

第一章 导论

随着信息社会的到来，整个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它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 GIS 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 (Geographical Information System, Geo-Information System, 简称 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在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如下：

(1) 计算机系统软件

由计算机厂家提供的、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，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 功能分为以下几个方面：

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 系统内部之过程，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的过程。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纪录数据来替代数据库中相对应的数据项或纪录。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，涉及到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二者分开存储，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它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它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 在以下方面已得到广泛、深入的应用：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之任务，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，必须发展广泛的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 30 余年，用户的需要、技术之进步、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。

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 发展的动力来自于新技术的应用、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之疑难，需要有效地分析、处理空间信息；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，涉及到许多的学科和领域，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。

进入新世纪，GIS 应用向更深的层次发展，展现新的发展趋势。

1. 网络 GIS (Web-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，一般有以下四个部分：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）。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（Com-GIS）

组件式 GIS 是 GIS 技术与组件技术结合的产物。其基本思想是：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 控件与其它非 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（VR GIS）

虚拟现实 GIS（Virtual Reality GIS，简称 VR GIS）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，VR GIS 甚至融入到 Web-GIS 和 Com-GIS 之中。理想的 VR GIS 应包含下列特征：

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

VR GIS 的特点表现在以下几个方面：区域表达的真实性、空间、时间维的漫游、查询、用户和系统之间的交互作用；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之过程，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相通信和协作。

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、准确更新之要求。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, 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 系统中去。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 系统区别于其它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 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 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, 内容由以下几个部分组成: 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。

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，则可将空间信息分为：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管理的应用。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，其体系包括以下内容：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

地理信息系统出现后，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、高效的应用几何、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。于是，对于 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 真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之关系，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的总体的合理规划，如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来看，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、聚合分析、复合叠加分析、窗口分析、追踪分析等。

矢量数据空间分析数学基础则是二维笛卡尔坐标系统。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。其中有些分析方法二者兼而有之，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

按分析对象的维数来看，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。

三维分析则有如下内容：三维模型建立和显示基础上的空间查询定位分析，以及建立在三维数据上的趋势面分析、表面积、体积、坡度、坡向、视亮度、流域分布、山脊、山谷及可视域分析等。

多维空间分析是建立在多维 GIS 系统之上的。相对于时态 GIS 而言，时空分析包括如下内容：时空数据的分类、时间量测、基于时间的数据平滑和综合、根据时空数据变化进行统计分析、时空叠加分析、时间序列分析及预测分析等。

3. 按分析的复杂性程度

从分析复杂性程度来看，GIS 空间分析可以分为空间问题查询分析、空间信息提取、空间综合分析、数据挖掘与知识发现、模型构建。空间问题查询分析包括利用地理位置数据查询属性数据、由属性数据查询位置特征、区位查询（查询用户给定的图形区域——点、圆、矩形或多边形等内的地物属性和空间位置关系）。

空间信息提取涉及空间位置、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等的研究。其对应的空间分析操作为：空间位置分析、空间分布分析、空间形态分析和空间相关分析等。

空间综合分析涉及空间统计分析、可视性分析、地下渗流分析、水文分析、网络分析等内容。数据挖掘与知识发现则包括空间分类与聚类、空间关联规则确定、空间异常发现与趋势预测等内容。模型构建作为复杂空间分析内容，主要涉及各种机理模型的构建，包括空间机理模型、空间统计与机理模型、空间运筹模型、空间复杂系统模型等内容。

1.2.3 常用 GIS 平台空间分析比较

常见的 GIS 系统中，ESRI 的 ArcGIS 以其强大的分析能力占据了大量市场，成为主流的 GIS 系统。随着 ArcGIS9 的推出，运用 ArcGIS9 进行地理信息系统空间分析将成为一种主导趋势。本书在讲解空间分析原理基础上，阐述了如何利用 ArcGIS9 进行 GIS 空间分析，前五章主要论及地理信息系统空间分析的原理和 ArcGIS9 基本操作，从第六章开始，在介绍空间分析基础上，详细讲解了如何利用 ArcGIS9 进行地理信息系统空间分析。

