

GIS 应用体系结构发展演化及 Web GIS 实现方法与应用研究

A Study on the Evolution of GIS Application System Frame and Technical Methods Used for Building a Web GIS Application

郭腾云

(中国科学院地理研究所, 副研究员 北京 100101)

Web GIS 俗称万维网地理信息系统, 又有人称它为 Internet GIS, 是一种基于 Internet/ Intranet 的技术标准和通信协议的网络化地理信息系统, 它系 GIS 技术和 Internet/ Intranet 技术相结合的产物。

一、GIS 系统技术应用体系结构的发展演化

经过近 40 年的发展, GIS 系统已从原来的带有学术研究性质的应用研究逐步走向服务于企业、服务于管理的社会化应用发展研究, 并且已广泛应用于科研教育、社会生产、管理决策等各个层面和领域。与整个计算机技术发展过程相适应。近 40 年来, GIS 系统发展经历了几个不同的发展阶段, 在 GIS 的应用体系结构上表现为: 以主机 (mainframe computer) 为中心的 GIS 系统技术应用体系结构; 基于桌面 PC 机 (微机) 为核心的 GIS 系统技术应用体系结构和当前刚刚兴起的支持 Internet/ Intranet 网络技术标准分布式 GIS 系统技术应用体系结构。

1. 以主机为中心的 GIS 系统技术应用体系结构

从 70 年代初到 80 年代初的 10 来年里, 由于当时的计算机硬件平台主要只有大、中、小几种类型, 相应的 GIS 系统技术应用体系结构的硬软件平台是由 1 台或多台主机和与主机相连的若干台用户终端 (terminal) 构成, 软件系统包括系统软件、应用软件和数据库等全部驻留在主机上。这种技术应用体系结构的特点, 是系统的所有计算操作、数据存储和管理工作及终端屏幕的生成与交互都是由主机承担; 用户终端不具备本地存储数据、进行本地处理及直接控制与之交互的界面的能力^[5]。它的优点是数据集中管理、数据集中度高, 有利于数据的共享和安全管理。缺点是所有大大小小的数据处理任务均由主体承担, 主机的任务繁杂, 对主机的性能要求高, 同时对主机的资源又难以十分有效地利用。

2. 以桌面 PC 机/ 工作站为核心的 GIS 系统技术应用体系结构

1981 年以后, 随着微处理技术和磁记录技术迅猛发展, PC 机的功能不断增强, 性能价格比迅速提

高, 以前只能由小型机、中型机或以上档次的计算机承担的任务, 只要在一般档次的 PC 机上就能实现。同计算机及微处理技术发展相适应, 在这一时期出现了许多以 PC 机为硬件平台的 GIS 系统软件, 整个 GIS 系统就是由一台 PC 机及相关的输入输出等外围设备和装载于 PC 机硬盘上的 GIS 系统软件组成。这种以 PC 机为核心的技术应用体系结构, 把原有集中在主机上的数据计算处理、屏幕管理、用户界面生成和交互与数据维护等功能全都在用户的本地机上进行^[5]。它的优点是数据应用计算处理分散在 PC 机上进行, 相应的数据信息也分散在 PC 机上, 减少了对主机的依赖, 工作效率提高了。原有主机 (如果有的话) 仅通过局域网提供数据共享和外设的共享等服务。缺点是由于数据分散存储和管理, 给数据的共享和安全管理带来了困难, 同时受 PC 机存储空间的限制, 对于 GIS 系统技术应用中的海量数据的计算处理等操作难以适应。

3. 基于 Internet/ Intranet 的分布式 GIS 系统技术应用体系结构

Internet/ Intranet 的发展及其相关技术的发展和完善, 尤其是 WWW 技术的出现, 使早期只能提供 Telnet (远程登陆) 服务、FTP (文件传输) 服务和 E-mail (电子邮件) 服务等面向字符服务的互连网, 成为一个包含各类信息, 面向各种用户的互连网^[4]。网络化分布式 GIS 系统支持 Internet/ Intranet 网络通信协议 (TCP/ IP) 和文件传输协议 (FTP) 及超文本传输协议 (HTTP), 采用标准的超文本标识语言 (HTML), 以网络浏览器为应用工作平台, 用来检索和发送各种文本文件、数据表格及图形数据文件。网络化 GIS 主要作为特定技术, 用于处理特殊数据类型, 即矢量 (Vector) 和栅格 (Raster) 等图形数据。

