 的生成及应用、Model Builder 土壤侵蚀危险性建模分析、水文分析——DEM 应用、网络分析、3D 可视分析和 ArcMap 制图——地图版面设计等内容。

本书可作为生态学专业 GIS 教学用书,也可作为地学、规划设计等专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ArcGIS 简明教程/张治国主编. —北京: 科学出版社, 2008
ISBN 978-7-03-021421-8

I. A… II. 张… III. 地理信息系统—应用—生态学—
教材 IV. Q14-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036738 号

责任编辑: 陈 露 韩 芳 / 责任校对: 刘珊珊
责任印制: 刘 学 / 封面设计: 一 明

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

上海杨中印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2008 年 5 月第一次印刷 印张: 15

印数: 1—2 200

字数: 338 000

定价: 45.00 元

《ArcGIS 简明教程》编委会

主 编：张治国

编 委：（按姓氏笔画排序）

王丽娜 王振庆

李 栋 张国栋

张治国 徐 超

前 言

地理信息系统(geographic information system, GIS)是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、地球科学、信息科学和管理科学为一体的多学科新兴边缘学科,是以采集、存储、管理、分析、描述和应用整个或部分地球表面(包括大气层)与空间和地理分布有关数据的计算机系统。它针对特定的应用任务,存储事物的空间数据和属性数据,记录事物之间的关系和演变过程,可根据事物的地理坐标对其进行管理、检索、评价、分析、结果输出等处理,提供决策支持、动态模拟、统计分析、预测预报等服务。其结果可以通过可视化的地图、影像、多媒体等多种方式加以直观表达。通过一系列空间操作和分析,为地球科学、环境科学和工程设计,乃至国民经济的发展、城市建设及企业经营提供对规划管理和决策有用的信息。目前,地理信息系统的研究与应用已深入到科研和教学的诸多领域,地理信息系统作为一种技术将给很多学科带来新的发展契机,其对生态学的发展就更具深远意义。

在传统生态学研究, GIS 技术在植被生态学中的应用越来越深入,主要应用于植被类型、分类、制图、结构和分布格局分析以及植被监测和管理。在动物生态学中主要开展动物栖息地的评估、动物的空间分布格局及其动态变化、生物多样性的保护对策等。

GIS 在景观生态学中的应用,主要用来研究景观结构及其空间格局、功能和动态、景观生态设计和景观生态规划。地理信息系统中贮存的有关底图文件数据,其加工功能强大,形成完善的人机对话系统,能快速、准确地对遥感图像进行有关处理;地理信息系统中的专题信息和专家智能能对遥感图像进行专题监督分类,其结果以计算机地图形式输出。GIS 采用多层次、多因子的区域综合和系统分析,可以从时间与空间、质量与数量、内部与外部、静态与动态、自然与人为等角度综合认识景观的结构和功能,从而进行景观功能模拟和动态预测。在综合、系统地景观结构、功能和动态研究的基础上,依靠地理信息系统中的专题研究模型,加上专家系统,对景观生态特征进行评价,根据具体的目的要求产生其设计和规划模型。

在研究全球性问题时,生态学已经成为一门涉及生物圈、地理圈和智慧圈等领域,把人类和环境统一起来进行综合研究的新兴交叉学科。它力图协调人类与景观的关系提供理论基础,对于这样一门全球性科学的研究,单一学科、传统手段与方法已无能为力,而 GIS 对此则大有可为。

在生态学的基础研究中, GIS 可以与数学模型相结合而成为一种有用的预测工具,尤其是栅格模式对空间数据的模拟与分析非常地有效。许多与生态有关的空间数据都是可进行数学分析的连续变量,如某区域内的物种数量、物种出现在森林斑块的可能性、种群

的密度、生物多样性动态变化模式、生态系统结构及其功能的连接度。以往将模型的重点放在时间的改变上,对于空间变化的模拟很少,借助 GIS 和遥感技术,功能模型已经逐渐发展起来。如在传统种群动态模型和生境适宜性模型的基础上发展起来的空間明晰化种群模型,就是利用 GIS 技术为保护区的物种保护、土地管理提供决策依据。它在不同尺度的生态过程中研究物种对生境的响应,并且能够预测自然环境以及人为因素对种群动态的影响。对于决策者的可视化表达输出更具吸引力,使之能够直观、明了地分析保护区的管理现状以及存在的问题,从而提高决策的科学性。