常见 GIS 平台空间分析相关能力比较如下。

表 1 国内外 GIS 软件空间分析比较（据靳军等）

| 名称 | | ArcGIS | MGE | MapInfo | MapGIS | GeoStar | Super Map |
|---------|---------|-----------------------------|-----|---------|--------|---------|-----------|
| 功能 | | | | | | | |
| 空间查询与量算 | 空间查询 | ☆ | ☆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ |
| | 空间量算 | ☆ | ☆ | ◆ | ◆ | ◆ | ◆ |
| 缓冲区分析 | 点缓冲 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| | 线/弧 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| | 面/多边形 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| | 加权 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| 叠置分析 | 点与多边形 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| | 线与多边形 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| | 多边形与多边形 | ★ | ☆ | ◆ | ◆ | ☆ | ◆ |
| 网络分析 | 最短路径 | ☆ | ☆ | | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 网络属性值累积 | ☆ | ☆ | | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 路由分配 | ☆ | ☆ | | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 空间邻接搜索 | ☆ | ☆ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 最近相邻搜索 | ☆ | ☆ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 地址匹配 | ☆ | ☆ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| 其它分析 | 拓扑分析 | ☆ | ☆ | | ◆ | ◆ | ◆ |
| | 临近分析 | ★ | ☆ | | ◆ | ◆ | ◆ |
| | 复合分析 | ▲ | ▲ | | ▲ | ▲ | ◆ |
| 空间统计 | 统计图表分析 | ◆ | ▲ | ◆ | ▲ | ▲ | ▲ |
| 分类分析 | 主成分分析 | ◆ | ▲ | ◆ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 层次分析 | ◆ | ▲ | ◆ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 系统聚类分析 | ◆ | ▲ | ◆ | ▲ | ▲ | ▲ |
| | 判别分析 | ◆ | ▲ | ◆ | ▲ | ▲ | ▲ |
| 备注 | | ★表示更强；☆表示强；◆表示较强；◇表示弱；▲表示较弱 | | | | | |

1.3 ArcGIS9 概述

从 1978 年以来，ESRI 相继推出了多个版本系列的 GIS 软件，其产品不断更新扩展，构成适用各种用户和机型的系列产品。ArcGIS 是 ESRI 在全面整合了 GIS 与数据库、软件工程、人工智能、网络技术及其它多方面的计算机主流技术之后，成功地推出了代表 GIS 最高技术水平的全系列 GIS 产品。ArcGIS 是一个全面的，可伸缩的 GIS 平台，为用户构建一个完善的 GIS 系统提供完整的解决方案。

1.3.1 ArcGIS9 体系结构

ArcGIS9 是美国环境系统研究所（Environment System Research Institute，ESRI）开发的新一代 GIS 软件，是世界上应用广泛的 GIS 软件之一。

ArcGIS9 由 ESRI 在 2004 年推出，是一个统一的地理信息系统平台，由数据服务器 ArcSDE 及 4 个基础框架组成：桌面软件 Desktop、服务器 GIS、嵌入式 GIS 和移动 GIS。

