

石 云·著

*ArcGIS*专题应用

GIS在宁夏水土保持生态中的实践



黄河出版传媒集团
阳光出版社

宁夏回族自治区重点研发计划项目（2019BEG03049）
宁东能源化工基地水土保持生态环境动态监测与研究（2015年度）
国家自然科学基金项目（41171090）

上篇 GIS 在宁夏水土保持生态中的实践

- 第一章 GIS 概论 / 3
- 第二章 ArcGIS 专题应用 / 15
- 第三章 宁夏水土保持生态环境发展及现状 / 26
- 第四章 GIS 在宁夏水土保持生态环境中应用的总结 / 34

中篇 ArcGIS 基础实践

- 第五章 地图投影与变换 / 43
- 第六章 重新认识 ArcGIS / 62
- 第七章 土地利用/覆被变化 / 68

下篇 ArcGIS 专题实践

- 第八章 退耕还林还草数据库构建-1 / 79
- 第九章 退耕还林还草数据库构建-2 / 85
- 第十章 退耕还林还草数据库构建-3 / 93
- 第十一章 退耕还林还草规划-1——空间分析 / 96
- 第十二章 退耕还林还草规划-2——专题地图的制作 / 108
- 第十三章 可视化表达 / 117
- 第十四章 GIS 在沟道侵蚀提取中的应用 / 123
- 第十五章 沟道提取及验证 / 134
- 第十六章 沟道属性赋值 / 143
- 第十七章 土壤含水量空间分布与模拟 / 153
- 第十八章 小流域土壤侵蚀模型构建 / 162

上篇

GIS 在宁夏水土保持生态中的实践

第一章 GIS概论

1 GIS 概念及特点

1.1 GIS 的概念

地理信息系统(GIS)是在计算机软硬件系统支持下,具有对地球表面(包括大气层)空间中和地理分布有关的数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述等功能的空
间信息系统^[1]。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,主要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。

1.2 GIS 的特点

地理信息系统具有以下三个方面的特征:

第一,具有采集、管理、分析和输出多种地理信息的能力,具有空间性和动态性;

第二,由计算机系统支持进行空间地理数据管理,并由计算机程序模拟常规的或专
门的地理分析方法,作用于空间数据,产生有用信息,完成人类难以完成的任务;

第三,计算机系统的支持是地理信息系统的重要特征,因而使得地理信息系统能以
快速、精确、综合地对复杂的地理系统进行空间定位和过程动态分析。

地理信息系统的外观,表现为计算机软硬件系统;其内涵却是由计算机程序和地理
数据组织而成的地理空间信息模型。当具有一定地学知识的用户使用地理信息系统时,
他所面对的数据不再是毫无意义的,而是把客观世界抽象为模型化的空间数据,用户可
以按应用的目的观测这个现实世界模型的各个方面的内容,取得自然过程的分析和预测
的信息,用于管理和决策,这就是地理信息系统的意义。一个逻辑缩小的、高度信息化的
地理系统,从视觉、计量和逻辑上对地理系统在功能方面进行模拟,信息的流动以及信息
流动的结果,完全由计算机程序的运行和数据的变换来仿真。地理学家可以在地理信息
系统支持下提取地理系统不同侧面、不同层次的空间和时间特征,也可以快速地模拟自
然过程的演变或思维过程的结果,取得地理预测或实验的结果,选择优化方案,用于管理

与决策。

2 GIS 的组成

一个完整的 GIS 系统主要由四部分组成,即硬件系统、软件系统、地理空间数据和系统开发、管理与使用人员。其核心内容是计算机硬件和软件,空间数据反映了应用地理信息系统的信息内容,用户决定了系统的工作方式。