生态学研究工作者在应用 GIS 时也遇到了一些困难。首先是数据问题,地理信息系统的关键是数据,生态学的许多数据存在不确定性,并且数据的开发成本比较高,但作为基础性生态学资料,数据的可靠性对保障系统的准确性起十分重要的作用,否则将失去价值,缺乏指导实践的意义。另外,目前各个系统之间的数据不统一,造成资源的大量浪费。因而生态学工作者应该以国际上比较成熟的系统作为统一的平台,实现有限数据资源的最大价值。第二是技术开发问题,由于生态学涉及的内容较多,没有统一的软件,各种应用软件开发和区域信息系统的建设就非常必要,但技术开发力量始终跟不上生态学发展的需要,并且每种软件结构的设计都离不开其他行业的技术支持。由于缺少专业应用模型,系统集成化程度不高,导致 GIS 应用不能上升到决策水平。随着地理信息系统技术在生态学上应用范围的扩大,研究人员能够在较短的时间内掌握地理信息系统应用的基本知识是当务之急,这也是我们编写这本书的初衷。

地理信息系统是一门正在发展的新兴技术。由于它是现代科学、现代技术与现代管理共同组织起来的技术系统,因而能在众多领域中大显身手。在我国幅员辽阔、资源丰富, GIS 应用于生态学的研究中更是具有重要的意义。为了发挥 GIS 在我国资源保护中的潜能,目前,除了应增加在资金、设备、人员上的投入及广泛收集生物多样性各水平的空间数据外,还应在技术规范上和国际接轨。随着大家的共同努力,相信 GIS 在生态学上的应用会越来越完善。由于编者经验不足,书中错谬之处敬请指正。

本书的出版得到“山东大学研究生教材建设专项资金”和“山东大学实验室建设软件项目”资助。山东大学生命科学学院曲音波院长、夏光敏教授给予大力关注和支持,科学出版社的编辑付出了许多心血,在此一并致谢。

书中涉及到的练习数据请登录 appgisinecology@yahoo.cn, 密码为 1234567, 自行下载。

编 者

2007 年 10 月于济南

目 录

前 言

第 1 章 地理信息系统与 ArcGIS 介绍	1
1.1 地理信息系统	1
1.2 GIS 空间分析	6
1.3 ArcGIS 9 概述	10
1.4 ArcGIS 的客户化和二次开发环境	15
1.5 面向对象的空间数据模型	16
第 2 章 使用 ArcMap 浏览地理数据	19
2.1 学习目标	19
2.2 材料准备	19
2.3 基础知识	19
2.4 基本原理	20
2.5 基本步骤	21
2.6 巩固提高	36
第 3 章 空间数据库管理及属性编辑	38
3.1 学习目标	38
3.2 材料准备	38
3.3 基础知识	38
3.4 基本步骤	39
3.5 巩固提高	55
第 4 章 影像配准及矢量化	56
4.1 学习目标	56
4.2 材料准备	56
4.3 基本步骤	56
4.4 巩固提高	68

第 5 章 空间数据处理	69
5.1 学习目标	69
5.2 材料准备	69
5.3 基础知识	69
5.4 基本步骤	71
5.5 巩固提高	81
第 6 章 空间分析基本操作	82
6.1 学习目标	82
6.2 材料准备	82
6.3 基础知识	82
6.4 基本步骤	84
6.5 巩固提高	101
第 7 章 缓冲区分析应用	102
7.1 学习目标	102
7.2 材料准备	102
7.3 基本操作	102
7.4 综合应用	106
7.5 巩固提高	113
第 8 章 地形分析——TIN 及 DEM 的生成及应用	114
8.1 学习目标	114
8.2 材料准备	114
8.3 基本操作	114
8.4 巩固提高	135
第 9 章 Model Builder 土壤侵蚀危险性建模分析	136
9.1 学习目标	136
9.2 材料准备	136
9.3 基本操作	136
9.4 巩固提高	152
第 10 章 水文分析——DEM 应用	153
10.1 学习目标	153
10.2 材料准备	153
10.3 基础知识	153