支持网络化通信技术标准, 对于一个网络化 GIS 系统应用至关重要^[5]。支持 TCP/ IP 和 HTTP, 就意味着网络化 GIS 系统能够与任何地方的数据相连, 网络化分布式 GIS 系统技术应用体系结构的优点是在客户端与服务器端均能提供方便的可执行进程, 能有效地平衡客户端与服务器端之间的处理负载, 可以使动态地理数据的提取、分析等进程分配在服务器端进行 (因为同一幅地图数据文档可能是来自不同服务器的地图数据或图层)。而空间

查询集的选定、地图缩放、平移和专题地图生成等进程任务,则分配在客户机端执行。这样可以强化服务器对数据访问的响应性能,使得有更方便的方法实现与空间数据相关的应用分析。

这种客户机与服务器的进程分布式处理,能够最大限度地发挥现有计算机硬件资源的效用。而且,当对网络性能的需求提高时,只要适当地提高服务器的处理能力就能实现。可能产生的问题是在当前网络传输能力条件下,由于支持动态地访问地理空间数据信息,对网络的传输速率要求较高。

二、Web GIS 系统的实现技术方法

广为人知的 Internet/ Intranet 就是以 TCP/ IP 通信技术协议规定、DNS 域名服务和 SMTP 简单的邮件传输协议为基础,以 WWW 和 FTP 服务为支撑,实现多服务器和多平台的相互连接的计算机通信网络,目前它已成为企业或部门内外各种信息管理和交换服务的平台。从技术上看,GIS 系统要成为网络化的信息系统,必须符合以下 3 方面的条件: (1) 支持 Internet/ Intranet 技术标准,或与 Internet/ Intranet 技术标准相兼容。包括支持 TCP/ IP 网络通信协议、HTTP 文档与文件传输协议、文档显示与应用程序集成 (HTML 和 HTML Browser)、服务器端集成 (Web Server CGI 或 API)、客户端扩展 (HTML, Java 和 Java Script)、服务器端扩展 (CGI 和 Server API)、可执行的客户机与服务器、进程的逻辑分布、多线程可扩展服务器、支持动态访问、强大的客户部件、远程制作 (包括可视化远程制作工具)、图形文档支持嵌入的 URLs 等^[5]。支持 Internet/ Intranet 通信技术标准,对于 Web GIS 来说也就是实现客户机端与服务器端数据传输通信。(2) 分布式应用体系结构。分布式应用体系结构能实现在客户机端与服务器端都具备提供功能强大的、可执行进程的体系结构,达到真正有效地平衡客户机与服务器之间的处理负荷,实现计算分布和数据分布的目标,使系统具有可互操作性。从而可以把数据量集中的处理任务由服务器端执行,在客户端则完成诸如空间查询、专题地图生成等进程,以充分发挥客户机与服务器各自的优势,最大限度地发挥应用系统的作用。(3) 系统的开放性。系统的开放性要求具有硬、软件资源共享、数据多重应用、跨平台运行,且系统易于集成等方面的特性^[8]。相对于 Internet/ Intranet 网而言,Web GIS 系统是一个建立于 Internet/ Intranet 之上的一个开放式、具有统一标准和广泛适应性的网络应用系统。Web GIS 系统一旦建成,客户端用户不仅能使用服务器端的硬软件资源,而且可以方便地利用 Internet 主干网的数据信息资源等。

Internet/ Intranet 网络应用开发技术已从第一代的 CGI 技术到第二代的 Plug-in 技术及目前流行的以 Java 为代表的 Internet/ Intranet 网络开发语言。到目前为止实现 Internet/ Intranet 应用开发的技术方法主要有: CGI (以及后来发展起来的 IDC、ASP、ISAPI、NSAPI 等) 技术方法,即通用网关接口技术方法 (Common Gateway Interface); Plug-in 技术方法,即应

