

文章编号: 1001-6791(2000)03-0339-06

# GIS 技术及其在区域水环境管理中的应用\*

赵玉霞, 赵俊琳

(北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875)

**摘要:** 系统介绍了地理信息系统 (GIS) 技术及其发展现状, 指出 GIS 技术目前已到了一个较高的发展阶段, 在很多领域, GIS 技术将不再是限制其使用的第一因子, 其使用将更多地受到所研究领域数据可得性及研究水平等的限制。并在回顾和分析 GIS 技术在区域水环境领域的几个典型应用案例的基础上, 指出了 GIS 技术在区域水环境领域应用的主要问题和发展方向。

**关键词:** GIS; 区域; 水环境; 管理

**中图分类号:** TP 79      **文献标识码:** A

一个完整的地理信息系统 (GIS) 一般由硬件、软件平台、信息、功能模型四个要素组成。一般习惯将 GIS 特指作为特定软件系统开发工具的通用地理信息系统平台, 而将在 GIS 平台上开发的用于实际应用目的的数据、模型和计算机程序的总和称为地理信息系统。作为一种在本世纪 60 年代才开始出现的新兴技术, GIS 以其直观显示和迅速处理空间信息的特点得到了各界人士的普遍喜爱, 并迅速形成商业化生产, 表现出了巨大的发展潜力。经过 30 多年的发展, 今天的地理信息系统从硬件、平台、信息、功能直到应用领域等各方面都已发生了革命性的变化。

## 1 GIS 技术及其发展与展望

### 1.1 软件平台及其发展

目前多数地理信息系统都使用某一 GIS 软件作为开发平台。60 年代, 由于工作需要, 一些资源、地理工作者开始分别零星地设计一些计算机程序处理空间信息, 这就是地理信息系统的前身。开始这些系统都是根据各个项目的需要分别设计的, 但随着同类工作的不断重复, 有些人意识到有必要开发一种通用的程序来代替有共性的工作, 这就是作为今天地理信息系统开发平台的 GIS 的缘起。迄今, GIS 已成为计算机世界里最热门、发展最快的领域之一。以 GIS 软件为核心的 GIS 市场年营业额已达 5.5~10 亿美元, 并还在以每年 15%~24% 的速度增长。

目前 GIS 的应用已远远超出地理及资源环境领域。随着界面的日趋直观和操作的简单化及工具的多样化, 今天的 GIS 产品已应用到包括军事、工商、交通、旅游、电讯、医疗卫生、市政管理等在内的广泛领域。

\* 收稿日期: 1999-01-18; 修订日期: 1999-11-19

作者简介: 赵玉霞 (1972-), 女, 山东泰安人, 北京师范大学环境科学研究所工程师, 理学博士, 主要从事区域水环境管理及 GIS 应用研究。

目前国内应用较多的GIS产品有Arc Info, MapInfo, GenMap, Idrisi等,这些都是经过市场检验的、有一定特色和长处、比较成熟的商业软件。其中Arc/Info是这一领域发展较早,也是迄今为止功能最为强大的GIS软件包,现在的Arc/Info已经发展成一个包含微机版本、工作站版本、网络版本、桌面系统等在内的GIS产品系列。而MapInfo则主要定位在桌面系统,其简单的操作、较早与Window系列兼容的可视化界面也赢得了很多用户。Idrisi以较低的价格也拥有一定的市场。出于发展民族软件产业的考虑,在国家支持下,我国很多单位也在开发自己的GIS平台,如北京大学的Citystar等。但总的来说国内的GIS软件还不很成熟。

在应用领域中对GIS的基本功能、应用方便程度和信息传递的要求日益增强,目前GIS的发展表现出工具多样化、操作简单化、信息超平台化和网络化的趋势。为此,很多GIS产品都在不断推出新的工具模块,界面友好程度逐步增强,并普遍提供与其它软件间的信息传输与转换功能,一些针对网络的产品也在逐步推出,如MapInfo的MapInfo ProSever, Arc/Info系列的ArcSDE、InternetMap Sever、ArcExplorer等。