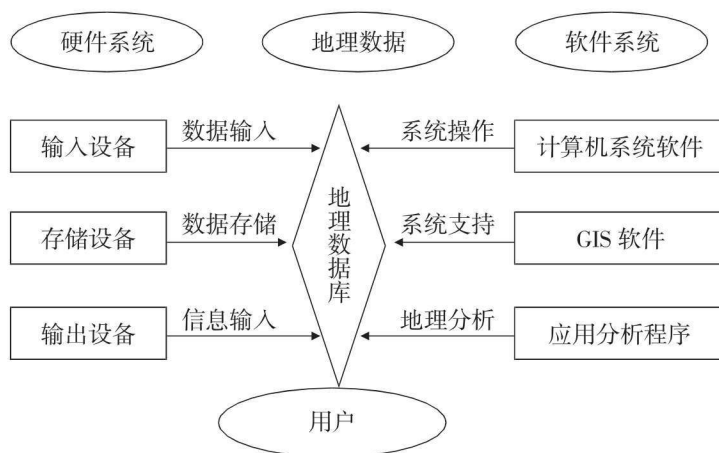


图 1-1 GIS 的组成

2.1 硬件系统

硬件系统是 GIS 中实际物理设备的总称,主要包括计算机、输入设备、存储设备和输出设备。

2.2 软件系统

软件系统是 GIS 运行时所必需的各种程序。包括:①计算机系统软件;②地理信息系统软件及其支撑软件。包括地理信息系统工具或地理信息系统实用软件程序,以完成空间数据的输入、存储、转换、输出及其用户接口功能等;③应用程序。这是根据专题分析模型编制的特定应用任务的程序,是地理信息系统功能的扩充和延伸。

2.3 地理空间数据

空间数据是地理信息系统的重要组成部分,是系统分析加工的对象,是地理信息系统表达现实世界的经过抽象的实质性内容。它一般包括三个方面的内容:即空间位置坐标数据、地理实体之间空间拓扑关系以及相应于空间位置的属性数据。通常,它们以一定的逻辑结构存放在空间数据库中,空间数据来源比较复杂,随着研究对象不同,范围不

同,类型不同,可采用不同的空间数据结构和编码方法,其目的就是为了更好地管理和分析空间数据。

2.4 系统开发、管理与使用人员

地理信息系统是一个复杂的系统,仅有计算机硬件、软件及数据还不能构成一个完整的系统,必须要有系统的使用管理人员。其中包括具有地理信息系统知识和专业知识的高级应用人才、具有计算机知识和专业知识的软件应用人才以及具有较强实际操作能力的硬软件维护人才。

3 GIS 的功能

地理信息系统功能包括以下的部分:①数据采集、监测与编辑(手扶跟踪数字化);②数据处理(矢栅转换、制图综合);③数据存储与组织(矢量栅格模型);④空间查询与分析(空间检索、空间拓扑叠加分析、空间模型分析);⑤图形交互与显示(各种成果表现方式)。

3.1 数据采集、监测与编辑

数据采集、监测与编辑主要用于获取数据,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。因此,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。目前,可用于地理信息系统数据采集的方法与技术很多,有些仅用于地理信息系统,如手扶跟踪数字化仪,而自动化扫描输入与遥感数据集成为人们所关注。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。

3.2 数据处理

对数据处理而言,初步的数据处理主要包括数据格式化、转换、概括。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错、需要大量计算量的工作,应尽可能避免;数据转换包括数据格式转化、数据比例尺的变化等。在数据格式的转换方式上,矢量到栅格的转换要比其逆运算快速、简单。数据比例尺的变换涉及数据比例尺缩放、平移、旋转等方面,其中最为重要的是投影变换。目前地理信息系统所提供的数据概括功能极弱,与地图综合的要求还有很大差距,需要进一步发展。

3.3 数据存储与组织

数据存储与组织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。

3.4 空间查询与分析

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,即可把满足一定条件的空间对象查出,并将其按空间位置绘出,同时列出它们的相关属性等。空间查询是支持综合图形与文字的多种查询的主要方法,它支持由图查图、由图查文和由文查图,并给出新图和有关数据。

GIS 通常使用空间数据引擎存储和查询空间数据库。空间数据引擎在用户和异构空间数据库的数据之间提供一个开放的接口,它是一种处于应用程序和数据管理系统之间的中间件技术,空间数据引擎是开放且基于标准的,这些规范和标准包括 OGC 的 Sample Feature SQL Specification、IOS/IEC 的 SQL3 以及 SQL 多媒体与应用程序包(SQL/MM)等。市场上主要的空间数据引擎产品都是与上述规范高度兼容的。