用程序插件技术方法; ActiveX 控件和 COM 对象构件技术方法,以 Java 语言编程的技术方法,包括 Java 小程序 (Applet) 和 Java 虚拟机技术 (VRM) 等,这些方法同样适用于 Web GIS 系统的研制开发。

1. 利用 CGI 技术方法构建 Web GIS 系统

CGI 是 Internet/ Intranet 网络服务器调用外部应用程序的接口,通过 CGI 可以扩展网络服务器的功能。这时 CGI 的作用即相当于在外部应用程序与 Internet/ Intranet 网络服务器之间架设一座桥梁,使网络服务器对客户端的请求作出响应。响应具体的实现是客户端通过网络服务器激发 CGI 程序,读取超文本标识语言 (HTML) 文件,并将读取的数据信息或文件,通过服务器送往客户端,如图所示。

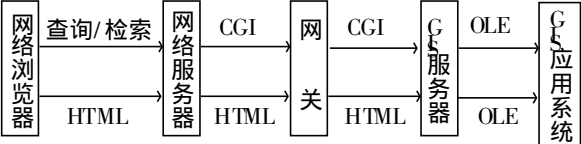


图 1 利用 CGI 技术方法构建 Web GIS 应用系统方法 (据张锦等修改)

目前市场上推出的 Web GIS 系统软件,有一部分就是利用这一原理实现的,如美国 ESRI 公司的 Arcview Map Server 和 MapInfo 公司的 MapInfo Pro server。这种实现方式的风险在于要在目前的 Internet/ Intranet 上发布和传输 GIS 数据信息的技术难点,一方面是现有的网络浏览器不能读取矢量图形数据,矢量数据在网上传输就得先在服务器端转换成栅格图形数据,如 BMP、JPEG 等,这样一转换就使数据量增大许多倍,使本已拥挤的网络不堪重负;另一方面,传统的 GIS 原有的数据类型与 Internet/ Intranet 现有的数据类型相距甚远^[4],要在浏览器上实现原有的许多操作变得很困难。用这种技术方法构造 Web GIS 具有简单易行的特点 (但可能具有带宽敏感问题,使系统的运行受到影响),这种方法适用于对原有 GIS 系统的网络化改造。

2. 利用 ActiveX 控件和 COM 构件模型技术建立 Web GIS 系统

微软公司的网络构件对象模型 COM 技术和 ActiveX 控件技术方法具备构造各种 GIS 系统功能模块的能力。利用这些技术方法和与之相应的 OLE (对象联接与嵌入)、SDE (空间数据引擎) 技术方法相结合,可以开发出功能强大的 Web GIS 系统。如美国 ESRI 公司于 1997 年推出的 MapObject 就是一个利用 ActiveX 等技术方法建立的 Web GIS 系统软件。MapObject 包括 1 个 ActiveX 控件和 35 个以上的可编程 Active Automation 组件,拥有很强的 GIS 功能和制图功能,用户可调用这些构件来建立自己的 Web GIS 应用系统。同时支持诸如 VB、VC、Delphi 和 PowerBuilder 等多种开发环境。用这种技术方法构建的 Web GIS 系统,具有很好的灵活性,扩展能力强,可充分利用客户机/服务器体系结构的优势^[7]。

3. 利用 Plug-in 插件技术方法建立 Web GIS 系统

目前流行的 Internet/ Intranet 网络浏览器,如美国网景公司的 Netscape 和微软公司的 Internet Explorer 等均具有应用程序接口 (API),目的就是方便