10.4 基本操作	155
10.5 巩固提高	167
第 11 章 网络分析	168
11.1 学习目标	168
11.2 材料准备	168
11.3 基本操作	169
11.4 巩固提高	197
第 12 章 3D 可视分析	198
12.1 学习目标	198
12.2 材料准备	198
12.3 基本操作	199
12.4 巩固提高	205
第 13 章 ArcMap 制图——地图版面设计	206
13.1 学习目标	206
13.2 材料准备	206
13.3 基本操作	206
13.4 巩固提高	226
参考文献	227

第 1 章 地理信息系统与 ArcGIS 介绍

社会进入了信息大爆炸的时代,面对海量信息,人们对于信息的要求发生了巨大变化,对信息的广泛性、精确性、快速性及综合性要求越来越高。随着计算机技术的出现及其快速发展,对空间位置信息和其他属性类信息进行统一管理的地理信息系统也随之快速发展起来,在此基础上进行空间信息挖掘和知识发现是当前亟待解决的问题,也是地理信息系统研究的热点和难点之一,地理信息系统的空间分析作用也因此越来越凸显其重要性。

1.1 地理信息系统

1.1.1 基本概念

地理信息系统(geographic information system, GIS),是在计算机软硬件支持下,对整个或者部分地球表层空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统处理和管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。

1.1.2 GIS 系统构成

完整的地理信息系统主要由四个部分构成,即硬件系统、软件系统、地理空间数据和系统管理操作人员。其核心是软硬件系统,空间数据库反映了 GIS 的地理内容,而管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表示方式。

1. 硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统中的实际物理装置的总称,可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,是 GIS 的物理外壳。系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。GIS 由于其任

务的复杂性和特殊性,必须由计算机设备支持。构成计算机硬件系统的基本组件包括输入/输出设备、中央处理单元、存储器等。这些硬件组件协同工作,向计算机系统提供必要的信息,使其完成任务,保存数据以备现在或将来使用,将处理得到的结果或信息提供给用户。

2. 软件系统

GIS 运行所需的软件系统有三部分。

(1) 计算机系统软件

由计算机厂家提供、为用户使用计算机提供方便的程序系统,通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等,是 GIS 日常工作所必需的软件。

(2) 地理信息系统软件和其他支持软件

包括通用的 GIS 软件包,也可以包括数据库管理系统、计算机图形软件包、计算机图像处理系统、CAD 等,用于支持对空间数据输入、存储、转换、输出和与用户接口。

(3) 应用分析程序

系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型编制的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能的扩充与延伸。在 GIS 工具支持下,应用程序的开发应是透明的和动态的,与系统的物理存储结构无关,而随着系统应用水平的提高不断优化和扩充。应用程序作用于地理专题或区域数据,构成 GIS 的具体内容,这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分,也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序,而应用程序的水平在很大程度上决定系统的应用性优劣和成败。

3. 系统开发、管理与使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素,地理信息系统从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软硬件和数据还不能构成完整的地理信息系统,还需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。对于合格的系统设计、运行和使用来说,地理信息系统专业人员是地理信息系统应用的关键,而强有力的组织是系统运行的保障。

4. 地理空间数据

地理空间数据是以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文经济景观数据,可以是图形、图像、文字、表格和数字等。它是由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他系统通讯输入 GIS,是系统程序作用的对象,是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS 其地理空间数据的种类、精度均不相同,一般情况下包括如下三种数据。

(1) 已知坐标系中的位置

即几何坐标,标识地理景观在自然界或包含某个区域的地图中的空间位置,如经纬度、平面直角坐标、极坐标等,采用数字化仪输入时通常采用数字化仪直角坐标或屏幕直

角坐标。

(2) 实体间的空间关系

实体间的空间关系通常包括：度量关系，如两个地物之间的距离远近；延伸关系（或方位关系），定义了两个地物之间的方位；拓扑关系，定义了地物之间连通、邻接等关系。拓扑关系是 GIS 分析中最基本的关系，其中包括了网络结点与网络线之间的枢纽关系、边界线与面实体间的构成关系、面实体与岛或内部点的包含关系等。