空间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。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,它以空间数据和属性数据为基础,回答真实地理客观世界的有关问题。地理信息系统的空间分析可分为:拓扑分析、方位分析、度量分析、混合分析、栅格分析和地形分析等。

3.5 图形交互与显示

图形与交互显示同样是一项重要功能。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,尤其要强调的是地理信息系统的地图输出功能。一个好的地理信息系统应能提供一种良好的、交互式的制图环境,以供地理信息系统的使用者能够设计和制作出高质量的地图。

4 GIS 的应用与发展趋势

4.1 GIS 的应用

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、宏观决策等方面得到广泛、深入的应用。

4.1.1 资源清查与管理

资源的清查、管理与分析是 GIS 应用最广泛且趋于成熟的应用领域,也是 GIS 最基本的职能,包括土地资源、森林资源和矿产资源的清查、管理,土地利用规划、野生动植物保护等。GIS 的主要任务是将各种来源的数据和信息有机地汇集在一起,通过 GIS 软件生成一个连续无缝的、功能强大的大型地理数据库,该数据环境允许集成各种应用,如通过系统的统计、叠置分析等功能,按照多种边界和属性条件,提供区域多种条件组合形式的资源统计和资源状况分析,最终用户可通过 GIS 的客户端软件直接对数据库进行查询、显示、统计、制图及提供区域多种组合条件的资源分析,为资源的合理开发利用和规划决策提供依据。以土地利用类型为例,可输出不同土地利用类型的分布和面积、不同高程带划分的土地利用类型、不同坡度区内的土地利用现状及不同类型的土地利用变化等,为资源的合理利用、开发和科学管理提供依据。如中国西南地区国土资源信息系统,设置了三个功能子系统,即数据库系统、辅助决策系统和图形系统,存储了 1500 多项 300 多万个资源数据。该系统提供了西南地区的一系列资源分析与评价模型、资源预测预报及资源合理开发配置模型。该系统可绘制草场资源分布图、矿产资源分布图、各地县产值统计图、农作物产量统计图、交通规划图及重大项目规划图等不同的专业图。

4.1.2 区域规划

区域规划具有高度的综合性,涉及资源、环境、人口、交通、经济、教育、文化、通讯和金融等众多要素,要把这些信息进行筛选并转换成可用的形式并不容易,规划人员需要切实可行的技术和实时性强的信息,而 GIS 能为规划人员提供功能强大的工具。规划人员可利用 GIS 对交通流量、土地利用和人口数据进行分析,预测将来的道路等级;工程技术人员利用 GIS 将地质、水文和人文数据结合起来,进行路线和构造设计;GIS 软件的空间搜索算法、多元信息的叠置处理、空间分析方法和网络分析等功能,可帮助政府部门完

成道路交通规划、公共设施配置、城市建设用地适宜性评价、商业布局、区位分析、地址选择、总体规划、分区、现有土地利用、分区一致性、空地、开发区和设施位置等分析工作,是实现区域规划科学化和满足城市发展的重要保证。我国大、中城市居多,为保证城市可持续发展,加强城市规划建设,实现管理决策的科学化、现代化,根据加快中心城市规划建设和加强城市建设决策科学化的要求,利用 GIS 作为城市规划管理和分析的工具,具有十分重要的意义。

4.1.3 灾害监测

借助遥感监测数据和 GIS 技术可有效地进行森林火灾的预测预报、洪水灾情监测和洪水淹没损失的估算及抗震救灾等工作,为救灾抢险和决策提供及时准确的信息。如根据对我国大兴安岭地区的研究,通过普查分析森林火灾实况,统计分析十几万个气象数据,从中筛选出气温、风速、降水、湿度等气象要素以及春秋两季植被生长情况和积雪覆盖程度等 14 个因子,用模糊数学方法建立数学模型以及模型建立的多因子综合指标森林火险预报方法,预报火险等级的准确率可达 73% 以上。又如黄河三角洲地区防洪减灾信息系统,在 Arc/Info GIS 软件支持下,借助大比例尺数字高程模型,加上各种专题地图如土地利用、水系、居民点、油井、工厂和工程设施及社会经济统计信息等,通过各种图形叠加、操作、分析等功能,可计算出若干个泄洪区域及其面积,比较不同泄洪区域内的土地利用、房屋、财产损失等,最后得出最佳的泄洪区域,并制定整个泄洪区域内的人员撤退、财产转移和救灾物资供应等的最佳运输路线。