网络开发商和用户扩展与网络的相关应用。实际上,这种方法构造 Web GIS 系统的思路和原理与 CGI 技术方法有许多相似的地方,所不同的是 Plug-in 技术方法是在客户端的浏览器上增加一个能识别矢量图形数据的插件。通过这样的插件,使得服务器端的矢量图形数据无须转换就能直接为用户浏览、查询和分析等操作,大大减少了网络的数据传输量,较好地解决了网络上图形数据信息的传输“瓶颈”。世界著名的 CAD 软件厂商——美国 Autodesk 公司的 MapGuide 就是基于这一原理的 Web GIS 系统平台。这一系统利用位于客户端的 MapGuide Plug-in 插件和服务器端的 MapGuide Server,通过其特有的“地图窗口文件”(MWF)的智能地图文件(这种文件包含一般的地图属性、安全信息、地图图层属性、原始地图数据和用户接口规程等信息)来实现基于矢量的图形数据信息的各种操作和管理,包括图形数据的动态发布与图层管理等^[5]。这种技术方法的特点是以通用的浏览器为载体或平台,易于操作使用。同时它是嵌入式的插件,它自身所提供的强大的图形及数据库操作功能与浏览器的功能相结合较好地解决了各种图形与属性数据的全方位浏览、检索、查询和统计分析等操作功能。此外,美国 Intergraph 公司的 Geomedia Map 也是采用 Plug-in 插件技术方法实现的 Web GIS 系统软件。

4 利用 Java 编程语言建立 Web GIS 系统

美国 Sun 公司于 1995 年推出的 Java 编程语言是基于网络(应用)开发、面向对象的新一代计算机编程语言。它具有对象封装、多态性和继承性等面向对象语言的基本特征,且绝大部分数据类型都是以对象形式出现。由于 Java 无全程和主函数,它的封装性很强。因采用虚拟机技术(Java Virtual Machine),Java 语言程序实现了目标代码级与平台无关的特性。同时具有支持 Internet/Intranet 网络模式下的数据分布与计算分布的特性。为保证这些特性的实现,对于数据分布,Java 通过提供 URL(Universal Resource Locator)对象方式,来访问具有 URL 的数据对象。对于计算分布,Java 则可通过下载 Java Applet (Java 小程序)到客户端,还可以实现计算等操作由全部在服务器上运行到部分在服务器上、部分在客户机上运行^[4]。由于 Java 所具有的这些功能特点,使其成为实现 Web GIS 的分布式应用体系结构的理想开发语言。

从具体的实现方式上讲,目前利用 Java 编程语言开发 Web GIS 系统的方法可分为两种。一种是仅利用 Java 开发客户端的 GIS 功能^[4],而服务器端仍以传统的开发方式进行开发或干脆对原有的系统进行适当的改造。这种方法的特点是系统开发简单易行,能充分利用原有基础,可以大大缩短系统的开发周期。同时又能保证开发的 Web GIS 系统具有较强的制图和地理空间分析能力。美国 ESRI 公司的 Internet MapObject Server 就是一个典型的客户端 Web GIS 系统软件。另一种方法,不管是客户端还是服务器端都是利用 Java 编程语言从系统的最底层开始开发。这是一种全新的开发方式。从理论上讲,这种方法开发出来的 Web GIS 才是真正意义上的 Web GIS 系统,但由于这种开发方式一切都得从头

做起,系统开发的工作量很大、周期长,具有相当的难度。

以上这些技术方法,在基本原理和思路上有同有异、各有千秋的。主要差异是在着重点和技术路线上。这里把它们细分出来,一方面为了特出它们的特点和技术路线,另一方面也是为了叙述上的方便。所以,在具体开发 Web GIS 系统中,可以同时借用不同的方法,如 Autodesk 公司的 MapGuide 的 Plug-in 插件就与正在兴起的 Java Script 标准之间有着较紧密的集成关系,使用 Java Script 和嵌入在 HTML 文档之中的 Java Applet,开发者能够在最终用户与 HTML 源文件的交互中,或与 Autodesk 的 MapGuide 的内部功能交互中实现双向通信,为开发者开发客户端功能提供了多种选择^[5]。

