

地理信息系统 (Geographical Information System ,简称 GIS) 遥感 (Remote Sensing, 简称 RS)、全球定位系统 (Global Position System ,简称 GPS) , 简称 “3S” 技术, “3S” 技术是从 20 世纪六七十年代逐渐发展起来、现已日渐成熟的空间信息处理技术。由于 “3S” 技术的日渐成熟, 美国提出了以 “3S” 技术为支撑的 “数字地球” 战略。数字地球战略一经提出, 即引起包括中国在内的广大科学家的极大重视。水利部在 “十五” 期间水利信息化建设的主要任务中明确指出: “到 2010 年, 全国各大流域机构都将全面建成以 “3S” 技术为基础、以大型数据库为支撑的 ‘数字化流域’, 进而形成全行业的水利信息公用平台和覆盖全国的水利信息网络, 规划的 9 个大型应用系统全面建成并投入运行, 全行业实现水利信息化。”

本章主要介绍 “3S” 技术以及数字地球、数字流域, 同时对当前水利行业正在开展的水利信息化工作主要研究内容以及 “3S” 技术在水利信息化中的作用作了详细的论述。

第一节 “3S” 技术基础

一、地理信息系统

(一) 定义

地理信息系统 (简称 GIS) 是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统, 是分析和处理海量地理数据的通用技术。它在最近 30 多年内取得了惊人的发展, 并广泛地应用于资源调查、环境评估、区域发展规划、公共设施管理、交通安全等领域, 成为一个跨学科多方向的研究领域。在水利行业, GIS 可以发挥非常重要的作用, 已引起人们越来越多的重视。

(二) 组成与功能

1. 组成

从系统论和应用的角度出发, 地理信息系统可分为四个子系统, 即计算机硬件和系统软件, 数据库系统, 数据库管理系统, 应用人员和组织机构。

(1) 计算机硬件和系统软件。这是开发、应用地理信息系统的基础。其中, 硬件主要包括计算机、打印机、绘图仪、数字化仪; 系统软件主要指操作系统。

(2) 数据库系统。系统的功能是完成对数据的存储, 它又包括几何 (图形) 数据和属性数据库。事实上, 几何和属性数据库可以合二为一, 即属性数据存在于几何数据中, 这也是目前地理信息系统研究的主要内容之一。

(3) 数据库管理系统。这是地理信息系统的核心。通过数据库管理系统，可以完成对地理数据的输入、处理、管理、分析和输出。

(4) 应用人员和组织机构。专业人员，特别是复合人才（既懂专业又熟悉地理信息系统）是地理信息系统成功应用的关键，而强有力的组织是系统运行的保障。由于地理信息系统的应用往往具有专业背景，所以，无论是需求分析、总体设计，还是专业功能的开发和应用，都离不开专业人员的参与。

2. 功能

(1) 空间数据的输入与编辑。将地理数据有效地输入到 GIS 中，是一项琐碎、费时、代价昂贵的任务，大多数的地理数据是从纸质地图输入 GIS。常用的方法是数字化和扫描。数字化的主要问题是低效率和高代价；扫描输入则面临另一个问题：扫描得到的栅格数据如何变换成 GIS 数据库通常要求的点、线、面、拓扑关系、属性等形式。就这一领域目前的研究进展而言，全自动的智能地图识别短期内没有实现的可能，因而，交互式的地图识别是矢量化方法的一种较为现实的途径。市场上已有多种交互式矢量化软件出售。

目前 GIS 的输入正在越来越多地借助非地图形式，遥感就是其中的一种形式。遥感数据已经成为 GIS 的重要数据来源。与地图数据不同的是，遥感数据输入到 GIS 较为容易，但如果通过对遥感图像的解释来采集和编译地理信息则是一件较为困难的事情；因此，GIS 中开始大量融入图像处理技术，许多成熟的 GIS 产品都具有功能齐全的图像处理子系统。

地理数据采集的另一项主要进展是 GPS 技术。GPS 可以准确、快速地定位在地球表面的任何地点，因而除了作为原始地理信息的来源外，GPS 在飞行器跟踪、紧急事件处理、环境和资源监测、管理等方面有着很大的潜力。

(2) 空间数据的存储与管理。GIS 中的数据分为栅格数据和矢量数据两大类，如何在计算机中有效存储和管理这两类数据是 GIS 的基本问题。在计算机高速发展的今天，尽管微机的硬盘容量已达到 GB 级，但对于灵活、高效地处理地图这类对象来说仍是不够的。GIS 的数据存储却有其独特之处。大多数的 GIS 系统中采用了分层技术，即根据地图的某些特征，把它分成若干层，整张地图是所有层叠加的结果。在与用户的交换过程中只处理涉及的层，而不是整幅地图，因而能够对用户的要求做出快速反应。

地理数据存储是 GIS 中最低层和最基本的技术，它直接影响到其他高层功能的实现效率，从而影响整个 GIS 的性能。

(3) 地理数据的操作和分析。GIS 中对数据的操作提供了对地理数据有效管理的手段。对图形数据（点、线、面）和属性数据的增加、删除、修改等基本操作大多可借鉴 CAD 和通用数据库中的成熟技术；有所不同的是，GIS 中图形数据与属性数据紧密结合在一起，形成对地物的描述，对其中一类数据的操作势必影响到与之相关的另一类数据，因而操作带来的数据一致性和操作效率问题是 GIS 数据操作的主要问题。

地理数据的分析功能，即空间分析，是 GIS 得以广泛应用的重要原因之一。通过 GIS 提供的空间分析功能，用户可以从已知的地理数据中得出隐含的重要结论，这对于许多应用领域是至关重要的。

GIS 的空间分析分为两大类：矢量数据空间分析和栅格数据空间分析。矢量数据空间

分析通常包括：空间数据查询和属性分析，多边形的重新分类、边界消除与合并，点与线、点与多边形、线与多边形、多边形与多边形的叠加，缓冲区分析，网络分析，面运算，目标集统计分析。栅格数据空间分析功能通常包括：记录分析、叠加分析、滤波分析、扩展领域操作、区域操作、统计分析。

(4) 图像显示与输出。将用户查询的结果或者数据分析的结果以合适的形式输出，是GIS问题求解过程的最后一道工序。输出形式通常有两种：在计算机屏幕上显示或通过绘图仪输出，对于一些对输出精度要求较高的应用领域，高质量的输出功能对GIS是必不可少的，这方面的技术主要包括：数据校正、编辑、图形整饰、误差消除、坐标变换、出版印刷等。