(3) 与几何位置无关的属性

即通常所说的非几何属性或简称属性，是与地理实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量的两种，前者包括名称、类型、特性等，后者包括数量和等级。定性描述的属性如土壤种类、行政区划等，定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量等。非几何属性一般是经过抽象的概念，通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性，而地理信息系统的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的，因此，属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

1.1.3 GIS 功能与应用

地理信息系统的核心问题可归纳为五个方面的内容：位置、条件、变化趋势、模式和模型，依据这些问题，可以把 GIS 功能分为六个方面。

1. 数据采集与输入

数据采集与输入，即将系统外部原始数据传输到 GIS 系统内部的过程，并将这些数据从外部格式转换到系统便于处理的内部格式。多种形式和来源的信息存在着综合和一致化的过程。数据采集与输入要保证地理信息系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数值逻辑一致性与正确性等。一般而论，地理信息系统数据库的建设占整个系统建设投资的 70% 或更多，并且这种比例在近期内不会有明显的改变。因而使得信息共享与自动化数据输入成为地理信息系统研究的重要内容，自动化扫描输入与遥感数据集成最为人们所关注。扫描技术的应用与改进，实现扫描数据的自动化编辑与处理仍是地理信息系统数据获取研究的主要技术关键。

2. 数据编辑与更新

数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成；图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、投影变换以及误差校正等。数据更新则要求以新记录数据来替代数据库中相对应数据项或记录。由于空间实体都处于发展进程中，获取的数据只反映某一瞬时或一定时间范围内的特征。随着时间推移，数据会随之改变，数据更新可以满足动态分析之需。

3. 数据存储与管理

数据存储与管理是建立地理信息系统数据库的关键步骤，涉及空间数据和属性

数据的组织。栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据与分析的功能。在地理数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。目前大多数系统都是将两者分开存储,通过公共项(一般定义为地物标识码)来连接。这种组织方式的缺点是数据的定义与数据操作相分离,无法有效记录地物在时间域上的变化属性。

4. 空间数据分析与处理

空间查询是地理信息系统以及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析功能;而空间分析是地理信息系统的核心功能,也是地理信息系统与其他计算机系统的根本区别。模型分析是在地理信息系统支持下,分析和解决现实世界中与空间相关的问题,它是地理信息系统应用深化的重要标志。

5. 数据与图形的交互显示

地理信息系统为用户提供了许多用于地理数据表现的工具,其形式既可以是计算机屏幕显示,也可以是诸如报告、表格、地图等硬拷贝图件,可以通过人机交互方式来选择显示对象的形式,尤其要强调的是地理信息系统的地图输出功能。GIS 不仅可以输出全要素地图,也可根据用户需要,输出各种专题图、统计图等。

6. 地理信息系统应用

地理信息系统的大容量、高效率及其结合的相关学科的推动使其具有运筹帷幄的优势,成为国家宏观决策和区域多目标开发的重要技术支撑,也成为与空间信息有关各行各业的基本工具,其强大的空间分析能力及其发展潜力使得 GIS 在测绘与地图制图、资源管理、城乡规划、灾害预测、土地调查与环境管理、国防、宏观决策等方面表现出强大的生命力。

地理信息系统以数字世界表示自然界,具有完备的空间特性,可以存储和处理不同地理发展时期的大量地理数据,并具有极强的空间信息综合分析能力,是地理分析的有力工具。因此,地理信息系统不仅要完成管理大量复杂的地理数据的任务,更为重要的是要完成地理分析、评价、预测和辅助决策的任务,必须发展广泛地适用于地理信息系统的地理分析模型,这是地理信息系统真正走向实用的关键。