同时,作为向社会经济各领域渗透的必然结果,目前一些通用的、并非以空间信息处理为主要目的的软件也开始将GIS技术作为一个组件纳入其体系——目前最为常用的Office软件系列的Excel中就嵌入了部分MapInfo的地图功能——这也是目前一些综合性软件包的发展趋势之一。

另一方面,鉴于多数GIS软件都还不支持脱离平台的二次开发,一些系统在开发时出于各种考虑,仅采用了GIS技术而未使用商业化GIS软件。

## 1.2 信息

信息,特别是空间信息是GIS的必要组成部分,它是建立GIS的前提和重要基础。信息的质量、来源及其更新速度对GIS的质量有很大影响。目前,GIS的数据主要有以下来源:

(1) 各种专题地图及其它统计信息 人工输入是早期地理信息系统信息的唯一来源。作为地理信息系统建立过程中最为烦琐的工作之一,不论是以栅格格式还是用数字化仪以矢量格式输入,都需要相当大的耐心。据统计,在传统地理信息系统建设中,这部分不论从人力还是资金看,所占的比例都在一半以上。而且这种输入方式速度慢、精度受人为影响大。现在随着其它信息采集方式的发展,这种信息来源方式所占的比例将越来越小。

(2) 遥感 同是60年代发展起来的遥感(RS)和GIS研究的共同对象是空间实体,它们之间存在着十分密切的关系;一方面GIS可以为遥感提供各种有用的相关信息,辅助RS的分类;另一方面,随着遥感信息采集技术的发展,特别是以观测地球资源信息为目的的Landsat、SPOT等可以及时提供大量实时信息的陆地卫星的发射,为各类用户提供了丰富的遥感信息源,使遥感也开始成为GIS的重要信息源和有效更新手段。遥感与GIS的集成,为GIS支持下的实时决策和研究提供了很大方便。

(3) GPS GPS(Global position system)是全球定位系统的简称,它是近几年才发展起来的一项技术,共由位于不同轨道的24颗卫星支持,在地面任一位置可以由其对卫星的相对位置确定其精确的三维坐标。它可以满足对时间、空间信息很敏感的事务活动的需要,如实时显示人员、车辆、飞机、轮船、导弹、航天飞机的位置等。目前GPS已经开始用于交通调度等一些需要实时调度的系统及资源勘察等对空间坐标精度要求较高的领域中。

(4) 电子地图及各种数据库 经过几十年的发展,在GIS应用过程中积累起了大量的空间

和属性数据库, 目前这些以电子形式存储的地图和数据库虽然在格式、精度、主题等各方面都有着很大的差别, 但它们正成为地理信息最具潜力的一个来源。

一定程度上, 它们才是 GIS 这些年发展中累积起来的最大财富。目前, 很多国家都在致力于将其拥有的各种数据源加以统一, 以便利用。美国政府为此在 1990 年专门建立了隶属于白宫办公室的联邦地理数据委员会 (FGDC) 来协调和推动这一工作, 以便政府和公众使用。

现在美国很多联邦或州的政府部门、大学和个人都可以免费或以相当低廉的价格提供地理空间数据, 网上也有大量可用信息。随着各国对建立和统一地理空间数据标准的重视, 以及电子地图及各种数据库价格的渐趋低廉, 电子地图和数据库将有望成为地理信息的最大来源。

在我国, 将现有的电子地图加以搜集、整理以促进其流通, 或建立标准的电子地图, 也有很大的发展前途。实际上, 国内的一些政府和科研机构正在进行中国基础地理信息的数字化及其相关的研究。

### 1.3 功能

由于技术所限, 早期的 GIS 软件一般主要是作为数字化或显示地图的工具使用。但随着实际经验的累积和各种相应技术的不断发展, 商家和相关研究人员陆续开发出了很多工具模块。目前很多 GIS 软件都可以很方便地提供一些常规的地理信息系统所必要的功能, 如空间数据管理、界面制作、统计图形制作、基本空间分析功能、网络分析以至空间数据的复杂统计分析等。其它基本功能如空间数据的输入、编辑、属性数据的管理等也随着软件友好程度的提高变得越来越简单。现在一个地理信息系统的大部分功能都可以在 GIS 商业软件支持下很简单地实现, 从而节省了大量不必要的编程工作, 使用户可以将精力放在更专业和更深层次的功能开发上。