(三) GIS与相关学科的关系

20世纪六七十年代，随着资源开发与利用、环境保护等问题的日益突出，人类社会迫切需要一种能够有效地分析、处理空间信息的技术、方法和系统。与此同时，计算机软硬件技术也得到了飞速的发展，与此相关的计算机图形和数据库技术也开始走向成熟。这为地理信息系统理论和技术方法的创立提供了动力和技术支持。虽然计算机制图(Computer Cartography)、数据库管理(Database Management)、计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)、管理信息系统(Management Information System,简称MIS)遥感、应用数学和计量地理学等技术能够满足处理空间信息的部分需求，但无法全面地完成对地理空间信息的有效处理。

GIS最初是从地图专业的机助制图发展而来，既借鉴了CAD的制图功能，同时，由于专业的特点，注重发展了坐标系投影关系的自动转换。更为重要的是，GIS的空间分析的功能是CAD所不能替代的。空间分析功能包括拓扑关系的建立、DTM分析、缓冲区分析、网络分析、遥感图像分析等，因此，GIS的数据量比CAD大得多，结构更为复杂，数据间的联系更紧密，相互关系更复杂。

CAD提供交互式的图形处理功能，以辅助象建筑、VLSI等人造对象的设计，其主要特点是设计者与计算机模型的交互，目前许多CAD开始支持对象的非图形性质，而GIS处理的数据大多来自现实世界，较之CAD的人造对象更为复杂，数据量更大。另外，CAD中的拓扑关系较为简单。更重要的是，GIS强调对空间数据的分析，CAD这方面的功能要弱得多。

数据库系统是各种类型信息系统的核心，通用数据库侧重非图形数据的优化存储与查询，其图形查询与显示功能极为有限，其数据分析功能也很有限，然而，数据库的一些基本技术，如数据模型、数据存储、数据检索等，都在GIS中广泛采用，成为GIS的核心技术。MIS是管理信息系统的缩写，比如，公司的人事档案管理、图书馆的图书管理系统都属于MIS，与GIS最大的区别在于，它们处理的数据没有或不包括空间特征。在这些系统中，您可以查到书籍的作者、出版社、书号等信息，但是体现不出直观的地理位置属性。不能进行空间查询、检索、相邻分析等，更不能进行复杂的空间分析。

(四) GIS的发展历史

1. 国外

20世纪60年代，计算机技术开始应用于地图量算，分析和制作。60年代中后期，许

多与 GIS 有关的组织和机构纷纷成立并展开工作，最初的系统主要是关于城市和土地利用的。国际上最早建立的较为完善的大型使用的 GIS 是加拿大的 CGIS，由加拿大政府于 1963 年开始组织研制，1971 年正式投入使用。

20 世纪 70 年代，是 GIS 的巩固发展时期，注重于空间地理信息的管理。社会的需要比十所大学更能推动技术进步。资源开发、利用以及环境问题成为政府首要解决的问题，这些都需要一种有效分析、处理空间信息的技术、方法与系统。同时，计算机技术的迅速发展，使得计算机走下神坛，进入到政府部门和企业中。

20 世纪 80 年代为 GIS 的大发展时期，注重于空间决策支持分析，GIS 的应用领域迅速扩大。政府性、学术性机构和 GIS 平台制造商纷纷涌现，并提供专业化的服务。商业化的实用系统进入了市场。

20 世纪 90 年代为 GIS 的用户时代。一方面，GIS 成为许多机构必备的工作系统，GIS 正在深刻影响着决策部门的运行方式，决策速度。另一方面，社会对 GIS 的认知程度的普遍提高，导致了需求大幅提高。GIS 将成为现代社会的最基本的服务之一。

2. 国内

与国际环境相比，我国在这方面的工作起步较晚，始于 20 世纪 80 年代，以中国科学院遥感所成立的第一个 GIS 研究室为标志。

1980~1985 年是最初的起步阶段，在理论探索、硬件配置、软件开发、制定规范、初步应用实验和技术队伍培养方面都取得了一定成果。1981 年，在四川渡口、二滩进行实验，以航空遥感资料为基础，进行数据采集和数据库模型设计；1984 年起，国家测绘局着手组建国土基础信息系统；1985 年，国家资源与环境信息系统实验室成立。

1986~1993 年为初步发展阶段，地理信息系统软件平台被列入国家“七五”攻关课题，取得了重要进展和实际效益。

1994 年以来为软件商品化阶段。伴随着国外成熟 GIS 软件的大量涌入，国产 GIS 平台的产业化进程也渐渐开始步入正轨。国家遥感中心、中国地理信息系统协会、中国海外 GIS 协会对国产 GIS 平台实施的每年一次的测评工作，极大地推动了国产 GIS 的发展，国内用户的反馈、热心的支持、建议及批评，更加促进了 GIS 平台厂商的优胜劣汰，促进了 GIS 公司从科研机构到企业化运作的转型，加快了 GIS 的产业化进程。在我国，GIS 发展的推动力，已经从科研探索和政府推动，转变成了目前社会单位团体广泛而急切的需求了。

（五）GIS 技术发展展望

1. 面向对象软件技术

在软件领域中，面向对象已成为 20 世纪 90 年代的主流技术。与传统的软件技术不同，它不再从解决问题算法的计算机实现出发来建立软件系统结构，而是从客观存在的事物出发，以及根据事物之间的关系来建立软件系统结构。它的四类抽象语义机制，即分类 (Classification)、聚合 (Aggregation)、类属 (Generalization) 和集合 (Association) 以及消息传送机制，可以使软件的构造过程以更加接近客观现实的方式来进行，设计出的软件更加可靠、可读，结构更加清晰，维护更加方便，也使软件的重用问题得到了较好的解决。

面向对象技术为基础的商品化软件工具在 20 世纪 90 年代大量出现，为人们提供了方便的构造面向对象软件的手段。长期以来，传统的 GIS 软件很难将人们积累的对地理要素的研究成果直接在计算机中表达出来，而采用面向对象的数据模型则可以对地理空间进行多层次的分解，选择更加基本的操作单元，从而更全面、正确地描述现实世界。在软件结构方面，组件化的 GIS 基础软件开始出现，使软件的可配置性、可扩展性和开放性更强，使用更灵活，二次开发更方便。传统的 GIS 基础软件全部被组件化软件所替换只是一个时间问题。这无疑对国内已经成熟和接近成熟的 GIS 基础软件产品提出了严重的挑战，迫使我们投入更大的力量来加快版本升级的速度（甚至重新开发）。显然，对于国内相对弱小的 GIS 企业来说，这将是一个沉重的负担。

2. 全关系 GIS 技术与海量数据存储技术

(1) 全关系 GIS 技术。GIS 软件共管理两类数据，即空间数据和属性数据。其中，属性数据刻划了对象除空间位置外的性质，这类数据一般是可以结构化的，因此，可以用传统的关系型 DBMS 来管理它们，并实现快速、可靠的检索；而空间数据则刻画对象的空间位置以及对象之间的相互关系，很难严格地加以结构化，难以用 DBMS 来管理。因此，目前的 GIS 软件通常用商用数据库来管理属性数据，而用文件系统来管理空间数据。这种数据管理的 inconsistency，一方面增加了 GIS 软件开发的复杂性，另一方面也不易保证数据管理的可靠性，给使用带来不便。多年来，GIS 软件人员尝试在商用关系数据库上管理空间数据，但结果事倍功半，难以构造复杂的空间对象。