1.1.4 GIS 技术与发展

地理信息系统的发展已历经三十余年,用户的需要、技术的进步、应用方法的提高以及有关组织机构的建立等因素,深深影响着地理信息系统的发展历程。

20 世纪 60 年代初期,地理信息系统处于萌芽和开拓期,注重空间数据的地学处理。该时期 GIS 发展的动力来自新技术的应用、大量空间数据处理的生产需求等方面,专家兴趣与政府推动也起到积极的引导作用。进入 70 年代,地理信息系统进入巩固发展期,注

重于空间地理信息的管理。资源开发、利用乃至环境保护问题成为首要解决的疑难,这需要有有效地分析、处理空间信息;同时,随着计算机技术的迅速发展,数据处理速度加快,为地理信息系统软件的实现提供了必要条件和保障。80 年代则是地理信息系统的大发展时期,注重于空间决策支持分析。地理信息系统应用领域迅速扩大,涉及许多的学科和领域,此时地理信息系统发展最显著的特点是商业化实用系统进入市场。90 年代是地理信息系统的用户化时代,地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统,社会对地理信息系统认识普遍提高,需求大幅度增加,从而使得地理信息系统应用领域扩大化、深入化,地理信息系统向现代社会最基本的服务系统发展。近年来,GIS 应用向更深的层次发展,展现新的发展趋势,主要体现在六方面。

1. 网络 GIS

网络地理信息系统(web-GIS)指基于 Internet 平台、客户端应用软件采用网络协议,运行在 Internet 上的地理信息系统。一般由多主机、多数据库和多个客户端以分布式模式连接在 Internet 上而组成,一般有 web-GIS 浏览器(browser)、web-GIS 服务器、web-GIS 编辑器(editor)、web-GIS 信息代理(information agent)四个部分。web-GIS 开拓了地理信息资源利用的新领域,为 GIS 信息的高度社会化共享提供了可能,是传统 GIS 发展的新机遇。

2. 组件式 GIS

组件式 GIS(com-GIS)是 GIS 技术与组件技术结合的产物。其把 GIS 的各种功能模块进行分类,划分为不同类型的控件,每个控件完成各自相应功能;各个控件之间以及 GIS 控件与其他非 GIS 控件之间,通过可视化的软件开发工具集成起来,形成满足用户特定功能需求的 GIS 应用系统。长期以来,由于 GIS 开发周期长、难度大在一定程度上制约了 GIS 发展,组件式 GIS 的出现为新一代 GIS 应用提供新的工具,具有集成灵活、成本低、开发便捷、使用方便、易于推广、可视化界面等特点,一般有基础组件、高级通用组件、行业性组件三级结构。

3. 虚拟现实 GIS

虚拟现实 GIS(virtual reality GIS,VRGIS)在 20 世纪 90 年代开始出现,是一种专门用于研究地球科学或以地球系统为对象的虚拟现实技术,是虚拟现实与地理信息系统相结合的产物。近年来,VRGIS 甚至融入 web-GIS 和 com-GIS 之中。理想的 VRGIS 应包含下列特征:

- 对现实的地理区域非常真实的表达;
- 用户在所选择的地理带(地理范围)内外自由移动;
- 三维(立体)数据库的标准 GIS 功能(查询、选择、空间分析等);
- 可视化功能必须是用户接口的自然整体部分;
- 海量丰富的信息等。

4. 时态 GIS(TGIS)

时态 GIS 是相对于静态 GIS 而言的。现实中地理环境、事物和现象是不断发展变化的,但静态 GIS 仅对其进行“快照”式表达,只关心某一瞬间的地理现象,对其前后的数据不保留,也没有比较分析。而时态 GIS 将时间概念引入到 GIS 中,跟踪和分析空间数据随时间的变化,不仅描述系统在某时刻的状态,而且描述系统沿时间变化的过程,预测未来时刻将会呈现的状态,以获得系统变化的趋势。

5. 互操作 GIS

目前 GIS 系统大多基于具体的、相互独立的和封闭的平台开发,采用各自不同的空间数据格式,数据组织方式有很大差异,这使得不同 GIS 软件间交换数据很困难。为解决地理数据的共享和继承、地理操作的分布与共享等需求,互操作 GIS 被提上议事日程。这是一个新的 GIS 集成平台,实现了在异构环境下多个地理信息系统或其应用系统之间的互通信和协作。