当前就实现功能的专业化程度而言, GIS 应用正在向两极化方向发展。

#### 1.3.1 纵深方向——要求对应用领域问题的更深理解和对 GIS 技术更熟练地把握

本世纪以来, 很多学科的发展表现出了很强的定量化趋势和要求, 这也扩展到了一些传统的非定量领域, 如资源环境领域。

因此目前在相关基础理论支持下, 根据各种数据间的相关关系建立一定的模型, 并与 GIS 及其它计算机技术有机结合、集成, 以更科学地表达和模拟现实系统的结构、功能及其发展变化规律, 已成为专业化地理信息系统的基本要求。在一些传统的地理信息系统应用领域, GIS 的应用极大程度地提高了其定量分析的能力。目前, GIS 与这些领域的结合点主要是与其定量分析能力的提高相结合, 并为其进一步的定量化服务。

在这方面, GIS 的最大优势和贡献是为更多信息的综合利用、复杂模拟以及对系统的动态跟踪监测提供了可能。

(1) 更多信息的综合利用 这些年来, GIS 这一工具的出现带来最革命性的变化可能就是使人们开始且可能将一些以前从未想到或从未有可能放在一起的数据放在了一起, 加以综合分析和利用。各种方便易得的电子地图和数据库又为其提供了充足的数据源, 对更多信息的综合利用将是 GIS 技术发展的必然趋势。

(2) 与应用领域研究的衔接与互补 作为一种信息处理工具, GIS 技术在某一领域的应用不但使一些数据及其关系的分析变得更为方便、简单、直观, 而且可在一定理论和模型指导下随时提供一些可与实际系统运行相比较的模拟结果, 为其检验或修正提供迅速可靠的依据, 从而可能加速这一领域研究的发展。但作为一种工具, GIS 在应用领域所要 (应用目标) 和所能 (可

达性)起到的作用最终还是要由应用领域生产、管理、研究的需要及该领域的研究水平等(此外还包括数据、方法、技术等的支持程度)最终决定的。

因此,在与专业化领域的结合达到一定深度后,对所涉及领域的问题的了解和把握程度就成了GIS能否更成功应用的关键。

(3) 实时性 作为一种计算机技术,GIS的最大优点之一是可实现信息的快速更新和处理,它与RS、GPS等技术日渐紧密的结合更大程度地加速了信息更新速度,这为GIS在一些要求实时决策的领域的应用提供了基础。GIS支持下的实时决策是目前GIS应用的一个重要方向。

### 1.3.2 横向——应用领域迅速扩展,对软件界面简单友好程度的要求更高

作为一种处理和表达空间信息的专业工具,GIS的出现为空间信息提供了一种更加直观的、类似现实世界的表达方式,它以地图等形式表达信息的方式不仅满足了专业人员的需要,也同时迎合了人类对空间信息想象的一种习惯和要求。因此,近几年GIS一个强劲的发展势头之一就是向传统非GIS领域,即一些并不要求空间数据分析处理的领域渗透。在这些领域,GIS应用的主要目标就是更简单直观地显示数据,因此多数只利用了GIS的可以使数据的空间分布得到更直观地表达的地图显示功能。

目前,GIS在纵横两方面都仍有很大的发展潜力。

### 1.4 小结

综上所述,目前GIS的发展已具有了以下特点:

(1) 目前GIS的应用已经远远超出资源环境领域,成为所有与空间信息有关的工作中都可能使用的一种通用技术。

(2) 目前的商业化GIS软件已比较成熟,从而可能将开发人员解放出来,以将精力放在功能模型的深度开发等更重要的问题上。

也就是说,就技术而言,GIS目前已经发展到了一个较高的阶段,实用化将成为今后一段时间GIS发展的主要方向。

## 2 GIS在区域水环境管理中的应用

所谓区域水环境管理,就是为保障一定区域内生产或生产活动对水资源的需求,以防止水环境恶化或改善水环境质量为目标,对水资源利用及其它可能对水环境质量产生影响的活动进行的一系列调整、控制和协调活动。