三、一个 Web GIS 应用系统的研制开发实例——宏观国土资源信息系统

1. 系统目标

随着 GIS 系统技术的快速发展和应用的普及,国内外已建成了无数的 GIS 应用系统。然而,这些 GIS 应用系统的建设由于各自为政、相互独立,所具有的各种数据信息难以共享,处于封闭状态,不能充分发挥信息的作用,造成了信息资源的浪费。加以传统的 GIS 系统的研究开发方式,多为 GIS 系统的应用研究部门或系统应用集成公司,依照用户的具体要求,利用某种商业化 GIS 系统平台进行二次开发,花费大量的投资开发出仅能满足特定用户需要的 GIS 应用系统。这种系统由于针对性太强,它们的应用限于特定的领域^[7],难以普及、推广,造成系统建设的高投入、应用的低产出现象。为了方便系统的硬软件资源共享,充分利用各种信息资源,要求建立一种基于客户机/服务器(Client/Server)或浏览器/服务器(Browser/Server)体系结构的分布式资源信息共享系统(图 2)。

计算机及其网络通讯技术的迅猛发展大大地改善了人们获取信息的手段和途径。Web GIS 系统开发建设成为 GIS 发展的一大趋势。我国宏观资源信息系统建设的目标就是通过 Internet/Intranet 技术平台,利用 Java 编程语言构建分布式网络化 GIS 系统。先期实现户能通过 Internet/Intranet 网络对系统进行空间与属性数据信息的查询、检索等访问,而且通过客户端浏览器和 Plug-in 插件启动系统的分析评价和决策等应用模型。最终可实现能进行诸如空间分析计算等复杂的应用功能。

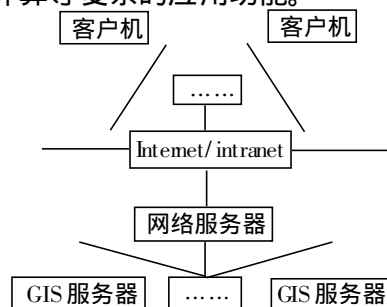


图 2 基于 Internet/Intranet 的分布式 Web GIS 应用体系结构

2. Web GIS 系统研制开发的方法步骤

Web GIS 系统的研制开发是一项复杂的系统工程,它涉及面很广。要建立一个实用可行的 Web GIS 系统涉及到网络结构、GIS 系统的技术要求、用户对象或应用领域的需要、系统的软硬件平台等操作环境^[6],开发一个先进实用的 Web GIS 系统,需要遵循以下方法步骤:系统开发前期的可行性调查研究;信息分析;系统分析(包括系统逻辑过程分析和系统逻辑数据结构分析);系统设计(系统物理设计);系统实现(包括系统调试和系统评价)等。

(1) 可行性研究

基于 Internet/ Intranet 网络的宏观国土资源信息系统,是国家“九五”重点攻关项目“中国可持续发展信息共享示范”研究的一个专题。为了保证所建系统在技术上先进、性能上可行,这一阶段的工作主要是着重了解了国内外 Web GIS 系统技术的发展动态、所建系统现有与潜在的可能的用户对象的需求。在此基础上提出系统研制开发的技术路线,即根据国家有关标准更新、改造和规范有关国土资源数据库,使其成为网上共享的数据库系统;建立资源数据库的 Internet 主页和编制元数据表;建立信息浏览访问、信息分析、查询服务系统,其中包括信息快速浏览、查询、检索、基础数据处理与分析模型工具、文件传输服务、电子邮件和远程访问服务等。国土资源数据库网络系统管理技术主要包括:数据库更新和维护、信息资源使用权限、收费管理、网络安全与维护等。

(2) 信息分析

根据宏观国土资源信息共享系统的目标,信息分析的目的就是充分了解系统用户或服务对象的现有和今后可能的需求,提出系统结构框架(图 3),使改造后的系统既规范完备,又具有实用性和可扩展性的特性。

