

地理信息系统的发展现状及趋势

傅晓珊

(中国地质大学 人文经管学院, 北京 100083)

摘要: 地理信息系统 (Geographic Information Systems, GIS) 是一门由计算机科学、测量学、地图学、地理学等多门学科综合的技术. 介绍了地理信息系统的起源, 讨论了地理信息系统技术的发展现状, 并分析了地理信息系统的发展趋势.

关键词: 地理信息系统; 发展现状; 趋势

中图分类号: P208

文献标识码: A

地理信息系统 (Geographic Information Systems, GIS) 是用于采集、存储、管理、分析和表达空间数据的信息系统, 是计算机科学、测量学、地图学、地理学等多门学科的综合技术. 地理信息系统的应用范围十分广泛, 不但在资源环境管理和规划中发挥重要的作用, 而且逐渐成为城市管理、工程建设、商业策划、灾害防治、军事战略分析等领域的重要工具, 并逐步走进了人们的日常生活之中. GIS 与数据库技术、通信技术一样, 已成为现代信息技术的重要组成部分. GIS 的发展经历了几个阶段: 第一是初始发展阶段, 1960s 加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 提出并建立第一个 GIS, 标志 GIS 正式诞生; 第二是发展巩固阶段, 1970s 以来计算机软硬件技术飞速发展, 尤其是大容量存储设备的出现, 促进了 GIS 由初期的实验朝实用的方向发展, 世界各地纷纷研制出了很多不同规模、不同类型且各具特色的 GIS, 同时美、英、德、瑞典和日本等国也都投入了大量的人力、物力和财力研究 GIS, 使 GIS 得以发展巩固; 第三是推广应用阶段, 1980s, 随着 GIS 技术逐步走向成熟, 应用领域也不断扩大, 并在世界范围内得以全面推广, 这个阶段涌现出如 Arc/Info, GenMap, SPANS, MapInfo, ERDAS, Microstation 等优秀 GIS 软件, 同时世界各国许多政府和机构也开始建立了大量的 GIS; 第四是蓬勃发展阶段, 1990s 以来, 地理信息和数字化信息的获得越来越容易, GIS 逐渐渗透到各行各业当中, 成为人们生活、学习和工作中重要的工具. 这个时期国内的 GIS 应用与软件的开发也蓬勃发展起来, 以 SuperMap、MapGIS、GeoStar 等一大批 GIS 基础软件和应用软件为代表, 在国家科技部等政府部门的正确领导和大力支持及广大 GIS 专家学者的共同努力下, 国产 GIS 应用软件得到了广泛的应用. 调查表明, 目前在国产 GIS 软件的市场占有率已经超过了 50%.

1 GIS 技术进展

1.1 GIS 基础软件技术进展

GIS 基础软件的体系结构经历了单机单用户全封闭结构的时代、多级多用户引入商用数据库管理属性数据的时代和引入 Internet 技术、向以数据为中心过渡、完成组件化技术改造的时代, 目前正在进入新一代发展的交替阶段.

(1) 集中式地理信息系统软件. 集中式地理信息系统软件运行在一个计算机系统中, 计算以一台主机为主, 连接着若干个终端设备, 所有的地理信息数据存储和计算都在主机上进行, 终端设备只负责为用户发出计算请求和显示计算结果. 在发展的早期阶段, 由于受技术的限制, GIS 软件只能满足于某些功能要求的一些模块, 没有形成完整的系统, 各个模块之间不具备协同能力. 而随着理论和技术的发展, 各种 GIS 模块走向集成, 逐步形成大型的 GIS 软件包, 如 ESRI 早期的 Arc/Info. 集成式 GIS 的优点在于能形成独立、完整的系统, 缺点在于系统过于复杂、庞大, 导致成本高, 也难于与其他应用系统集成. 早期 GIS 的另一个发展方式是模块化 GIS, 其代表软件为 Intergraph 的 MGE. 模块化 GIS 的基本思想是把 GIS 按照功能划分为一系列模块, 运行于统一的基础环境之上 (如 MicroStation). 这样, 软件系统具有较大的工程针