在区域水环境管理领域,GIS的应用,可概括为以下两方面:

- 区域各种与水环境管理相关数据的存储、显示、查询、统计和输出等,如区域重点污染排放、断面水质状况等的可视化查询、统计等。

- 与各种评价模型、规划模型、水质模型及其它社会经济模型等相结合,集成成为区域水环境管理信息系统、决策支持系统或专家系统,为区域水环境管理决策提供依据。通过这些系统预测结果与真实系统的比较,还可以反过来对原有的应用模型加以评价和修正。

以下是GIS在区域水环境管理中几种典型的应用形式:

(1) 早期针对项目的GIS,这类系统一般功能简单,主要优点是不需要GIS软件支持,比较简单,软件依赖性小,造价低。如北京市水资源数据管理系统。

(2) 对GIS的非专业式应用,这类软件一般以使用GIS的直观显示数据的功能为主,如1991

年对苏格兰 Forth 湾的包括水质监测、建模、管理的系列研究中对 GIS 技术的使用。

(3) 以空间信息管理为主, 较少涉及应用领域更复杂的东西, 如福建省环境信息中心开发的闽江流域水环境地理信息系统 (MJGIS)。该系统采用客户-服务器结构, 可进行各种基础环境信息的存储、查询、统计等。它主要利用了 GIS (Arc/Info, ArcView) 提供的基本空间数据管理功能。

(4) 专业化的 GIS 应用, 如由爱尔兰国立大学都柏林学院水资源研究中心研究开发的流域水管理决策支持系统 (DSS-CWM)。它通过 GIS (用 Arc/Info) 与流域水质、水量、地形等模型等的有机结合, 提供查询、分析、预测流域内各主要河段的水质、水量状况的功能。其水量计算采用 SMAR 模型进行流域产汇流计算; 河道汇流计算采用多输入单输出响应函数法, 在无观测资料地区用统计模型进行产汇流计算; 河道水质模型采用考虑传播扩散和多种生物-化学-物理相互作用过程的点污染-一维河道水质模型; 对非点源利用土壤类型、植被系数、流域坡度及走向等地貌特征, 和流域的农牧业分布及降水、强度等资料估计。该系统是 GIS 与各种信息及信息处理方式相结合用于区域水环境管理的一个典型范例。

(5) 作为适应区域水环境管理领域的一种通用 GIS 平台, 如华南环境科学研究所开发的区域水环境决策支持系统 (EDSS), 它实际上是在 GIS 技术基础上开发的用于区域水环境管理的一种通用软件, 可支持水体流动特征的预测、污染源-河网-维水质动态模拟、二维水质动态模拟、地形变化对水质水量影响的模拟、污水处理厂选址、造价估算等。

GIS 技术在区域水环境领域的应用已有一定的时间和深度, 涉及问题范围也比较广。

但大量理论、方法的探讨和相关软件的开发掩盖了 GIS 在区域水环境管理领域应用中一个最基本也是最致命的问题——虽然目前就这些方面而言都已经达到一定高度, 但由于目前与区域水环境质量紧密相关的一些信息还相当缺乏, 实际上是数据而非技术限制了 GIS 在区域水环境领域的应用。相关文献的调查也证明了这一点: 关于通用系统的研究多, 而关于具体区域和流域的工作少, 一旦具体到特定区域, 所开发出的系统的功能就局限于信息的管理、查询等。这一问题出现的原因在于支持相关模型的参数及数据相当缺乏。这是各国都面临的问题, 即使在信息技术发展较快的美国, 数据也仍是限制其水环境管理的重要因素。由于我国监测能力薄弱, 数据对 GIS 在我国区域水环境领域应用的限制作用也仍将持续一段时间, 但令人欣慰的是加强国家环境监测网络、信息系统以及环境应急响应系统建设的任务已列入了《国家环境保护“九五”计划和 2010 年远景目标》。