近年来，国外 GIS 与数据库开发商加紧了联合的步伐，共同开发全关系的 GIS 软件，使 GIS 软件能充分利用商用数据库中已经成熟的众多特性，如内存缓冲、快速索引、数据完整性和一致性保证、并发控制、安全和恢复机制及分布式处理机制，明显地提高了 GIS 软件管理空间数据的能力。新一代 GIS 软件的即将出现，无疑对我国 GIS 软件的开发形成了压力。由于我国还没有出现有实力的 DBMS 软件开发商，这势必增加我国相关企业的困难。

(2) 海量数据存储技术。GIS 技术的瓶颈之一就是如何解决海量空间数据管理问题，因为对于一个城市级的 GIS 系统，其数据量极其巨大，一般可达到 GB 的数据量级。例如一个大型城市 1:500 的基础地图就达几个 GB。传统的基于文件的管理方式显然不能处理这些问题，而利用面向对象的大型数据库技术则能够有效地解决这一问题。

在面向对象的空间数据库中，海量地图数据的使用变得更加简单：只需建立单一图层，不必再进行分幅处理。如果用户原来的数据源是分幅的，可将其全部存储到一个图层中，数据库将自动对其进行拼接和索引处理，即可形成一个完整的图层。在应用时，客户端只需极少量的编程（实际上只是指定数据源），就可实现对数据库里数据的动态显示。数据库会根据当前地图客户端的显示视野，自动将此范围内的图形检索出来，并送到客户端显示。因此，即使服务器端的数据是 GB 级的，在客户端的数据量却仅是几十到上百 KB，大大减轻了客户端系统的配置需求，并减轻了网络流量。

所以，利用面向对象的数据技术，可建立一种真正的 Client/Server 结构的空间信息系统，这不仅解决了海量数据的存储与管理等问题，也解决了多用户编辑、数据完整性、数据安全机制等许多问题，将给 GIS 的应用带来更广阔的前景。

3. 组件 GIS

随着计算机软件技术的发展，GIS 组件化发展到了一个全新的阶段，出现了组件式 GIS (Components GIS，以下简称 ComGIS)。所谓 ComGIS，是指基于组件对象平台，以一组具有某种标准通信接口的、允许跨语言应用的组件提供的 GIS。这种组件称为 GIS 组件，GIS 组件之间以及 GIS 组件与其他组件之间可以通过标准的通信接口实现交互，这种交互甚至可以跨计算机实现。

组件式平台主要有 Microsoft 的 COM (Component Object Model，组件对象模型) / DCOM (Distributed Component Object Model，分布式组件对象模型) 和 OMG 的 CORBA (Common Object Request Broker Architecture，公共对象请求代理体系结构)，目前 Microsoft 的 COM/DCOM 占据市场领导地位。基于 COM/DCOM，Microsoft 推出了 ActiveX 技术。作为 ActiveX 技术的重要内容，ActiveX 控件是当今可视化程序设计中应用最为广泛的标准组件新一代的组件式 GIS 也大多是 ActiveX 控件或者其前身 OLE 控件。ComGIS 不是一种小技术在 GIS 软件开发中的应用，而是一种全新的 GIS 软件技术体系。不仅仅是 GIS，组件式软件技术给整个软件产业带来了一场技术革命。ComGIS 基于组件对象平台，具有标准的接口，允许跨语言应用，因而使 GIS “软件的可配置性、可扩展性和开放性更强，使用更灵活，二次开发更方便”。ComGIS 不仅可以成功地解决传统 GIS 在软件开发、应用系统集成和用户学习使用等方面面临的困难，而且有利于降低成本，具有无限扩展性等特点因此，国际上大多数 GIS 软件公司开始把开发 ComGIS 软件作为重要的发展战略，ComGIS 是当今 GIS 发展的重要趋势。

4. 网络 GIS

Internet 改变了我们的世界。当前，Internet 已不仅仅是一种单纯的技术手段了，它已演变成为一种经济方式——网络经济。人们的生活也已离不开 Internet。大量的应用正由传统的 Client/Server (客户机/服务器) 方式向 Browser/Server (浏览器/服务器) 方式转移，GIS 技术也是如此。GIS 技术和 Internet 技术的融合，正逐渐形成一种新的技术，我们称之为 WebGIS。和传统的基于 Client/Server 的 GIS 相比，WebGIS 有如下优点。

(1) 更广泛的访问范围。客户可以同时访问多个位于不同地方的服务器上的最新数据，而这一 Internet/Intranet 所特有的优势大大方便了 GIS 的数据管理，使分布式的多数据源的数据管理和合成更易于实现。

(2) 平台独立性。无论服务器/客户机是何种机器，无论 WebGIS 服务器端使用何种 GIS 软件，由于使用了通用的 Web 浏览器，用户就可以透明地访问 WebGIS 数据，在本机或某个服务器上进行分布式部件的动态组合和空间数据的协同处理与分析，实现远程异构数据的共享。

(3) 降低系统成本。传统 GIS 在每个客户端都要配备昂贵的专业 GIS 软件，而用户使用的经常只是一些最基本的功能，这实际上造成了极大的浪费。WebGIS 在客户端通常只需使用 Web 浏览器 (有时还要加一些插件)，其软件成本与全套专业 GIS 相比明显要节省得多。另外，由于客户端的简单性而节省的维护费用也不容忽视。

(4) 更简单的操作。要广泛推广 GIS，使 GIS 系统为广大的普通用户所接受，而不仅仅局限于少数受过专业培训的专业用户，就要降低对系统操作的要求。通用的 Web 浏览

器无疑是降低操作复杂度的最好选择。

目前, WebGIS 在 Internet/Intranet 上的应用为典型的三层结构, 三层结构包括客户机、应用服务器与 Web 服务器、数据库服务器。这种方式又称瘦客户机系统。瘦客户机系统是指在客户机端没有或者有很少的应用代码。在以往的终端和主机的体系结构中, 所有系统都是瘦客户机系统。现在随着 Internet 技术以及 Java、ActiveX 技术的出现, 瘦客户机系统又重新出现。客户机负责数据结果的显示和用户请求的提交; 地图应用服务器和 Web 服务器负责响应和处理用户的请求; 而数据库服务器负责数据的管理工作。所有的地图数据和应用程序都放在服务器端, 客户端只是提出请求, 所有的响应都在服务器端完成, 只需在服务器端进行系统维护即可, 因此大大降低了系统的工作量。