对性, 便于开发和应用. 用户可以根据需求选择模块. 但无论是集成式还是模块化的 GIS, 都很难与管理信息系统(MIS)以及专业应用模型一起集成高效、无缝的 GIS 应用. 为解决集成式 GIS 和模块化 GIS 的缺点, 业界提出了核心式 GIS(Core GIS)的概念. 核心式 GIS 被设计为操作系统的基本扩展. Windows 操作系统上的核心式 GIS 提供了一系列动态链接库(DLL), 开发 GIS 应用系统时可以通过应用程序接口(API)访问内核所提供的 GIS 功能. 核心式 GIS 为 GIS 与 MIS 的集成提供了全新的解决思路. 但是, 由于其提供的组件过于底层, 给应用开发带来一定的难度, 一般用户难以掌握, 故而没有形成成熟的商业软件.

(2) 分布式与组件化地理信息系统软件. 组件技术的出现和发展给 GIS 软件带来了全新的思路. 基于标准组件技术实现的 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. 与组件式 GIS 几乎同时出现的 WebGIS 是 Internet 技术与 GIS 相结合的产物. GIS 通过 WWW 功能得以扩展, 真正成为一种大众使用的工具. 从 WWW 的任意一个节点, Internet 用户可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据、制作专题图, 以及进行各种空间检索和空间分析, 从而使 GIS 进入千家万户. 组件式和分布式 GIS 的出现使 GIS 开始融入 IT 主流. 从当前国际 GIS 系统软件研究开发的进展来看, 国外主流 GIS 平台已经完成了向组件化结构的转变, 并结合 Internet 技术, 实现了包括桌面-服务器、WebGIS、空间信息 Web Services 和多空间数据库在内的多种分布式应用体系结构. 以 SuperMap、GeoStar 和 MapGIS 为代表的国产 GIS 基础平台也已完成了全组件化的体系结构转变, 推出全系列适应各种 GIS 应用体系结构的产品, 在应用开发和基础平台结构方面基本保持了跟踪国际主流基础、并积极融合 IT 技术的最新进展, 呈现出良好的发展态势. 分布式地理信息系统的应用类型从简单到复杂可以分为 7 种类型: 原始数据下载、静态地图显示、元数据搜索、动态地图浏览器、基于 Web 的 GIS 查询和分析、能响应网络的 GIS 软件. 建立分布式 GIS 的主要目的是提供分布式事务处理, 不同系统、数据之间的透明操作, 能进行跨平台应用和异构网互联, 具有良好的人机交互及数据采集与互操作, 以达到地理信息最大限度的共享.

(3) “网格”地理信息系统软件. “网格”地理信息系统是利用 Grid 技术将多台地理信息服务器建成一个网格环境. 利用网格中间件提供的基础设施, 实现地理信息服务器的网格调度、负载均衡和快速地理信息服务. “网格”地理信息系统已成为地理信息系统发展的新方向. 但国际上目前尚未出现面向空间信息的网格计算支撑平台. 我国地理信息系统体系结构在技术研究方面符合网格分布式计算的趋势, 基本能达到国际同步水平, 而在大型地理信息系统平台开发与应用上尚处于示范阶段, 还有相当的发展空间.

1.2 GIS 企业级应用技术进展

目前各国各级政府都在积极规划和实施各自的空间信息基础设施建设, 并在此基础上向企业和公众提供空间信息服务. 我国“数字城市地理空间框架”被列为国家测绘局“十一五”重点建设项目, 目标是通过在全国范围内若干具备条件的城市, 构建城市地理空间信息公共平台, 以促进地理信息资源的充分利用和城市信息化建设. 2008 年, 国家测绘局又提出了建设“全国地理信息公共服务平台”的宏大构想, 并积极组织规划实施. 与此同时, 国土、规划、市政、环保、城建等国家级和城市级行政主管部门以及大量的企业也都在自己的 IT 规划和工作中自觉地引入或整合 GIS 技术, 结合业务特点, 将空间信息的处理、分析和展示融入到行政和业务管理流程中的各个环节, 并开始以服务的形式对内对外提供. 在此情况下, 传统的以产品为导向的 GIS 越来越不适应数字中国、数字城市、数字区域以及数字领域的业务要求.