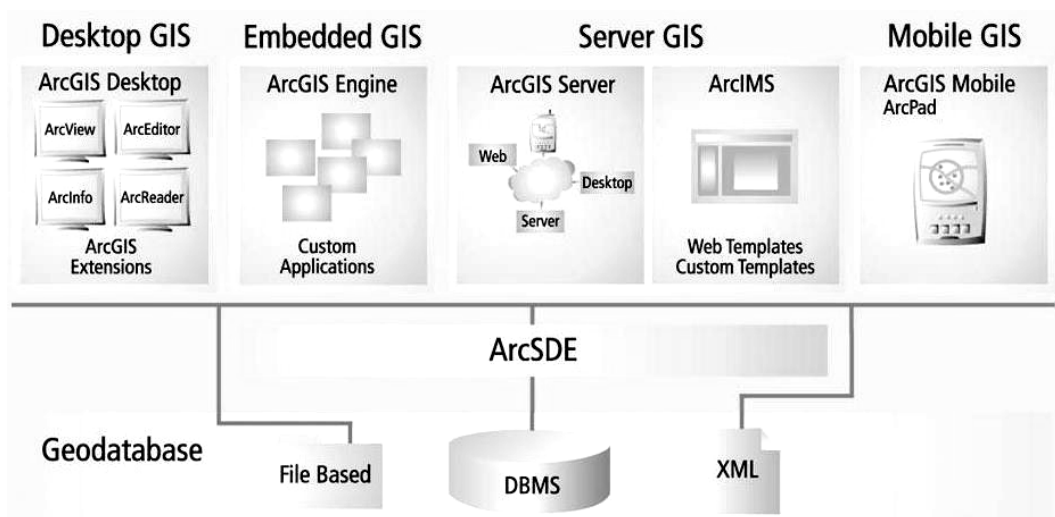


图 1 ArcGIS9 体系

1. Desktop GIS

Desktop GIS 包含诸如 ArcMap，ArcCatalog，ArcToolbox 以及 ArcGlobe 等在内的用户界面组件，其功能可分为三个级别：ArcView，ArcEditor 和 ArcInfo，而 ArcReader 则是一个免费地图浏览器组件。其中，ArcView、ArcEditor、ArcInfo 是三级不同的桌面软件系统，共用通用的结构、通用的编码基数、通用的扩展模块和统一的开发环境，功能由简单到复杂。其相互关系如图 2 示例。

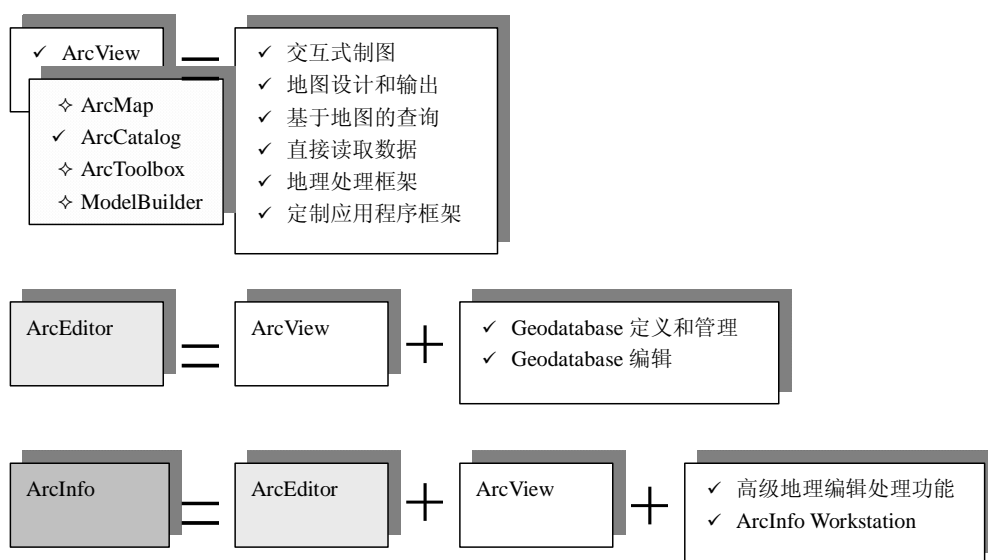


图 2 ArcView, ArcEditor, 和 ArcInfo

2. Server GIS

ArcGIS9 所包含的三种服务端产品： ArcSDE、ArcIMS 和 ArcGIS Server。

ArcSDE 是管理地理信息的高级空间数据服务器。ArcIMS 则是一个可伸缩的，通过开放的 Internet 协议进行 GIS 地图，数据和元数据发布的地图服务器。ArcGIS Server 是应用服务器，用于构建集中式的企业 GIS 应用，基于 SOAP 的 Web services 和 Web 应用，包含在企业和 Web 框架上建设服务端 GIS 应用的共享 GIS 软件对象库。

3. Embedded GIS

在嵌入式GIS支持方面，ArcGIS9 提供了ArcGIS Engine，是应用于ArcGIS Desktop应用框架之外的嵌入式ArcGIS组件。使用ArcGIS Engine，开发者在C++，COM，.NET和Java环境中使用简单的接口获取任意GIS功能的组合来构建专门的GIS应用解决方案。

4. Mobile GIS

在移动GIS方面，ArcGIS9 提供了实现简单GIS操作的ArcPad和实现高级GIS复杂操作的Mobile ArcGIS Desktop System。ArcPad是ArcGIS实现简单的移动GIS和野外计算之解决方案；ArcGIS Desktop和ArcGIS Engine集中组建的Mobile ArcGIS Desktop Systems一般在高端平板电脑上执行，以执行GIS分析和决策分析的野外工作任务。

5. Geodatabase

Geodatabase 是 geographic database 的简写，是一种在专题图层和空间表达中组织 GIS 数据的核心地理信息模型，是一套获取和管理 GIS 数据的全面的应用逻辑和工具。