6. 3S 集成

虽然 GIS 在其理论和应用技术上有很大发展,但靠传统 GIS 的使用却不能满足目前社会对信息快速、准确更新的要求。与 GIS 独立、平行发展的全球定位系统(GPS)和遥感(RS)则为 GIS 适应社会发展的需求提供了可能性。目前,国际上 3S 的研究和应用开始向集成化方向发展。这种集成应用中,GPS 主要用于实时、快速地提供目标的空间位置;RS 用于实时提供目标及其环境的信息、发现地球表面的各种变化,及时对 GIS 数据进行更新;GIS 则是对多种来源的时空数据进行综合处理、集成管理和动态存取,作为新的集成系统的基础平台,并为智能化数据采集提供地学知识。

1.2 GIS 空间分析

随着对地观测和计算机技术的发展,空间信息及其分析、处理能力已极大丰富和加强了,人们渴望利用这些空间信息来认识和把握地球和社会的空间运动规律,进行虚拟、科学预测和调控,这就迫切需要建立空间信息分析的理论和方法体系。地理信息系统出现后,吸取了所有能够利用的空间分析的理论和方法,将它们植入到 GIS 系统中。于是,在 GIS 系统支持下,空间分析顺利得以实现并得到进一步飞跃;GIS 也因为有了空间分析这一强有力的理论支持而获得更强大的生命力和更广阔的发展空间。空间分析已被认为是地理信息系统中最核心、最重要的理论之一,也是 GIS 系统区别于其他计算机辅助设计系统的关键所在。

1.2.1 空间分析

现代空间分析概念的提出,起源于 20 世纪 60 年代地理和区域科学的计量革命。在起步阶段,主要是将统计分析的定量手段用于分析点、线、面的空间分布模式。在 60 年代地理学计量革命中,有些模型初步考虑了空间信息的关联性问题,成为当今空间数据分析模型的萌芽。如在 60 年代,法国马特龙(Matheron)在前人的基础上,提出“地统计学”,或称 Kriging 方法,它是一种用变异函数评价和估计自然现象的理论与方法;随后 Journel 针对矿物储量推算,将此技术在理论上和实践中推向成熟。同时,统计学家也对空间数据统计产生了兴趣,在方法完备性方面有诸多贡献。地理学、经济学、区域科学、地球物理、大气、水文等专门学科为空间信息分析模型的建立提供知识和机理。逐渐成熟后的空间分析理论与方法更多地强调地理空间的自身特征、空间决策过程及复杂空间系统的时空演化过程分析,分析方法也从统计方法扩展到运筹学、拓扑学和系统论。

实际上自有地图以来,人们就始终在自觉或不自觉地进行着各种类型的空间分析。如在地图上量测地理要素之间的距离、方位、面积,乃至利用地图进行战术研究和战略决策等,都是人们利用地图进行空间分析的实例,而后者实质上已属较高层次上的空间分析。

空间分析的概念,从不同的角度理解有不同的定义方式。从侧重于空间实体对象的图形与属性的交互查询角度考察,空间分析是从 GIS 目标之间的空间关系中获取派生的信息和新的知识,其分析对象是地理目标的空间关系,内容由拓扑空间查询、缓冲区分析、叠置分析、空间集合分析和地学分析组成。从侧重于空间信息的提取和空间信息传输角度考虑,空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据分析技术,其目的在于提取和传输空间信息。分析对象是地理目标的位置和形态特征,可将空间信息分为空间位置、空间分布、空间统计、空间关系、空间关联、空间对比、空间趋势和空间运动,其对应的空间分析操作为空间位置分析、空间分布分析、空间形态分析、空间关系分析和空间相关分析。

随着空间分析向更深层次发展,空间分析逐步走向为决策提供支持。空间分析对象是与决策支持有关的地理目标的空间信息及其形成机理,主要强调相关数学建模及模型的管理与应用。空间分析可以理解为是在对地理空间中的目标进行形态结构定义与分类的基础上,对目标的空间关系和空间行为进行描述,为目标的空间查询和空间相关分析提供参考,进一步为空间决策提供服务的功能体系,其体系包括空间数据探索、空间回归分析、空间机理模型、空间统计机理模型、空间复杂系统模型、空间运筹模型、空间数据挖掘。