为有效地构建空间信息服务环境, ESRI 及时地推出了以服务为导向的企业级 GIS (Enterprise Geographical Information System) 的概念. 企业级 GIS 是指能够最大化减少和消除作为单一实体的政府机构组织或企业内部各种信息流转和共享的障碍, 服务于整个机构组织或企业而非孤立于部门内部的综合地理信息系统. 企业级 GIS 的作用在于提供空间数据和软件框架及工具, 作为机构组织或企业的 IT 系统, 在各类信息共同的参考项——地理空间位置的基础上, 组织共享数据、信息来为其核心业务中各个环节提供服务, 并在此基础上, 将信息进行组织、抽取、加工和发布, 向机构组织或企业外部的现有和潜在服务对象提供信息服务. 企业级 GIS 的目标是借助和综合其他 IT 技术提供的功能和数据, 将空间信息及其相关联的业务信息和 GIS 的空间信息处理和分析功能贯穿、融合到整个组织机构或企业. 企业级 GIS 采用面向服务的架构(Service-Oriented Architecture, SOA)将地理知识有效地与 ERP、CRM、商业智能(BI)等集成, 从而丰富企业的工作流程, 提高企业的工作效率. SOA 是一个组件模型, 它将应用程序的不同功能单元(称为服务)通过定义良好的接口和契约联系起来. 接口采用中立的方式定义, 独立于实现服务的硬件平

台、操作系统和编程语言.这使得构建在各种这样的系统中的服务可以以一种统一和通用的方式进行交互.基于SOA的企业级GIS适应了由提供软件产品向提供软件服务的需求方向.GIS软件厂商可以根据具体的软件形式,采取相应的服务模式,着眼于软件产品与行业特色的结合部,了解行业用户的实际需求,完成软件产品的定制开发、应用程序的结构设计和内部开发人员的深层培训,为客户保证业务的持续性发展,并获得更大的增值空间.目前企业级GIS有2种应用模式:一是以业务为核心,融入GIS;二是以GIS为核心,融入业务.通过企业级GIS的实施,达到GIS和核心业务的融合.打破机构和企业内部各部门独立存在的各系统之间的信息流动壁垒,形成内部高效、对外一致的信息服务格局.目前国际上许多GIS用户已成功部署了企业级GIS.国内也有GIS厂商提出了服务式GIS的概念.服务式GIS采用SOA架构,具有跨网络集成与应用和业务敏捷的特点.

1.3 GIS大众化应用技术进展

位置服务(Location-Based Services, LBS)是GIS大众化应用技术发展的一个方向.LBS是集定位、GIS、通信、网络技术为一体,提供多种形式的以位置信息为核心的服务框架,能满足不同用户在任何时间、地点、内容的信息服务需求.LBS定义了未来空间信息服务和移动定位服务的蓝图,即当用户与现实世界的一个模型交互时,在不同时间、地点这个模型会动态地向不同用户提供不同的信息服务.使用位置服务,用户可方便获知自己目前所处位置,并用终端查询或搜取附近各处场所信息;同时,它还可对特定用户或组织定位,根据用户位置实时监测、跟踪,结合共享的电子地图,实现监控和调度,以满足用户的要求.另外,将位置服务引入目前流行的社交网络,将形成一类新的GIS大众化应用:基于位置的社会网络(Location Based Social Networks, LBSN).