此外,RS 与 GIS 技术在抗震救灾中也有广泛应用。我国是地震多发国家之一,为了尽可能减少在未来地震中的生命和财产损失,必须建立一套地震应急快速响应信息系统。GIS 技术作为该系统的基础,在平时建立起来的地震重点监视防御区的综合信息数据库和信息系统基础上,一旦发生大地震,就可借助 RS 和 GIS 技术迅速获取震区的各种信息,经过快速处理来获得地震灾害的各种信息,以便实现对破坏性地震的快速响应,防震减灾应急对策建议的即时生成,各种震情、灾情、背景、方案信息的可视化图形展示。这些信息不仅可为抗震救灾的部署提供重要依据,也可各种救灾措施的实施提供信息支持,以提高抗震救灾的效率,最大限度地减轻地震造成的损失。GIS 技术在地震中的具体应用包括应急指挥、灾害评估、辅助决策、地震灾害预测等。

4.1.4 土地调查和地籍管理

土地调查包括对土地的调查、登记、统计、评价、使用等。土地调查的数据涉及土地的

位置、房地界、名称、面积、类型、等级、权属、质量、地价、税收、地理要素及有关设施等内容。土地调查是地籍管理的基础工作。随着国民经济的发展,地籍管理工作的重要性正变得越来越明显,土地调查的工作量变得越来越大,以往传统的手工方法已不能胜任。GIS 为解决这一问题提供了先进的技术手段。借助 GIS 可以进行地籍数据的管理、更新,开展土地质量评价和经济评价,输出地籍图,同时还可为有关的用户提供所需的信息,为土地的科学管理和合理利用提供依据。

4.1.5 环境管理

随着经济的高速发展,环境问题愈来愈受到人们的重视,环境污染、环境质量退化已成为制约区域经济发展的主要因素之一。环境管理涉及人类的社会活动和经济活动的一切领域。传统的环境管理方式已不断受到挑战,逐渐落后于我国经济发展的要求。而 GIS 技术可为环境评价、环境规划管理等工作提供有力工具,如环境监测和数据收集、建立基础数据库和环境动态数据库、建立环境污染的有关模型、提供环境管理的统计数据和报表输出、环境作用分析和环境质量评价、环境信息传输和制图等。为提高我国环境管理的现代化水平,很多新型的环境管理信息系统不断建成,从 1994 年下半年起,在国家环保总局的统一领导下,我国进行了覆盖 27 个省、市、自治区的省级环境信息系统(pEIS)建设。

4.1.6 城市管理

城市管理是一项内容广泛、涉及面宽的复杂管理,不但需要各级政府之间的协调,更需要各部门之间的协作。同时,还需要处理各种统计数据与信息,查阅并分析许多与空间位置相关的信息,如城市自然要素的空间分布,基础设施中管线的布设,公共事业中设施的建设和布局,社会管理中流动人口的来源、分布、就业分布、社会治安因素分析、社区管理设施与服务分布等。这些工作都需要能够专门处理空间数据和进行空间分析的 GIS 作为技术手段。

在城市公共基础设施管理中,GIS 可帮助管理人员查询设施管线、管网(包括供水、排水、供电、供气及电缆系统等)的分布,追踪流量信息和运行质量监控;在城市公共事业管理中,GIS 主要用于公共事业设施的分布及需要公共事业服务的特殊人群的分布分析等;在城市资源与生态环境管理中,GIS 的职能主要体现在资源清查与管理、土地调查和地籍管理、灾害监测和环境管理等方面;在城市经济空间结构管理方面,GIS 主要处理各经济要素的空间分布,如产业空间布局、商贸中心的分布、城市功能区的范围等,并分析其规