1.2.2 基于 GIS 的空间分析

GIS 出现后,迅速吸取能利用的空间分析方法和手段,将它们植入 GIS 软件中,并且利用各种计算机新技术使复杂的传统空间分析任务变得简单易行,并能方便、高效地应用几何、逻辑、代数等运算、数理统计分析和其他数学物理方法,更科学、高效地分析和解释

地理特征间的相互关系及空间模式。因此, GIS 为空间分析提供了良好支撑平台, 空间分析也因为有了 GIS 而真正得以应用; 而 GIS 正是因为有空间分析功能才使之区别于一般的计算机辅助设计系统。

基于 GIS 的空间分析是地理信息系统区别于其他信息系统的主要特色, 是评价地理信息系统功能的主要特征之一。地理信息系统集成了多学科的最新技术, 如关系数据库管理、高效图形算法、插值、区划和网络分析, 为 GIS 空间分析提供了强大的工具。目前绝大多数地理信息系统软件都具备一定的空间分析功能, GIS 空间分析已成为地理信息系统的核心功能之一, 它特有的地理信息(特别是隐含信息)的提取、表现和传输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。

早期 GIS 发展集中于空间数据结构及计算机制图方面, 随着 GIS 基础理论研究逐步走向成熟, 计算机软硬件技术和相关学科的进步也为 GIS 提供了更好的支撑, GIS 技术正处于飞速发展的进程中, 其中融合的数据急剧增长。在此基础上人们不仅需要知道“在哪里”、“怎么去”这些基本的 GIS 空间分析问题, 更关心所处的具体位置与周围环境的关系, 普通市民会关心住宅区房屋的采光效果、噪声影响、交通和生活便利情况等; 农业规划管理和生产者考虑具体的地理环境下山地退耕还林、农业生产效率、农作物分区种植等方案确定; 城市规划和决策者需要考虑城市总体的合理规划, 如考虑垃圾处理厂对周围环境的影响程度, 考虑商场、学校、交通站点的地点选择; 水利、铁路、环境等部门则关心所辖区域在面临大量降雨条件下哪些区域可能发生诸如泥石流、山体滑坡、洪水淹没、交通破坏等灾害事件, 等等。这些人们关心和亟待解决的问题大都可以划归为空间分析的范畴, 可见 GIS 空间分析正成为人们关注的焦点, 起到越来越重要的作用。GIS 空间分析目前已广泛应用于水污染监测、城市规划与管理、地震灾害和损失估计、洪水灾害分析、矿产资源评价、道路交通管理、地形地貌分析、医疗卫生、军事领域等。

对基于 GIS 的空间分析的理解有不同的角度和层次。

1. 按空间数据结构类型

按处理的空间数据结构类型可分为栅格数据分析、矢量数据分析。栅格数据分析是建立在矩阵代数基础上的, 在数据处理与分析中使用二维数字矩阵分析法作为其数学基础。因此, 分析处理简单, 处理的模式化很强。一般来说, 栅格数据的分析处理方法可以概括为聚类分析、聚合分析、复合叠加分析、窗口分析、追踪分析等。

矢量数据空间分析的数学基础是二维笛卡尔坐标系。常用矢量数据空间分析内容包括拓扑包含分析、缓冲区分析及网络分析等。其中有些分析方法两者兼而有之, 只是分析处理方式不同, 如叠加分析在矢量数据和栅格数据中都有完善的实施方案。

2. 按分析对象的维数

按分析对象的维数包括二维分析、DTM 三维分析及多维分析。其中二维分析包括常规 GIS 分析的大部分内容, 如矢量数据空间分析、栅格数据空间分析、空间统计分析(空间插值、创建统计表面等)、水文分析(河网提取、流域分割、汇流累积量计算、水流长度计算等)、多变量分析、空间插值、地图代数等。