实用化同样将是今后一段时间内 GIS 技术在区域水环境领域应用的主要目标和趋势。基于这一思路, GIS 在区域水环境研究管理领域应用的重点应放在对区域水环境研究管理领域现存问题的研究及管理决策支持上。目前区域水环境研究与管理领域仍然存在很多问题, 如水质监测点的选择、区域水环境管理的环境经济分析、边界水质冲突、非畅流流域闸坝的实时调度、点源-水体水质输入-响应分析、非点源-水体水质输入-响应分析、水环境容量分配与排污权交易等, 由于这些问题都与空间位置紧密联系, 因此都可视为 GIS 的潜在的应用领域。

#### 参考文献:

- [1] Appleton E L. Integrating environmental data to meet multimedia challenges[J]. Environmental Science & Technology, 1996, 30(8): 344A - 346A.
- [2] De Pablo C L, De A gar P M, Barturent R, *et al* Design of an information system for environmental planning

- and management (SIPA)[J]. Journal of Environmental Management, 1994, 4: 231- 243
- [3] Moffatt I, Hanley N, Hallett S. A framework for monitoring, modeling and managing water quality in the forth estuary, soctland[J]. Journal of Environmental management, 1991, 33: 311- 325
- [4] Pelley J. Watershed management approach gains with states[J]. Environmental Science & Technology, 1997, 31(7): 322A - 323A.
- [5] Reichhardt. Environmental GIS: The World in a Computer[J]. Environmental Science & Technology, 1996, 30(8): 340A - 343A.
- [6] Trends & Challenges[J]. Environmental Science & Technology, 1996, 30(1): 24A - 44A.
- [7] 陈述彭, 赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京: 测绘出版社, 1990 297P.
- [8] 贾海峰, 程声通, 高朗, 等. 流域计算机集成模型系统及其在水库流域水质规划中的应用[J]. 环境科学, 1998, 19(5): 75- 79.
- [9] 靳孟贵, 梁杏, 刘予伟. 水资源-环境管理决策支持系统及其研究现状[J]. 水资源研究, 1995, 16(2): 34- 37.
- [10] 李本纲, 陶澍. 地理信息系统在环境模型研究中的应用[J]. 环境科学, 1998, 19(3): 87- 90
- [11] 李达, 粟文辉. 北京市水资源数据管理系统[J]. 环境科学, 1997, 18(1): 73- 75
- [12] 李莉, 陈子林, 杜书田. 开发地理信息系统为环境管理服务[J]. 城市环境与城市生态, 1997, 10(1): 11- 13
- [13] 刘健民. 水资源规划与管理决策支持系统的发展和应用[J]. 水科学进展, 1995, (93): 255- 259
- [14] 马蔼乃, 陈秀万. 空间信息系统支持下的区域水资源管理[J]. 水资源研究, 1994, 15(4): 35- 40
- [15] 彭志良, 林奎, 曾凡棠. 环境管理决策支持系统的研究[J]. 环境科学, 1996, 17(5): 48- 52
- [16] 韦雪华, 陆雍森. 地理信息系统(GIS)与环境评价[J]. 新疆环境保护, 1997, 19(2): 16- 49
- [17] 翁文斌, 蔡喜明, 京津唐水资源规划决策支持系统研究[J]. 水科学进展, 1992, 3(3): 190- 197.
- [18] 邬伦, 任伏虎, 谢昆青, 等. 地理信息系统教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994 204P
- [19] 曾思育, 傅国伟, 刘志明, 等. 推进 GIS 在环境规划中应用的探讨[J]. 城市环境与城市生态, 1996, 9(1): 1 - 5
- [20] 张建云, Dow ley A, Bruen M. 地理信息系统及其在水文水资源中的应用[J]. 水科学进展, 1995, 6(4): 290 - 295.

## Geographic Information System and Its Application in Regional Water Environmental Management

ZHAO Yu-xia, ZHAO Jun-lin

*(The Institute of Environmental Sciences, Beijing Aom al University, Beijing 100875, China)*

**Abstract:** The article presents the latest development of Geographic Information System (GIS) and points out that the technology of GIS has now attained a rather high level, and is no longer the most important restrict factor in most fields. Based on the review and analysis of several typical cases, the main problem and trend in application of GIS in regional water environmental field is pointed out by the author.

**Key words:** GIS; water environment; management