现在, WebGIS 得到越来越广泛的应用。概括起来, 其应用方向分为两大类: 一类为基于 Internet 的公共信息在线服务, 为公众提供交通、旅游、餐饮娱乐、房地产、购物等与空间信息有关的信息、服务。在国内外的站点上已有了成功的应用, 如 MapQuest 网站 (<http://www.mapquest.com>) 和图行天下网站 (<http://www.go2map.com.cn>)。这些站点提供大量的与空间位置有关的各种生活类信息服务; WebGIS 的另外一类应用为基于 Intranet 的企业内部业务管理, 如帮助企业进行设备管理、线路管理以及安全监控管理等。随着企业 Intranet 应用的深入和发展, 基于 Intranet 的 WebGIS 应用会有越来越大的市场, 这无疑是未来的发展方向。

5. 三维 GIS 与虚拟现实

三维 GIS 是许多应用领域对 GIS 的基本要求。三维 GIS 和二维 GIS 相比, 可以帮助人们更加准确真实地认识我们的客观世界。以前的三维显示只能应用在大型的主机和图形工作站上, 且只在极少数的部门如地震预测、石油勘探、航空视景模拟器中得到应用, 成本动辄上百万美元。随着计算机技术的发展, 硬件成本不断降低, 一台普通的 PC 机就可以很轻松地进行真三维显示和分析。以前的 GIS 大多提供了一些较为简单的三维显示和操作功能, 但这与真三维表示和分析还有很大差距。现在, 三维 GIS 可以支持真三维的矢量和栅格数据模型及以此为基础的三维空间数据库, 解决了三维空间操作和分析问题。

6. 地理信息系统标准化

标准化是 GIS 技术开发、系统建立与运行的一种重要机制。现在, 广大用户已逐渐认识到这样一个问题, 数据采集和产生是建立 GIS 系统的一项最大的投资。为了建立 GIS 系统, 人们花费大量的人力物力去采取数据, 而在另一方面, 大量的数据仍停留于满足某些单一的应用目的上, 没有被其他用户所共享, 即现有的数据资源没有得到充分利用。当然, 引起这一矛盾的原因是多方面的, 有的是由于技术或管理方面的原因, 而有的则是由于狭隘的地方主义所限制。然而, 一个最为重要的原因是由于缺乏空间数据标准的一致性, 缺少相互运行的机制。没有公认的数据标准和交换标准, 自然就没有利用现存数据和产生共享网络的能力。

一般认为, 地理信息系统标准化的作用主要有以下几个方面。

(1) 可移植性 (portability)。为了获得在硬件、软件和系统上的综合投资效益, 系统必须是可移植的, 使所开发的应用模块和数据库能够在各种计算机平台上移植。

(2) 互操作性 (interoperability)。一个大型信息系统, 往往是一个由多种计算机平台

组成的复杂网络系统，有了标准，可以促进用户从网络的不同节点上获取数据。即从不同硬件环境中获取数据和实现各种应用。

(3) 可伸缩性 (scalability)。为了适应不同的项目和应用阶段，一种优秀的软件必须以相同的用户界面在不同大小级别的计算机上运行。

(4) 通用环境 (common applications environment)。标准提供了一个通用的系统应用环境，如提供通用的用户界面和查询方法等。利用这个通用环境，用户可以减少在学习上的弯路和提高生产效率。

GIS标准化是一个综合而复杂的概念，它的内容非常广泛，涉及几乎所有与GIS有关的领域。对GIS标准化的内容，可以从两个层次去理解。一是狭义的标准化，其内容包括数据、数据交换、数据库转换、图形、软件、硬件等方面的标准。即主要包括空间数据标准和信息技术标准两个方面。二是广义的标准化，其内容则更为广泛，除以上两个方面外，还包括地理、算法、解译和行业标准等方面的内容。

7. 无线通讯与GIS相结合

无线通讯改变了人们的生活和工作方式。随着无线通讯技术的发展，特别是WAP技术的应用，使无线通信技术与GIS技术以及Internet技术的结合成为可能，形成了一种新的技术——无线定位技术 (Wireless Location Technology)。因此也衍生一种新的服务，即无线定位服务 (Wireless Location Service)。无线定位技术的应用很广泛。利用这种技术，人们可以利用手机查询到自己所在的位置；再利用GIS的空间查询分析功能，查到自己所关心的信息。举个例子，您走在大街上，就可以利用手机查询离您最近的餐馆在哪里、怎么走、有什么特色菜；再比如您来到一个陌生的城市，迷失了方向，就可以利用手机迅速地调出您所在位置附近的地图，标出目标地点，手机就会自动显示出您应该行走的路线，指导您顺利地到达目的地。

据估计，利用手机进行无线上网、无线资料传输将是下一个热潮。到2002年，全球将有超过1亿部手机有上网功能，到2003年其数量将达到10亿部。GIS与无线通讯的结合，使GIS借助于无线通讯等技术手段更加深入地融入到我们的日常生活当中，这将是一个非常广阔的市场。

8. 地理信息建模系统 (Geographic Information Modelling System, 简称GIMS)

通用GIS的空间分析功能对于大多数的应用问题是远远不够的，因为这些领域都有自己独特的专用模型，目前通用的GIS大多通过提供进行二次开发的工具和环境来解决这一问题。如ARC/INFO提供的进行二次开发的宏语言AML。二次开发工具的一个主要问题是它对于普通用户而言过于困难。而GIS成功应用于专门领域的关键在于支持建立该领域特有的空间分析模型。GIS应当支持面向用户的空间分析模型的定义、生成和检验的环境，支持与用户交互式的基于GIS的分析、建模和决策。这种GIS系统又称为地理信息建模系统，GIMS是目前GIS研究的热点问题之一。

目前实现通用GIS空间分析功能与各种领域专用模型的结合主要有两种途径。

松散耦合式。即除GIS外，借助其他软件环境实现专用模型，其与GIS之间采用数据通讯的方式联系。

嵌入式。即在GIS中借助GIS的通用功能来实现应用领域的专用分析模型。上述两

种方式总体上对用户定义自己的专用模型的支持程度都是不够的。目前的 GIS 离支持实现数据集定义、模型定义、模型生成和模型检验的全过程仍有相当大的距离。

二、遥感

遥感技术是 20 世纪 60 年代蓬勃发展起来的，随着现代物理学、空间技术、电子技术和计算机技术、信息科学、环境科学等的发展，遥感技术已成为一种影像遥感和数字遥感相结合的先进、实用的综合性探测手段，被广泛应用于农业、林业、地质、地理、海洋、水文、气象、环境监测、地球资源勘探及军事侦察等各个领域。