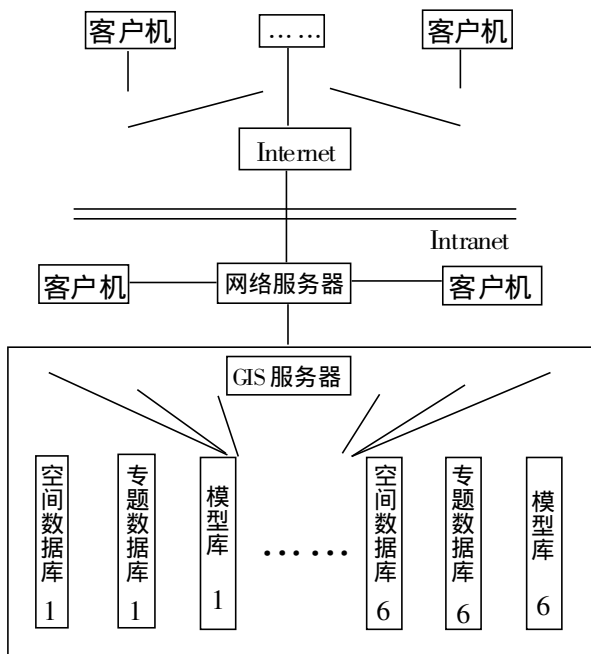


图 3 基于 Internet/ Intranet 的宏观国土资源信息系统结构

(3) 系统分析与设计

由于宏观国土资源信息共享系统的研制开发主要是立足于对原有系统的标准化、网络化改造等方面的工作,所以其中的信息分析方面的工作就大大减少了。

信息系统设计包括系统逻辑设计和系统物理设计。在宏观国土资源信息共享系统设计中,系统逻辑设计的主要任务就是确定对原有数据库(包括空间数据库和属性数据库)的标准化改造。从思路仍然是采用自上而下的设计流程,利用 DFD 技术和 E-R 模型方法,根据有关技术标准和规范,提出数据库网络化和标准化改造方案,其中包括(至少满足第三范式的)数据库系统改造的 global E-R 模型。在物理设计中,重点解决 Web GIS 软件和硬件选型。在软件选型中,考虑到宏观国土资源信息系统的性能要求,初步确定数据库软件采用具有网络管理功能的 DBMS 平台,如 Oracle 8.0 或 SQL Server 7.0 以上,图形数据库管理软件初步采用 Arc/ Info 与 ArcView 3.0,同时专门组织课题,在服务器端利用 Java 编程语言构造 Web Server 和利用 Java Applet (Java 小程序)构造基于 Internet Explorer/ Netscape 的客户端 Plug-in 插件。

(4) 系统实现

这一阶段的主要工作包括系统的数据库(空间和属性数据库)建立、应用模型构建和相关系统模块集成等方面的工作。宏观国土资源信息共享系统的建立,主要是依据国家有关标准对原有相关的资源数据库系统进行标准化改造,包括进行空间数据库与基础地理信息平台相配准;属性数据库更新;空间数据库与属性数据库的连接;应用模型的建立。最后使各相应模块有机地集成起来成为一个功能较强、规范统一、扩展性好、实用可行的 Web GIS 系统。

四、结语

Internet/ Intranet 的发展使得现实世界范围内的各用户之间信息资源共享、远程计算与管理、数据信息传输等服务成为可能。Internet/ Intranet 的信息传输、分布与集中处理、远程计算与管理、信息浏览与发布等功能为 GIS 的数据采集、编辑处理、分析计算与信息传输及具有空间特性的图形信息发布与辅助决策等功能的发挥提供技术支撑^[9],可使原来仅局限于小范围、专业人士应用的 GIS 系统,呈现在广大非 GIS 用户面前,服务于全社会。开发建立基于 Internet/ Intranet 的 Web GIS 系统已成为一种历史的必然。

Web GIS 系统的开发应用还处于起步阶段,传统的 GIS 技术与新兴的 Internet/ Intranet 技术完全融合,还存在许多未知的领域,有待人们去探索解决。中国宏观国土资源信息共享系统的建设,可以说仅是一种尝试。从工作的实践中,笔者发现在 Web GIS 系统的开发设计中,除了采用 Internet/ Intranet 所通用的技术标准与规范、规划设计好系统的功能结构、选择好切实可行的集成方式外,以下几个问题在系统开发设计的早期就应该加以考虑:网络通道的数据传输率;数据格式;所开发系统的可互操

略论地球地理空间信息基础设施 On the Geospatial Information Infrastructure

易善桢 李琦 承继成

(北京大学遥感与地理信息系统研究所 北京 100084)