不管是客户端的应用（如 ArcGIS Desktop），服务器配置（如 ArcGIS Server），还是嵌入式的定制开发（ArcGIS Engine）都可以运用 Geodatabase 的应用逻辑。Geodatabase 还是一个基于 GIS 和 DBMS 标准的物理数据存储库，可以应用于多用户访问、个人 DBMS 以

及 XML 等情形。Geodatabase 被设计成一个开放的、简单几何图形的存储模型。Geodatabase 对众多的存储机制开放，包括诸如 DBMS 存储、文件型存储或者 XML 方法存储之类，并不局限于某个 DBMS 的供应商。

1.3.2 ArcGIS9 软件特色

ArcGIS9 是 ESRI 发布的功能比较强大而又完善的版本。ArcGIS9 的一个主要目标是与现有的 ArcGIS 8.3 平台的功能和数据模型完全兼容，使得最终用户和开发商可以很方便地对系统进行升级，同时在软件稳定性、测试、空间数据库伸缩性和栅格处理的性能方面作了改进；提供强大的跨平台支持能力，包括 Windows、UNIX 和 Linux 平台，这为用户提供了更加灵活的配置选择。

1. 制图编辑的高度一体化

在 ArcGIS 中，ArcMap 提供了一体化的完整地图绘制、显示、编辑和输出的集成环境。相对于以往所有的 GIS 软件，ArcMap 不仅可以按照要素属性编辑和表现图形，也可直接绘制和生成要素数据；可以在数据视图按照特定的符号浏览地理要素，也可同时在版面视图生成打印输出地图；有全面的地图符号、线形、填充和字体库，支持多种输出格式；可自动生成坐标格网或经纬网，能够进行多种方式的地图标注，具有强大的制图编辑功能。

ArcGIS 在前期 ArcInfo 版本的基础上，增强了提供给制图人员的工具，并且支持以前版本的所有功能，ArcMap 在提供给制图人员生产高质量印刷地图所需表达和布局工具的同时，还提供了一个艺术化的地图编辑环境。具有强大功能和人性化特点，可以完成任意地图要素的绘制和编辑。

2. 便捷的元数据管理

ArcGIS 可以管理其支持的所有数据类型的元数据，可以建立自身支持的数据类型和元数据，也可以建立用户定义数据的元数据（如文本、CAD、脚本），并可以对元数据进行编辑和浏览。ArcGIS 可以建立元数据的数据类型很多，包括 ArcInfo Coverage、ESRI Shapefile、CAD 图、影像、GRID、TIN、PC ARC/INFO Coverage、ArcSDE、Personal ArcSDE、工作空间、文件夹、Maps、Layers、INFO 表、DBASE 表、工程和文本等。

ArcCatalog 模块用以组织和管理所有的 GIS 信息，如地图、数据集、模型、元数据、服务等，支持多种常用的元数据，提供了元数据编辑器以及用来浏览的特性页，元数据的存储采用了 XML 标准，对这些数据可以使用所有的管理操作（如复制、删除和重命名等）。ArcCatalog 也支持多种特性页，它提供了查看 XML 的不同方法。在更高版本的 ArcGIS 中，ArcCatalog 将提供更强大的元数据支持。

3. 灵活的定制与开发

ArcGIS8 的 Desktop 部分通过一系列可视的 GIS 应用操作界面，满足了大多数终端用户的需求，同时，也为更高级的用户和开发人员提供了全面的客户化定制功能。

ArcMap 提供了多个被添加到界面上的不同工具条来对数据进行编辑和操作，用户也可以创建添加自定义的工具。ArcCatalog 和 ArcMap 的基础是 Microsoft 公司的组件对象模

型 (COM), 于是可以说 ArcGIS 是完全 COM 化的, 对于需要对 ArcGIS 进行结构定制和功能扩展的高级开发人员来说, 这是非常有吸引力的。任何 COM 兼容的编程语言, 如 Visual C++、Delphi 或者 Visual J++ 都能用来定制和扩展 ArcGIS。

ArcGIS 还提供了工业标准的 VBA(Microsoft Visual Basic for Application), 用于所有的脚本编程和定制工作。ArcMap 和 ArcCatalog 这两个模块的 VBA 编辑器, 可以让用户编写定制的脚本, 并作为宏来运行和保存、添加到界面上的命令按钮里。