(一) 遥感概述

1. 遥感的定义

遥感(Remote Sensing , 简称 RS) 就是遥远感知事物的意思, 也就是不直接接触目标物, 在距离地物几公里到几百公里、甚至上千公里的飞机、飞船、卫星上, 使用光学或电子光学仪器(称为传感器) 接受地面物体反射或发射的电磁波信号, 并以图像胶片或数据磁带形式记录下来, 传送到地面, 经过信息处理、判读分析和野外实地验证, 最终服务于资源勘探、环境动态监测和有关部门的规划决策。通常把这一接收、传输、处理、分析判读和应用授感信息的全过程称为遥感技术。

2. 遥感的类型

按所利用的电磁波的光谱段分类可分为可见光反射红外遥感, 热红外遥感、微波遥感三种类型。

(1) 可见光 / 反射红外遥感: 主要指利用可见光 ($0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$) 和近红外 ($0.7 \sim 2.5 \mu\text{m}$) 波段的遥感技术统称, 前者是人眼可见的波段, 后者即是反射红外波段, 人眼虽不能直接看见, 但其信息能被特殊传感器所接受。它们共同的特点是, 其辐射源是太阳, 在这两个波段上只反映地物对太阳辐射的反射, 根据地物反射率的差异, 就可以获得有关目标物的信息, 它们都可以用摄影方式和扫描方式成像。

(2) 热红外遥感: 指通过红外敏感元件, 探测物体的热辐射能量, 显示目标的辐射温度或热场图像的遥感技术的统称。遥感中指 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 波段范围。地物在常温 (约 300K) 下热辐射的绝大部分能量位于此波段, 在此波段地物的热辐射能量, 大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。

(3) 微波遥感: 指利用波长 $1 \sim 1000\text{mm}$ 电磁波遥感的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量, 或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号, 对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力, 又能夜以继日地全天候工作。

3. 遥感平台

按遥感平台的高度分类大体上可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感。

(1) 航天遥感又称太空遥感 (Space Remote Sensing), 泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统, 以地球人造卫星为主体, 包括载人飞船、航天飞机和太空站, 有时也把各种行星探测器包括在内。卫星遥感 (Satellite Remote Sensing) 为航天遥感的组成部分, 以人造地球卫星作为遥感平台, 主要利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子观测。

(2) 航空遥感泛指从飞机、飞艇、气球等空中平台对地观测的遥感技术系统。

(3) 地面遥感主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统，地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上，可进行各种地物波谱测量。

4. 遥感技术的构成

遥感技术系统是实现遥感目的的方法、设备和技术的总称，它是一个多维、多平台、多层次的立体化观测系统，其基本构成如图 6-1 所示。

任何一个遥感任务的实施，均由遥感数据获取、有用信息抽取及遥感应用三个基本环节组成。

遥感数据获取是在由遥感平台和传感器构成的数据获取技术系统的支持下实现的。往往随着具体任务的性质和要求的不同而采用不同的组合方式。

从遥感数据中提取有用信息，可以通过人工目视判读、计算机数据处理以及两者混合的方法。

遥感应用主要包括对某种对象或过程的调查制图、动态监测、预测预报及规划管理等不同的层次。具有许多其他技术不能取代的优势，如宏观、快速、准确、直观、动态性和适应性等。技术如果不和其他相关技术结合起来，其优势也很难充分发挥出来。

5. 遥感的特点

遥感是从空中利用传感器来探测地面物体性质的现代技术，相对于传统技术，它有许多特点：

探测范围大：航摄飞机高度可达 10km 左右；陆地卫星轨道高度达到 910km 左右。一张陆地卫星图像覆盖的地面范围达到 3 万多 km^2 ，约相当于我国海南岛的面积。我国只要 600 多张左右的陆地卫星图像就可以全部覆盖。

获取资料的速度快、周期短：实地测绘地图，要几年、十几年甚至几十年才能重复一次；以陆地卫星 (Landsat) 为例，每 16 天可以覆盖地球一遍。

受地面条件限制少：不受高山、冰川、沙漠和恶劣条件的影响。

手段多，获取的信息量大：用不同的波段和不同的遥感仪器，取得所需的信息；不仅能利用可见光波段探测物体，而且能利用人眼看不见的紫外线、红外线和微波波段进行探测；不仅能探测地表的性质，而且可以探测到目标物的一定深度；微波波段还具有全天候工作的能力；遥感技术获取的信息量非常大，以四波段陆地卫星多光谱扫描图像为例，像元点的分辨率为 $79\text{m} \times 57\text{m}$ ，每一波段含有 7600000 个像元，一幅标准图像包括四个波段，共有 3200 万个像元点。

用途广：遥感技术已广泛应用于农业、林业、地质、地理、海洋、水文、气象、测绘、环境保护和军事侦察等许多领域。

(二) 遥感信息获取技术

自 20 世纪 60 年代以来，航天技术、传感器技术、控制技术、电子技术、计算机技术及通讯技术的发展，大大推动了遥感技术的发展。当人类迈入 21 世纪之际，各种运行于空间、翱翔于空中的遥感平台连续不断地在多尺度上对地球进行着观测，各种先进的对地观测系统源源不断地向地面提供着丰富的信息。目前遥感信息获取技术正朝着“微观”和“宏观”两个方向发展，今后 10 年卫星遥感将形成一个多层次、立体、多角度、全方位和

全天候的对地观测网。

1. 多尺度的遥感数据

自1960年TIROS-1发射以来，现已形成低轨道、中轨道和高轨道的遥感卫星观测网络，观测范围覆盖全球。特别是NOAA卫星，可对任一固定地区，每天进行4次实时观测，其空间分辨率达公里级（星下点分辨率为1.1km）。1972年美国宇航局发射的Landsat-1，开拓了地球资源卫星技术的先河。经过近30年的发展，形成了以Landsat、SPOT卫星系列为主流的地球资源卫星遥感数据，其空间分辨率已达到几十米级。特别是20世纪90年代以来，更高分辨率的资源卫星已在轨运行，如印度资源卫星（IRS系列）、日本的ADEOS卫星等，其空间分辨率提高到几米级。中国已于1999年10月成功发射中巴资源卫星，分辨率为19.8m，2004年左右发射的新一代资源卫星将达到5m。

随着国际遥感卫星市场竞争的不断加剧，世界上许多国家都在积极研制高分辨率商业遥感卫星，如美国EarthWatch、OrbImage、Space Imaging、GDERSSystems等公司，以及以色列IAI公司都将发射空间分辨率为3~1m的商业遥感卫星。目前第一颗1m分辨率商业遥感卫星伊克诺斯（IKONOS）已在轨运行，并已成功地在市场销售清晰的图片。不久，还有更多的高分辨率商业遥感卫星投入使用（见表1-1）。这些卫星一般都可做大幅度圆锥形摆动观测，除高分辨全色谱段外，一般都具有4~5个多光谱段。一个米级空间分辨率的商业遥感卫星潮即将到来。