随着以3G为代表的移动通信技术以及以IPv6为代表的网络技术的不断发展,利用其高速数据传输能力,提供数据增值服务将成为3G移动电话发展的主流.发展基于位置的增值业务,除了为移动运营商,还能为LBS价值链上的其他厂商(空间数据生产商、终端设备制造商、中间件供应商)提供发展契机,进而推动整条产业链的发展.位置服务在用户跟踪、汽车导航、智能交通、车队管理等方面的应用在国外发展较快.美国、日本和韩国的许多运营商(如SPRINT、KDDI、SKT、KT等)在2001年已经开始启动该业务.如ESRI、MapInfo、Autodesk传统GIS厂商和Oracle、IBM等跨国公司推出了LBS的一些解决方案.由OGC以及ISO/TC211负责并已完成了包括OpenLS在内的4个与LBS相关技术标准,遵循OpenLS标准的位置服务平台也正在研发.中国市场上,2001年5月北京移动基于移动梦网卡推出位置服务,2003年7月中国联通推出定位之星业务.位置服务在我国始终处于缓慢增长阶段,其主要问题在于空间数据缺乏、政策限制、SP开发力度不够、未能把握用户的需求等.此外,缺乏良好的支撑平台和开发平台,也是位置服务发展受到限制的重要原因.车辆导航是位置服务在智能交通领域的应用.据预测,至2010年我国的汽车产量将可能达到1000万辆.其中至少有20%的车辆要配置卫星导航仪(或车辆信息系统).导航服务将成为我国地理空间信息产业的一个高速增长点.目前,车辆导航技术正逐渐由静态自主导航向基于实时交通信息的动态网络导航演进.

GIS民用化、大众化发展,以及与网络技术的结合,诞生了一个新的应用领域:网络地图服务(Web Map Services).网络地图服务是指地图服务方根据用户提出的地理信息需求,通过自动搜索、人工查询、在线交流等方式为用户提供方便、快捷、准确的所需地图及出行交通指引资讯的在线信息服务.其特点是将用户所需的本地信息、搜索结果直接在地图上呈现,同时提供地图浏览、公交线路、行车路线以及对目标地点的简介等常用功能.网络地图服务的发展速度远远超过了车辆导航和移动电话定位服务业务.面向大众提供的互联网地图服务网站最早可以追溯到1996年美国GeoSystems Global公司发布的MapQuest.com.1999年,图行天下推出Go2map.com,是当时中国最早的网络地图服务网站.2000年,美国在线(AOL)以10亿美金收购MapQuest.com.这是网络地图服务上的第一个标志性事件.2004年11月,Google成功收购美国KeyHole公司后,在2005年推出Google Maps,这是第二个标志性事件.从Google Maps发布到现在,各大互联网络公司Yahoo、MSN、AOL、搜狐、百度等都在纷纷推出或者改进自己的网络地图服务.除此之外,在中国也出现了很多类似的网站,如51ditu、Mapbar、MapABC等.

网络地图服务按服务方类型分为服务运营商提供的商业性的地图搜索和本地服务、政府机构和公交公司提供的公益性电子地图查询服务、个人和社团提供的地图服务BLOG和WIKI站点,以及移动运营

商提供的移动电话地图搜索和本地信息服务. 在网络地图服务的发展中, 有两个重要的基础需要认真考虑: 内容和应用. 内容是网络地图服务的重要基础之一, 主要考虑的是所提供的内容种类、表现形式、范围、新鲜度、丰富程度等. 除了固定的内容本身外, 公众对内容的关注度与评价也在内容的提供范围内. 如对某个 POI(Point of Interest) 的评价, 对某些信息的浏览与搜索关注度等. 本地搜索、地图浏览、公交换乘、驾车导航等是目前网络地图服务的主要应用. 根据用户需求扩充应用, 是互联网地图服务能否发展壮大的另一个重要基础. 未来网络地图服务技术的发展应该朝着优秀的本地搜索引擎(包含常规搜索技术中分词、切词、高效索引、并行搜索等技术, 还包含基于空间位置的快速索引与排序等技术)、高可靠与高性能技术、用户的交互与反馈技术、灵活与简单的二次开发接口等方向发展.

2 GIS 标准规范进展

地理信息标准和规范对于地理空间数据的生产、管理、分发与应用服务极为重要, 是推动地理信息产业化应用的关键. 相关的标准与规范可分为 4 个层次: 一是数据集标准, 包括空间数据的元数据标准、空间数据内容标准、空间数据语义标准、空间数据编码标准、空间数据转换标准、空间数据可视化符号标准; 二是地理数据分发服务标准, 它是关于数据集(即针对文件级的空间数据)共享与分发服务的标准; 三是空间数据互操作规范, 它是关于异构空间数据库中空间对象的实时共享与互操作的规范; 四是地理空间信息服务(元服务)的标准, 它是空间信息在描述、发现、链接、绑定和执行服务方面的互操作基础, 允许空间信息服务系统对用户透明提供在线访问、个性化的数据、信息和知识服务, 是当前 OGC(开放地理信息系统联盟)和 ISO/TC211(ISO 下设的地理信息/地球信息标准化委员会)的重要发展方向.