4. ArcGIS9 的新功能

与 ArcGIS8 相比, ArcGIS9 最大的变化是增加了两个基于 ArcObject 的产品: 面向开发的嵌入式 ArcGIS Engine 和面向企业用户基于服务器的 ArcGIS Server。这两个产品都支持包括 Windows、UNIX 和 Linux 在内的跨平台技术。3D Analyst 是 ArcGIS8 的扩展模块, 主要提供空间数据的三维显示功能。在 ArcGIS9 中, 该模块在 3D Analyst 的基础上第一次推出全球 3D 可视化功能。该模块具有与 ArcScene 相似的地图交互工具, 可以与任何在三维地球表面有地理坐标的空间数据进行叠加显示。ArcGIS9 特别增强了栅格数据的存储、管理、查询和可视化能力, 可以管理上百个 GB 到 TB 数量级的栅格数据, 允许其有属性, 并可与矢量数据一起存储并成为空间数据库的一个重要组成部分。ArcGIS9 还推出了一种标准、开放的空间数据库格式, 它直接利用 XML schema 形式, 提供了对包括矢量、栅格、测量度量值和拓扑在内的所有空间数据类型的访问。在以前版本中, 象数据集合并等高级空间处理功能一般由 ArcInfo Workstation 或 XML 完成, 在中这些功能都可在 ArcGIS9 桌面端实现。

1.3.3 ArcGIS9 空间分析

强大的空间分析能力是 ArcGIS 系列产品一大特征, ArcGIS9 推出了一种全新的空间分析方式, 能帮助用户完成高级的空间分析, 如选址适宜性分析和合并数据集等。在 ArcGIS9 中, 全部主要的 Workstation 空间处理功能都将在 ArcGIS 桌面端提供, 并将进一步提供更多的处理工具, 进行对包括空间数据库要素类在内的数据格式处理。

关于 ArcGIS9 中空间处理 (Geoprocessing) 主要内容。

表 3 空间处理 (Geoprocessing)

| 名称 | 主要内容 |
|---|--|
| 分析工具 (Analysis Tools, 计 16 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 裁剪、选择、拆分等 ✧ 相交、联合、判别等 ✧ 缓冲区、邻近、点距离 ✧ 频度、加和统计等 |
| 数 据 管 理 (Data Management, 计 118 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 字段、索引、值域、子类型和工作空间管理 ✧ 空间数据库版本、关系类和拓扑 ✧ 栅格管理与图层、视图、关联和选择集 ✧ 综合 (融合) 与要素操纵工具 ✧ 数据集管理 (创建、复制、删除和重命名) |
| 转 换 工 具 (Conversion Tools, 25 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 栅格数据转换为 ASCII 及矢量数据 (点、线、面) ✧ 数据转换为其它类型数据 |
| 空间分析工具 (Spatial Analyst Tools, 计 158 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 矢量数据空间分析 (缓冲区分析、叠置分析、网络分析) ✧ 栅格数据空间分析 (距离制图、表面分析、密度制图、统计分析、重分类、栅格计算) ✧ 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) ✧ 地下水分析 (达西分析、粒子追踪、多孔渗流等) ✧ 多变量分析、空间插值 ✧ 数学、地图代数 |
| 3D 分析工具 (3D Analyst Tools, 计 45 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 创建表面模型 (栅格、TIN 表面) ✧ 表面分析 (表面积与体积、提取等值线、计算坡度与坡向、可视性分析、提取断面与表面阴影等) ✧ ArcScene 三维可视化 (要素的立体显示、设置场景属性、飞行动画) |
| 地理编码工具 (Geocoding Tools, 计 7 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 创建/删除地址定位器等 ✧ 自动化/重建地理索引编码 ✧ 地理索引编码地址分配 ✧ 标准化地址等 |
| 线 性 参 考 (Linear Referencing Tools, 计 7 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ ArcView 显示点与线事件及线性参考要素的阴影工具 ✧ ArcEditor: 创建和编辑线性参考要素的工具 ✧ ArcInfo: 线性参考分析, 从要素生成事件及覆盖事件等 |
| Coverage 工具 (Coverage Tools, 计 57 种) | <ul style="list-style-type: none"> ✧ 分析、数据管理和转换等 |