表 1-1 已发射成功和即将发射的典型的高分辨率商业遥感卫星

卫 星	Ikonos-2	QuickBird-2	OrbView-3, 4	EROS-B1
轨道高度 (km)	680	600	470	480
轨道倾角 (°)	98.1	66	97.25	97.3
质量 (kg)	818	955	260	270
寿命 (a)	7	5	7	7
重访周期 (d)	1~3	1~5	<3	3
发射年份	1999	2001	2000	2001
分辨率 (m)	全色 0.82 多光谱 3.28	全色 0.61 多光谱 2.44	全色 1 多光谱 4	全色 0.82
割幅 (km)	11	22	8	13.5

因此当今的遥感卫星是星光灿烂，形成了观测地球空间的影像金字塔。遥感探测器的分辨率由公里级、百米级，发展到米级、分米级，一个多空间尺度的海量遥感数据业已形成，特别是米级的对地观测数据将极大地促进遥感应用的发展。但摆在我们面前的问题则是如何处理、分析和综合利用这些多尺度的遥感数据，多源遥感信息的表达、多源遥感数据的融合、混合像素的分解等关键问题亟待解决。

2. 高光谱的遥感数据

光谱分辨率的提高是遥感技术进展的一个重要标志。早期陆地卫星MSS只有4个波段，波段间隔为100~200nm；其后的TM传感器有7个波段，它在可见光区的光谱分辨率为60~80nm，在红外区的光谱分辨率为150~1100nm。20世纪80年代发展起来的成

像光谱仪极大地提高了光谱分辨率，开辟了高光谱遥感。

机载成像光谱仪自 20 世纪 70 年代末开始发展，至今有 30 年多历史，技术日臻成熟，并且已进入商业遥感运作阶段；世界上第一颗载有成像光谱仪卫星 NASA/TRW Lewis 是由 NASA 和 TRW 公司合作发射的（1997 年 8 月 22 日），星上装有两台成像光谱 HSI 和 LEISA，HSI 由 TRW 公司制造，384 个波段（0.4~2.5 μm ）；LEISA 由 GSFC 制造，256 个波段。可惜 Lewis 卫星发射后还未进入预定的轨道就已失效。1999 年 12 月 18 日美国成功发射新一代对地观测卫星 TERRA，该卫星载有中分辨率的成像光谱仪——MODIS。通过 MODIS 采集的数据具有 36 个波段和 250~1000m 地表分辨率，再加上数据以每天上午、下午的频率采集和免费接收的数据获取方式，使得 MODIS 数据成为我国地学研究和生态环境监测不可多得的数据资源，已引起广泛关注。除了美国 EOS 计划中的 MODIS 和欧洲空间局的 MERIS（均为中分辨率成像光谱仪）之外，美国 EO—1 卫星的 ALI 遥感器（542 波段）和 HRST 卫星的 HRST/COIS 仪（219 波段）等等都在计划发射中（见表 1-2）。

表 1-2 星载高光谱成像光谱仪及其主要技术参数

仪 器	国家	波段数	光谱范围 (nm)	带宽 (nm)	IFOV (m)	FOV (km)	发射时间
MODIS (EOS—AM1) (EOS—PM1)	美国 NASA	36	415~1640 2130~4565 6175~14235	10~20 50 300~500	250 1000	2330	1999 年(AM1) 2000 年 12 月(PM1)
ARIES	澳大利亚	105	400~1050 1050~2500 940~1140 PAN	20 16 16	30 30 大气校正 10	15 或 430 (侧角 30°)	2000 年
HYPERION (EO—1)	美国 NASA	233~309	400~2500	10	30	9.6	1999 年 12 月
HS (Warfighter—I)	美国 空军	200	450~2500	10	8	5	2000 年
FIHSI (Mightsat—II)	美国 空军	256	350~1050	1.5~10	0.5	1.75	2000 年 1 月
COIS (NEMO)	美国 海军	210	400~2500	10	30~60	30	2000 年 6 月
VIMS	美国 NASA	320	400~5000	15	0.5 mrad	70pixels	2001 年 3 月

数十至数百波段的高光谱遥感数据是海量的，以目前的数据处理和分析能力远无法满足实用要求，高光谱数据的存储、传输、实时处理、专题信息提取和成像光谱信息的可视化技术都亟待解决。此外发掘其地学应用的潜力，并根据具体应用领域和要解决的实际问题的特殊性，建立有效应用模型也是成像光谱仪遥感研究的重要内容之一。

3. 雷达遥感数据

雷达遥感采用主动微波遥感方式，能够穿透云、雾、雨、雪，具有全天候工作能力，

它还具有多波段多极化散射特征及极化测量、干涉成像等特点，雷达遥感正成为对地观测中最重要的前沿领域之一。20世纪80年代以来，前苏联的金刚石卫星雷达、日本的地球资源卫星雷达（JERS）、欧空局的欧洲遥感卫星雷达（ERS系列）及加拿大雷达卫星（Radarsat）相继发射成功，单波段、单极化系统和雷达卫星的多模式成像方式已得到广泛应用。而由美国、意大利、德国联合研制的航天飞机成像雷达（SIR-C/X-SAR）则是第一个同时成像的多波段多极化雷达系统，并有极化测量和干涉测量功能。另外，2002年发射的欧空局（ESA）的ENVISAT，也具有多波段、多极化能力，而即将发射的加拿大的Radarsat-2，地面分辨率将达到3m。美国“研究发展实验室”（RDL）已向政府提出发射和运行1m分辨率的商业雷达卫星。

处于可见光和红外波段的光学遥感，所观测的是目标对太阳辐射的反射，从而对地面覆盖物的反映较为明显；而成像雷达是主动发射电磁波能量，反映了地面粗糙度、地表物质的介电系数等。由于微波遥感和光学遥感成像机理不同，因此得到的遥感信息也不同，反映的地面性质也不同。所以如何充分利用这些不同性质的遥感信息则是有待解决的问题。现广为采用的多源遥感数据融合技术有待从机理方面进行改进或重新设计，即不仅仅是数据的数字变换，而应是微波遥感和光学遥感数据的融合分析。

4. 小卫星与卫星群

小卫星群的开发应用，成为世纪之交应用卫星的前沿热点之一。小型对地观测卫星成本低、效率高，大都是简便、快速的新型专业卫星。以色列、韩国、南非、泰国、智利等国家都以发展小型卫星为起点。欧洲航天局计划发射的Proba小卫星，除用于星上资源管理、数据管理、卫星运行与控制以及科学数据分配等自主技术进行检验和验证外，另一项任务是空间环境研究和地球观测。意大利还提出“地中海周边地区小卫星星座”（COSMO）计划。中国也将于2003~2005年发射较高分辨率的减灾卫星群。总之，小卫星应用于对地观测可以专业化、机动灵活、易于适应对地面分辨率、覆盖面积、重复观测周期等不同的技术指标要求，易于组网，同时研制小型卫星转产周期较短、见效快。