(1)元数据标准. ISO/TC211 委员会于 2001 年 8 月正式发布用于描述地理数据和服务的元数据标准, 编号 ISO19115, 它是 ISO19100 系列标准的一部分. 该标准力图规范元数据元素, 建立一套通用的元数据专业术语、定义以及扩展步骤和表示方法. 其特色在于元数据的 UML 模型表示、数据字典与 UML 模型的有效对应、元数据表标准的 XML DTD 定义以及元数据扩展方法的详细描述.

美国联邦地理数据委员会(FGDC)于 1994 年 8 月通过并发布了第 1 版地理空间数据的元数据内容标准(CSDGM). 此外, 联邦政府内外的许多单位根据 12906 号总统令的要求, 从 1995 年开始执行这一标准, 并利用自动索引和服务机制, 为用户提供通过 Internet 访问其数据库的服务. FGDC 与 1998 年 6 月完成了第 2 版 CSDGM. 目前, FGDC 正在研究遥感影像元数据标准. 美国 FGDC 元数据标准除在美国国内广泛使用外, 加拿大、印度等国也已等同采用, 作为各自的国家标准. 同时, 经过多年的发展和积累, 美国在基于 CSDGM 上开发工具软件方面, 也有很丰富的产品和广泛的应用领域, 如元数据的输入、编辑、生成、预处理、检验和确认等. 这使得他们的元数据标准在实现和应用上处于领先地位. 在充分跟踪和研究国际相关领域的基础上, 结合我国实际情况, 特别是 NREDIS 重点数据库群的具体情况, 科技部“九五”项目 97-759 于 1997 年底编写出 NREDIS 空间元数据标准. 该标准面向国内众多行业和部门的迫切需求, 将本地化和实用化工作放在一个突出的位置. 另外, 为研究元数据在现实中的工作模式及可能遇到的具体问题, 并考察如何发挥其应用的功能和效益, 近年来国内业界结合元数据标准草案和相应的应用模式及软件, 探索性地做了一些工作, 基本达到了国际先进水平.

(2)空间数据互操作与信息服务规范. 空间数据的互操作有数据交换、直接读取和基于公共接口的互操作方式, 目前大家比较认可的技术是基于公共接口的互操作方式. 各个系统通过公共的接口相互联系, 而且允许各自系统内部数据结构和数据处理可以不同. 1994 年在美国成立的开放地理信息系统联盟(Open GIS Consortium, OGC)是一个非盈利组织. 它通过标准化的工作流程和技术手段, 发展开放式地理数据系统, 研究地学空间信息标准化以及处理方法, 对全球地理数据和地学空间信息处理的标准化产生了深远的影响. OGC 为空间数据互操作制定了统一的空间对象规范, 从而使得一个系统同时支持不同的空间数据格式成为可能. OGC 的这些规范基于 CORBA、OLE/COM 以及 SQL 等, 为实现不同平台间服务器和客户端之间数据请求和服务提供了统一的协议. OGC 规范正得到 OMG 和 ISO 的承认, 从而逐渐成为一种国际标准, 将为越来越多的 GIS 软件以及研究者所接受和采纳. 随着互联网和 Web Services 技术的日益发展, 网络地理信息服务成为地理信息系统发展的主流方向. 为此, OGC 在 2001 年提出 OWS-1 提案(OGC Web Service Version 1)提案, 规范地理信息互操作的框架和基本服务接口, 2005 年初开始,

OWS-3 的提案开始运行,在与数据连接的方式上,它将规范传感器网络接入(Sensor Web Enablement, SWE)的方式和能力.在信息的服务端,它将各种地理信息服务类型抽象为一种统一的方式.OWS-3 直接将天上、地下、静态和动态的传感器连入地理信息服务的数据来源,实现各类数据的互操作与信息服务.