模、形态和位置是否符合城市空间扩张的规律;在城市社会管理中,GIS 主要进行城市社会因素的空间特征的管理,如人口分布、不同人口密度的地区显示、社区服务设施分布、影响社会治安因素的分布分析及犯罪嫌疑人追踪等。

4.1.7 作战指挥

军事领域中运用 GIS 技术最成功的例子当属 1991 年海湾战争。美国国防制图局为满足战争需要,在工作站上建立了 GIS 与遥感的集成系统,它能用自动影像匹配和自动目标识别技术处理卫星和高低空侦察机实时获得的战场数字影像,及时(不超过 4 小时)将反映战场现状的正射影像图叠加到数字地图上,并将数据直接传送到海湾前线指挥部和五角大楼,为军事决策提供 24 小时的实时服务。通过利用 GPS(全球定位系统)、GIS、RS(遥感)等高新尖端技术迅速集结部队及武器装备,以较低的代价取得了极大的胜利。

4.1.8 辅助决策

GIS 利用特有的数据库,通过一系列决策模型的构建和比较分析,可为国家宏观决策提供依据。例如,系统支持下的土地承载力研究,可解决土地资源与人口容量的规划。在我国三峡地区,通过利用 GIS 和机助制图方法建立的环境监测系统,为三峡宏观决策提供了建库前后环境变化的数量、速度和演变趋势等可靠的数据。美国伊利诺斯州某煤矿区由于采用房柱式开采引起地面沉陷,为避免沉陷对建筑物的破坏,减少经济赔偿和对新建房屋的破坏,煤矿公司通过对该煤矿 GIS 数据库中岩性、构造及开采状况等数据的分析,利用图形叠置功能对地面沉陷的分布和塌陷规律进行了分析与预测,指出地面建筑的危险地段和安全地段,为合理部署地面的房屋建筑提供了依据,取得了较好的经济效果。

此外,GIS 利用数据库和互联网传输技术,已经实现了电子商贸的革命,满足企业决策多维性的需求。当前在全球协作的商业时代,90%以上的企业决策与地理数据有关,如企业的分布、客货源、市场的地域规律、原料、运输、跨国生产、跨国销售等。利用 GIS 可迅速有效地管理空间数据,进行空间可视化分析,确定商业中心的位置和潜在市场的分布,寻找商业地域规律,研究商机时空变化的趋势,不断为企业创造新的商机,GIS 和互联网已成为最佳的决策支持系统。

4.2 GIS 的发展趋势

4.2.1 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丰台开发,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。为满足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。

4.2.2 3S 的集成

GPS 是全球定位系统,是实现空间实体快速、精密定位的现代化工具;GIS 是地理信息系统,它实现是空间实体的空间信息的采集、存储、处理、分析、显现的有效方法;RS 是遥感,它能够迅速的,全方位的,实时的、大面积的获取空间信息影像,这三者的有效结合称为 3S 集成。地理信息系统虽然对空间数据具有很好的处理与分析能力,但是空间数据的来源有很大的局限性,限制了其发展。而遥感却是获取空间数据的有效手段和方法。它们的研究对象都是空间实体,但是遥感主要着重空间信息的采集和分类;地理信息系统则着重空间数据的存储、管理与分析。这样利用两者的优点,将两者有机地结合起来。利用遥感可以为地理信息系统提供大量的、有效的、实时的空间数据,修正地理信息系统数据。而遥感的处理过程可以利用地理信息系统的数据,增强结果的精确度与准确率。这样,遥感促进了地理信息系统的发展,地理信息系统又为遥感的发展打下夯实的基础。

GIS 另外一个数据的重要来源是 GPS。GPS 是当代最主流的定位、导航系统,在全球导航产业占有很大的比重。GPS 可以实时获取任意空间位置的地理坐标,并且定位精度也很高,还可以用来测速、导航等。GIS 可以利用这些数据及时地获取未知点的空间坐标或者对已知的空间坐标进行修改与更新,提高 GIS 的工作效率及精度。同时 GIS 对 GPS 来说是一个有利的、重要的空间数据处理、集成和应用工具。两者紧密联系,在很多领域的不同应用中开拓出更广阔的天地。