总之，伴随着遥感信息获取技术的快速发展，越来越多各具特色的海量数据对遥感数据的处理和应用从技术、方法、设备等诸多方面提出了新的要求。

（三）遥感信息提取技术的发展

当今，遥感卫星“群星闪烁”，遥感数据空前丰富，然而，遥感信息被利用的比率却极低。其原因是我们缺少遥感专题信息提取的方法和模型。概括地说，遥感信息提取的方式主要有三种：目视判读提取、基于分类的信息提取和基于知识发现的遥感信息提取。

1. 目视判读提取

早期从遥感影像中提取信息的主要方法是目视判读提取。由于目视判读能综合利用地物的色调或色彩、形状、大小、阴影、纹理、图案、位置和布局等影像特征知识，以及有关地物的专家知识，并结合其他非遥感数据资料进行综合分析和逻辑推理，从而能达到较高的专题信息提取的精度，尤其是在提取具有较强纹理结构特征的地物时更是如此，它是目前业务化生产的一门技术，与非遥感的传统方法相比，具有明显的优势。尽管该方法较费工费时，但由于遥感信息计算机自动提取的难度，仍将在遥感信息提取中长期存在。

2. 基于分类方法的遥感信息自动提取

分类方法是遥感信息提取最常使用的方法之一，其技术核心是对遥感图像的分割。分类可以分为无监督分类和有监督分类。就无监督分类而言，有 K—MEANS 法、动态聚类法、模糊聚类法以及人工神经网络法；在有监督分类方面，有最小距离法、最大似然法，模糊分类法以及人工神经网络法。最大似然法需要各类型的先验知识及其概率，特别是需要假定各类型的分布属于正态分布，因而它是一种有参数的分类器，在具有先验性概率知识以及各类型满足正态分布的条件下，它具有较好的分类效果，该分类器具有分类速度快的优点。模糊分类是根据模糊数学所构建的一种分类器。它是建立在假设一个像元是由多个类型所组成的基础上，只是各类型的隶属度不同。在对分类器训练时，需要确定训练样本像元中，各类型的隶属度，它不需要各类型的先验概率知识，也不要求各类型服从正态分布，它是一种无参数的分类器。但是对训练像元中各类型隶属度的确定比较困难。该方法适用于亚像元信息的提取。人工神经网络分类器是利用人工神经网络技术所构造的分类器，人工神经网络是近几年得到迅速发展的一门非线性科学，它是模拟生物神经网络的人工智能技术，已广泛地用于趋势分析和模式识别以及遥感图像的分类等方面。人工神经网络器不需要各类型的先验性概率知识，也不要求各类型一定要服从正态分布，它是一种无参数的分类器。尽管利用分类器进行分类时所需要的时间很短。但是在对分类器进行训练时，所需要的时间却很长。

就无监督分类而言，其所分的结果，需要专家进行判读和类别的归并，并最终确定其所需的类型。就监督分类而言，需要选取大量的训练样区，而训练样区的选取不仅费工而且还很费时，训练样区选择的好坏直接影响分类的效果，同时，分类是对整个图像进行分割，它所要求的是总体的精度最高，这样就不可能完全保证我们所需专题信息的精度一定最高。分类是建立在数理统计基础之上，没有建立在对遥感信息机理分析的基础上，没有建立在知识挖掘的基础上，这样就使得它难以实现遥感图像专题信息提取的全自动化。同时，基于光谱特征的分类难以解决异物同谱的问题。在分类中所获取到的知识通常既不可传递，也难以解释。这也是我们对所分结果知其然，而不知其所以然的原因。我们对任何时候、任何地点的图像，都必须重复选取训练样区的工作。这样，显然就大大限制了遥感信息提取的自动化。为此，基于知识发现的遥感专题信息提取将成为另一个最有发展前途的方向。

3. 基于知识发现的遥感专题信息提取

基于知识发现的遥感专题信息提取是遥感专题信息提取的发展趋势。其基本内容包括知识的发现、应用知识建立提取模型，利用遥感数据和模型提取遥感专题信息。在知识发现方面包括从单期遥感图像上发现有关地物的光谱特征知识、空间结构与形态知识、地物之间的空间关系知识。其中，空间结构与形态知识包括地物的空间纹理知识，形状知识，以及地物边缘形状特征知识。从多期遥感图像中，除了可以发现以上知识外，还可以进一步发现地物的动态变化过程知识；从 GIS 数据库中可以发现各种相关知识。在利用知识建立模型方面，主要是利用所发现的某种知识、某些知识或所有知识建立相应的遥感专题信息提取模型，如图 1-1 所示。

在利用遥感数据和模型提取遥感专题信息时，应从简单到复杂，从单知识、单模型

应用到多知识、多模型的集成应用，从单数据的使用到多数据的综合使用。

(1) 基于光谱知识的遥感专题信息提取。光谱知识是遥感专题信息提取中最重要的知识。长期以来，各国科学家都比较重视对地物光谱特征的研究。如周成虎、杜云艳根据对水体光谱特征的分析，建立了有效的 NOAA/AVHRR 水体提取模型；陈铭臻根据对水稻和背景的光谱特征分析，建立了水稻种植面积的提取模型 (TM4/TM1, TM4/TM3, TM4/

TM2)；Helmut Mayer 等通过对道路光谱知识的分析，探讨了从遥感图像上提取道路的方法；Jinfei Wang 等探讨了利用梯度方向剖面分析法从 SPOT PAN 图像中提取新修道路，并将其用于更新城区 GIS 数据库中的道路网；V. Lacroix 等利用了约束梯度法提取了房屋拐角；Moller—Jenson 提出利用 NOAA/AVHRR 的 CH4<45、CH5<35 建立水体提取模型；Jupp 等曾提出利用 TM7 波段，通过阈值法可以将水体提取出来等等。另外，童庆禧、舒守荣等还组织编写出版了《中国典型地物波谱及其特征分析》、《遥感反射光谱测试与应用研究》。发现光谱知识的方法有典型采样法、光谱曲线法和光谱剖面线法。

基于光谱知识的专题信息提取，需要地物与背景之间在光谱上是可分的，与背景之间存在着较少的同谱现象，并且地物内部的光谱最好要一致。当地物内部光谱不一致时，可以借助于地物内部的特征成分光谱进行提取。当地物内部成分的光谱与背景之间存在着较多同谱现象时，得借助于地物的其他知识进行提取。