3 GIS 发展趋势

一个优秀的 GIS 软件应具备支持数字(区域、城市)地球的能力,应是在 OS、DBMS 等软件之上的应用集成平台.GIS 软件的发展要实现从简单的二维或三维处理向多维处理的转变;实现从以系统为中心向以数据为中心的转变;实现从面向地图的处理向面向空间实体及其时空关系处理的转变;实现从单纯的管理型向分析决策型转变.在技术体系上,GIS 软件的发展应向以下几个方向努力.

(1) 数据组织与融合方面.目前计算机运算速度能满足海量空间数据的运算,因此要改变以图层为基础的组织方式,实现直接面向空间实体的数据组织;实现不同尺度空间数据之间的互动;实现矢量数据、影像数据的互动;实现多维属性与嵌套表组织;实现多源空间数据的装载与融合,支持数据仓库机制;具有强大的索引机制.

(2) 数据存储、查询和分析处理方面.实现从面向过程的分析、处理手段向面向问题的分析、处理手段发展;实现以空间数据为基础的数据挖掘;实现联机分析处理(OLAP)与联机事务处理(OLTP);实现扩充的、支持空间的“关系”概念与“关系运算”.

(3) 空间数据管理和计算方面.实现多用户同步空间数据操作与处理机制;实现数据、服务代理和多级 B/S 体系结构;实现不同 GIS 系统之间的互连与互操作;实现空间数据分布式存储与数据安全;实现空间数据高效压缩与解压缩.

(4) 三维和时序处理能力方面.实现空间数据的增量存储和快速还原能力;实现快速广域三维空间的计算和显示;实现混合式三维空间数据模型;实现时空数据处理与分析机制.

(5) 应用集成能力方面.实现有效的地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)的集成;实现应用模型的支持能力;实现 GIS 与 OA 的有机集成;实现 GIS 与 MIS、特别是 ERP 的有机集成;实现 GIS 与 DCS 的有机集成;实现有实时能力的嵌入式 GIS 与各类设备的集成.

(6) 操纵能力方面.建立模型定义语言及其支持机制;实现数据空间化与可视化支持;实现多通道用户界面;实现一定的虚拟现实表达.

参考文献:

- [1] 李德仁,邵振峰.论新地理信息时代[J].中国科学: F, 2009, 39(6): 579-587.
- [2] 郭宏慧.地理信息系统的应用现状和发展趋势分析[J].河北农业科学, 2009, 13(1): 140-142.
- [3] 张睿.地理信息系统的发展趋势[C]//全国测绘科技信息网中南分网第24次学术信息交流会, 2010.
- [4] 史磊.依托计算机技术的地理信息系统(GIS)发展趋势[J].科技咨询导报, 2007(29): 9.
- [5] 陈述彭.新经济时代的地球信息科学[J].地球信息科学, 2000, 2(3): 1-4.
- [6] 李德仁.论RS、GPS与GIS集成的定义、理论与关键技术[J].遥感学报, 1997, 1(1): 64-68.
- [7] 陈军,赵仁亮.GIS空间关系的基本问题与研究进展[J].测绘学报, 1999, 28(2): 95-102.
- [8] 方裕.中国GIS产业发展的十年[R].中国地理信息系统协会成立十周年研讨会报告, 2004.
- [9] 李颖.我国地理信息系统市场发展概述[R].中国地理信息系统协会成立十周年研讨会, 2004.
- [10] 程承旗,郭仕德.我国GIS工程建设与管理的现状与展望[R].中国地理信息系统协会成立十周年研讨会, 2004.

The development and trends of geographic information system

FU Xiao-shan

(Institute of Humanities and administered, China University of Geosciences Beijing 100083, China)

Abstract: Geographical information system(GIS) is a combined technology which consists of computer sciences, geography, measuring learning. This paper introduces the origin of GIS. The advance and the perspective of GIS is discussed.

Key words: geographical information system; advance; trend.