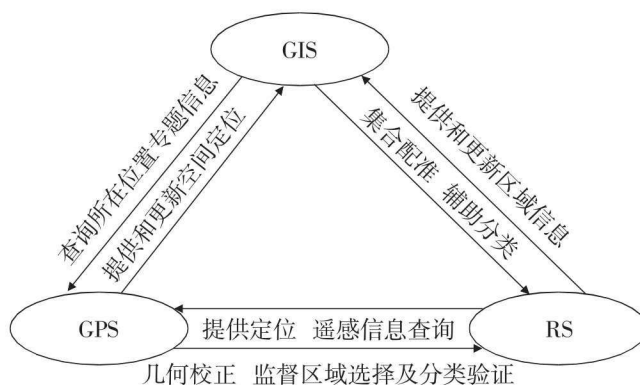


图 1-2 3S 技术集成

4.2.3 Web-GIS 与 VR-GIS

随着计算机网络的快速发展,人们获取信息的方式慢慢从电视、纸质报纸等这些传统的信息媒介过渡到更方便、更快捷的计算机网络。这样网络与 GIS 的结合就成了必要的趋势。WEB-GIS 是基于 Internet 平台、客户端应用软件采用网络协议,运用在 Internet 上的地理信息系统,可用于处理大量的特殊数据类型,特别是矢量数据的处理。它以网络浏览器为应用工作平台,在客户端可以对矢量数据进行操作,并且可以在多个客户端上实现原来在本机上才能实现的功能,提高计算机的运行性能,并可通过网络远程调用和发布各类数据、图形、图像,这些优点大大地缩小了传统 GIS 的局限性,扩大 GIS 的应用范围,提升 GIS 的发展空间。

VR-GIS 是地理信息系统与虚拟现实技术的结合。主要是为了提高用户的操作体验,增强 GIS 的可视化特征。虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统,它利用计算机生成一种多源信息融合的交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真模拟环境,使用户沉浸到该环境中。VR-GIS 的本质其实还是一个传统型“GIS”,只是将 VR 技术融入 GIS 中,并将其作为主要的用户界面和交互方法,但其本质没变,它仍具有传统 GIS 系统的所有功能。一个好的 VR-GIS 软件应该可以真实自然地表现数据,具有三维数据库,可以使用户在任何角度下观察、实时交互等优点,这样才能给用户一个更好的操作体验,达到实现 VR 与 GIS 结合的真正目的。

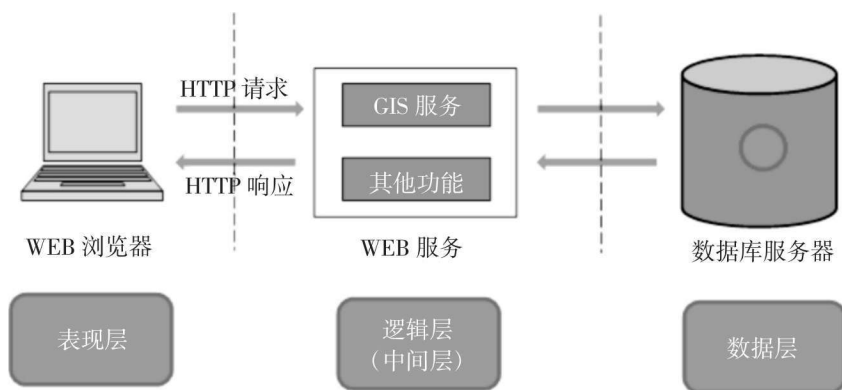


图 1-3 WEB-GIS 架构

4.2.4 移动 GIS

移动 GIS,是以移动互联网为支撑、以智能手机或平板电脑为终端,结合北斗、GPS 或基站为定位手段的 GIS 系统,是继桌面 GIS、WEBGIS 之后,地理信息产业关注的又一技

术热点。同时,随着地理信息技术自身的发展,移动 GIS 也不再仅局限于 GIS 系统本身,而是延伸到了整个地理信息产业链,涉及数据采集、数据处理、平台软件、行业应用等多个层面,构成了移动地理信息的新生态。