一、地理空间信息的重要性

人类社会从原始部落到信息社会,对生存空间和环境不断地进行开发和改造,认识也不断地提高,由此形成了一门古老而又不断演化的地理科学。人类使用地图同使用语言一样历史悠久。作为传统的地理空间信息载体的地图自古以来就在政治、军事、经济和行政管理中发挥了重要作用,近现代的航空摄影和遥感(RS)在获取地理空间信息方法上,无论是范围、精度、内容还是时间上都取得了巨大的突破,获得了大量的实时的影像数据。全球定位系统(GPS)提供了高精度实时的定位和导航数据。地理信息系统(GIS)是对地理空间信息(以下简称空间信息)的收集、存贮、管理和分析的系统,随着计算机软硬件及网络的发展和信息化的普及,GIS已在社会经济发展中得到广泛应用,成为对地理空间信息应用的现代化手段,在行政、商业、资源管理、环境监测、区域规划、防灾、军事、政治、外交等方面发挥越来越重要的作用。

在今天的信息社会中,网络通信、数字卫星、遥感、航天飞机以及全球定位系统使得人们能通过电子地图、近于实时的地表遥感图像、实时定位、音频和视频等多种媒体信息了解地理空间环境。

由于经济的迅速发展和科学技术的进步,人类的活动也正在改变地理环境,人口爆炸、环境污染、生态破坏、资源枯竭直接威胁着人类的生存。地球

村已不再是新名词。如何建好地球村,使之不遭受灾难,是人类共同面临的课题。全球变化研究和可持续发展研究越来越引起人们的重视。走可持续发展之路已成为必然选择。

另一方面,贸易和商业的全球化,以及信息的全球化,使得国家之间联系和交往更加紧密,一个全球化的趋势正在形成。以国际互联网(Internet)和万维网(WWW)为主要特征的信息基础设施正在改变人们的生活方式。网上数字图书馆、视频会议、电子商务、网上电子银行等正在向我们走来。我们正在向数字时代迈进。信息高速公路和社会信息化建设为我们走可持续发展之路提供了决策支持基础,为人类生存和发展提供了广阔的空间。为使地球村实现可持续发展,空间信息的作用比以往更加重要。在全世界数据库中,约有80%的数据包括地理空间数据内容。其原因是:人类及其各种设施都不能凭空而存在;人类生存的基础离不开地球。研究与人类活动空间有关的信息的科学就构成空间信息科学,它包括空间信息的获取、存储、传输、处理和应用;空间信息技术包括遥感、地理信息系统(GIS)、全球定位系统以及通讯技术等内容。

空间信息的本质特征是区域空间上的分布性。可以根据行政区划、自然地理区域、坐标系统、地名、地址或数码(邮政编码、电话号码)来识别它们。

空间信息的另一重要特征是基础性和综合性。空间信息渗透到自然和社会的多种学科,其各

性:系统的开放性与数据信息安全的关系等。这些问题都涉及到GIS与Internet/Intranet的集成、系统的可运行性和信息数据的发布及共享的成功与否。

参考文献

- [1] 承继成,赵永平.地理信息及其数据标准.遥感学报,1998,2(2)
- [2] 周成虎,邵全琴.地理信息系统应用方法论.地理学报,第52期增刊,1997-6
- [3] 黎峰.用Autodesk MapGuide建立规划领域图形信息发布及查询系统. Autodesk 在中国,1998(4)

- [4] 张锦,王励.万维网地理信息系统实现的相关技术问题.测绘通报,1998(1)
- [5] Autodesk 技术资料(复印)
- [6] Li Bin. Issues in designing distributed geographical information system. GIS/ LIS '96 proceedings, 1996
- [7] 任建武. Internet GIS 应用一例. 微电脑世界, 1999(1)
- [8] 孔云峰,林琚.基于万维网的地理信息系统集成研究.遥感学报,1998,2(2)
- [9] 范爱民.构建面向GIS的Intranet方案.测绘通报,1999(2)

(责任编辑 肖庆山)