(2) 基于地物纹理知识的专题信息提取。纹理知识也是遥感专题信息提取中经常用到的信息之一。一般当地物组成复杂，且大小大于传感器的空间分辨率时，就可能遥感到地物的结构和组成，其影像就存在着明显的纹理特征。当存在着有别于背景地物的纹理结构特征时，如果只靠基于光谱特征知识的提取难以完全解决专题信息的提取问题时，就必须将地物的光谱知识与纹理知识一起来提取专题信息。纹理是指灰度值在空间上的变化。它是由一些纹理基元按照不同的空间配置形式所构成的一种图案。纹理基元的空间配置可以是随机的、确定的、概率的和函数的。纹理可分为结构性纹理和非结构性纹理，非结构性纹理又叫随机纹理。在目视判读中，纹理一般用粗细度、平滑性、颗粒性、随机性、方向性、直线性、周期性、重复性等术语来描述和表达。在通过纹理识别地物时，需要将某专题的纹理特征与周围地物的纹理特征进行比较分析。

在 ERDAS IMAGINE 中主要有四种纹理识别的算法：平均欧氏距法（一阶）、方差法（二阶）斜度（三阶）和峰度（四阶），它们的计算方法如下：

1) 平均欧式距法（一阶）：

$$\text{平均欧式距} = \frac{\sum[\sum_{\lambda}(x_{c\lambda} - x_{ij\lambda})^2]^{1/2}}{n - 1} \quad (1-1)$$

式中 $x_{ij\lambda}$ ——多波段图像 λ 波段 (i, j) 像元的数字值；

$x_{c\lambda}$ ——活动窗口中心像元的 λ 波段数字值；

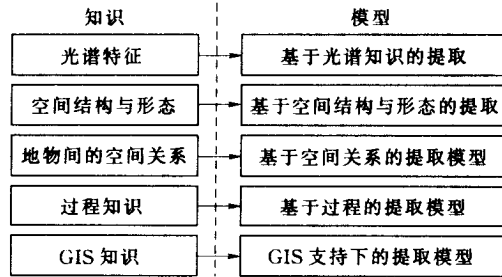


图 1-1 基于知识发现的遥感专题信息提取

n ——活动窗口中的像元数。

2) 方差法 (二阶) :

$$\text{方差} = \frac{\sum(x_{ij} - M)^2}{n - 1} \quad (1-2)$$

式中 x_{ij} ——像元 (i, j) 的数字值;
 n ——活动窗口的像元数;
 M ——活动窗口的平均值。

3) 斜度 (三阶) :

$$\text{斜度} = \frac{|\sum(x_{ij} - M)^3|}{(n - 1)V^{3/2}} \quad (1-3)$$

式中 x_{ij} ——像元 (i, j) 的数字值;
 n ——活动窗口的像元数;
 M ——活动窗口的平均值;
 V ——方差。

4) 峰度 (四阶) :

$$\text{峰度} = \frac{\sum(x_{ij} - M)^4}{(n - 1)V^2} \quad (1-4)$$

式中 x_{ij} ——像元 (i, j) 的数字值;
 n ——活动窗口的像元数;
 M ——活动窗口的平均值;
 V ——方差。

另外, 常见的纹理探测方法还有共生矩阵法。共生矩阵的定义是: 设图像某一区域有 N 个灰阶, 则对应该区域的灰度共生矩阵是一个 $N \times N$ 的矩阵, 在 (i, j) 处的像元定义为灰度为 i 的像元移动某一特定距离 (称位移量 r) 所遇像元灰度为 j , 这种情况出现的概率记为 $P(i, j)$, 从灰度共生矩阵中可以产生 8 种纹理测度, 它们分别是: 局部平稳 (HOM)、对比度 (CON)、相异性测度 (DIS)、均值测度 (MEA)、标准差 (SDE)、熵 (ENT)、角二阶矩 (ASM)、相关 (COR)。

(3) 基于地物形状知识的专题信息提取。在光谱特征上相同或相近、纹理特征上也难以区分的情况下, 就得依据地物的形状知识进行深一步的提取。例如对于地质岩性来说, 不同的岩性常常具有不同的空间特征: 如岩浆岩一般具有比较规则的平面几何形态, 如: 圆、椭圆、透镜状、脉状等, 除少数熔岩外, 多数缺少层理影像特征, 出露规模较大的侵入岩在图像上常具有环状、放射状等类型的水系、节理或岩脉群; 而沉积岩平面几何形状为条状或带状, 具有明显的层理影像特征, 一组有序分布的沉积岩常构成颜色各异的层状影像特征; 变质岩影像特征一般与原岩组分及变质过程新物质的加入和结构的变化有关, 如果它是正变质岩, 影像特征类似岩浆岩, 如果它是负变质岩, 其影像特征则与沉积岩的影像特征相类似。

发现地物的形状知识的方法有基于周长和面积的方法、基于面积的方法以及基于面积和区域长度的方法。

1) 基于周长和面积的方法。

形状指数：

$$k = \sqrt{A}/P \quad (1-5)$$

对于圆形而言， k 大于 0.25，对于正方形而言， k 等于 0.25，对于长方形而言， k 小于 0.25，线形地物如道路、机场和河流，其 k 值很小。对于非规则物体而言，其形状越复杂，其 k 值越小。

圆度：

$$C_3 = 4A/LP \quad (1-6)$$

$$C_2 = 4A/P^2 \quad (1-7)$$

紧凑度：

$$K_1 = 2\sqrt{\pi A}/P \quad (1-8)$$

$$K_2 = P^2/4\pi A \quad (1-9)$$

瘦度率：

$$TR = 4\pi(A/P^2) \quad (1-10)$$

2) 基于面积的测度。

紧凑度指数：

$$C_4 = \sqrt{A/A_C} \quad \text{或} \quad C_4 = A/A_C \quad (1-11)$$

3) 基于面积和区域长度。

形状率：

$$FR = A/L^2 \quad (1-12)$$

椭圆指数：

$$EI = [\pi 1/2L)]L/A \quad (1-13)$$

式中 A ——物体的面积；

A_C ——最小外切圆面积；

P ——地物的周长；

L ——长轴长度。

形状知识，可用于地物的定位或定性提取。在用于定位定性提取时，首先，增强地物之间的边界，提取出边界，然后，进行形状指数的测定，从而达到定性定位提取。在用于定性提取时，主要是对所提取的专题信息再进一步肯定其属性。

(四) 国内外主要遥感数据源介绍

1. 美国资源卫星

美国于 1961 年发射了第一颗试验型极轨气象卫星，到 20 世纪 70 年代，在气象卫星的基础上研制发射了第一代试验型地球资源卫星 (Landsat—1、Landsat—2、Landsat—3)。这三颗卫星上装有返束光导摄像机和多光谱扫描仪 MSS，分别有 3 个和 4 个谱段，分辨率为 80m。各国从卫星上接收了约 45 万幅遥感图像。20 世纪 80 年代，美国分别发射了第二代试验型地球资源卫星 (Landsat—4、Landsat—5)。卫星在技术上有了较大改进，平台采用新设计的多任务模块，增加了新型的专题绘图仪 TM，可通过中继卫星传送