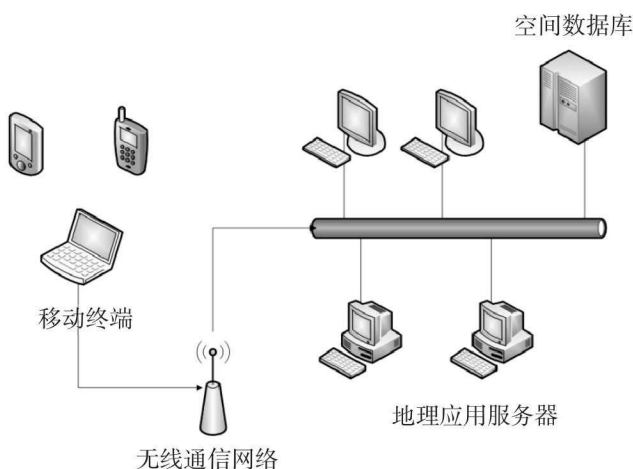


图 1-4 移动 GIS 架构

4.2.5 大数据与 GIS

随着云时代的来临,大数据(Big data)也吸引了越来越多的关注,逐渐形成一个产业链。在大数据时代,GIS 数据采集的手段、存储和管理的形式、分析和挖掘的方法必将发生巨大的变革。作为一门以空间分析为核心、以指导决策为目的的综合性学科,数据对 GIS

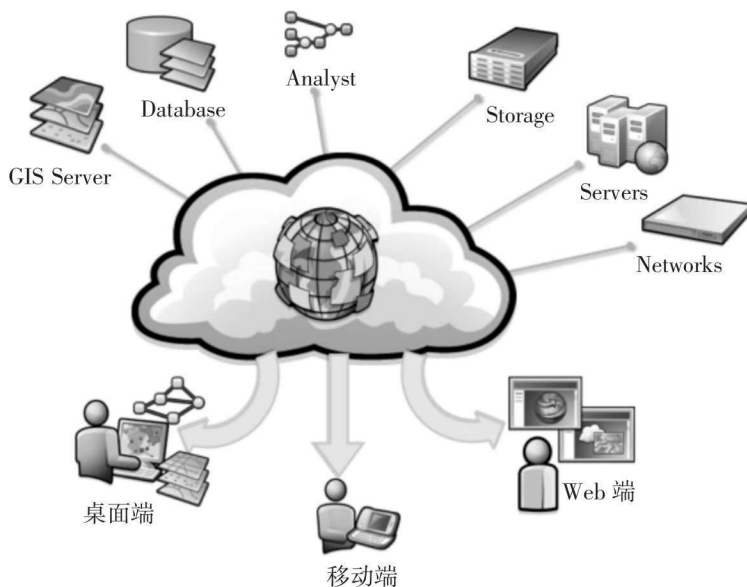


图 1-5 GIS 与大数据

的重要性不言自明。要想在大数据时代发挥 GIS 的最大功效,必须采集高质量的数据,将数据进行安全、高效和方便地存取和管理,同时与时俱进地转变分析的观念和方法,才能在提高分析效率的同时保证分析的准确性。同时,将 GIS 与大数据技术相结合,才能从根本上解决 GIS 庞大的数据量所面临的各种问题,将 GIS 的海量的数据变成具有价值的资产,进而从这些数据中挖掘出知识。

4.2.6 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。

参考文献

- [1] 汤国安,赵牡丹,杨昕,等. 地理信息系统(第二版)[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 龚健雅,李小龙,吴华意. 实时 GIS 时空数据模型[J]. 测绘学报,2014,43(03):226-232.
- [3] 林德根,梁勤欧. 云 GIS 的内涵与研究进展[J]. 地理科学进展,2012,31(11):1519-1528.
- [4] 闫国年,袁林旺,俞肇元. GIS 技术发展与社会化的困境与挑战[J]. 地球信息科学学报,2013,15(04):483-490.
- [5] 龚健雅,李德仁. 论地球空间信息服务技术的发展[J]. 测绘通报,2008(05):5-10.
- [6] 龚健雅,王国良. 从数字城市到智慧城市:地理信息技术面临的新挑战[J]. 测绘地理信息,2013,38(02):1-6.