

鄱阳湖流域湿地管理信息系统的开发与应用

陈碧宇, 陈晓玲, 陈慧萍

(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要: 针对鄱阳湖流域湿地的多样性和时空复杂性的特点, 采用先进的大型关系数据库 Oracle9i 和空间数据库引擎 ArcSDE9 建立包含 DLG、DOM、DEM 和专题数据的多尺度无缝空间数据库, 并在 ArcEngine 组件库的基础上开发了基于 C/S 模式的鄱阳湖流域湿地管理信息系统。

关键词: 湿地; 鄱阳湖流域; ArcEngine; ArcSDE; Oracle9i

中图分类号: P208; P343.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)01-0205-05

Development and Application of Wetland Management Information System of Poyang Lake Watershed, China

CHEN Bi-yu, CHEN Xiao-ling, CHEN Hui-ping

(State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei, China)

Abstract For the complexity of the environment system, the database technology is very suitable to handle mass data concerning various parameters of environment. The common database could only manage the attribute data. The database incorporating Geography Information System (GIS) could be more effective to solve the problem. The advanced large-scale Relational Database Management System (RDBMS) Oracle9i and spatial database engine ArcSDE9 are employed to establish seamless GeoDatabase of Poyang Lake Watershed. Digital Line Graph (DLG), Digital Ortho Map (DOM), Digital Elevation Model (DEM) of various scale, other thematic and statistical data are collected. Meanwhile, the client system "Poyang Lake Watershed Management Information System" is developed based on ArcEngine COM library. This system could provide the powerful support for the Poyang Lake Watershed management and the decision-making.

Key words: wetland; Poyang Lake Watershed; ArcEngine; ArcSDE; Oracle9i

0 引言

鄱阳湖处于长江中下游, 位于东经 $115^{\circ}49' \sim 116^{\circ}46'$ 、北纬 $28^{\circ}24' \sim 29^{\circ}26'$, 是中国最大的淡水湖, 汇聚赣江、抚河、信江、修水、饶河五大河流, 其流域面积 $16.22 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占长江流域总面积的 9%^[1]。湿地面积 5 000 km^2 , 占江西省湿地总面积的 97.2%。鄱阳湖湿地是中国第一批列入“国际最重要湿地名录”的湿地, 是世界六大湿地之一, 生态

地位极其重要。几十年来, 由于鄱阳湖湿地保护法制体系和管理体制不完善、资金投入不足等诸多原因, 导致湿地面积和自然资源日益减少消耗, 湿地环境污染加剧, 生态功能和效益不断下降, 生物多样性特征正逐渐消失^[2]。2000 年, 随着“中国湿地保护行动计划”的制定并实施以及人们对湿地保护意识的提高, 湿地保护工作正逐步走上正轨。由于传统的湿地管理办法存在普查或统计数据误差大、数据不统一, 图档的管理还处于手工管理阶

收稿日期: 2006-09-27

基金项目: 国家重大基础研究计划项目(2003CB415205); 鄱阳湖生态环境与资源研究教育部重点实验室开放基金项目(200401006(1))

作者简介: 陈碧宇(1980-), 男, 福建霞浦人, 硕士研究生, 从事空间数据库与组件式 GIS 研究。E-mail: chenbiyu_lg@sina.com

段,管理方法落后等缺陷,因此很难为湿地管理提供有效地决策信息^[3]。基于地理信息系统(GIS)技术建立的鄱阳湖流域湿地管理信息系统,具有 GIS 强大的空间数据管理、显示和分析功能^[4],为鄱阳湖流域湿地决策管理的信息化、科学化提供了强有力地支持。

1 湿地管理系统

鄱阳湖流域湿地管理信息系统结构框架见图 1。系统采用三层的客户/服务器模式,数据服务器端采用 ArcSDE 中间件和 Oracle9i 建立的无缝空间数据库,以统一存储和管理矢量、栅格、专题数据。客户端为基于 ArcEngine 组件库和 VisualBasic 开发的前端管理系统,不直接存储数据,通过 Internet/Intranet 管理服务器端的空间数据库。系统包括:系统管理、空间数据管理、视图管理、数据查询、数据编辑、系统分析、三维显示和元数据管理模块。

1.1 系统管理模块

该模型包括用户管理和日志管理子模块。

(1)用户管理子模块提供系统管理员添加删除用户、设置用户权限的功能。系统权限从高到低分为管理员权限、操作人员权限和浏览权限。管理员具有最高的权限,可以管理系统配置、查看系统日志、管理系统的用户、分配用户权限。操作人员权限可以使用管理系统管理和分析空间数据。浏览权限只能浏览分析数据,不能改变数据。

(2)日志管理子模块记录系统的使用情况,自动记录用户登陆时间和退出系统时间。

1.2 空间数据管理模块

该模块包括空间数据入库、空间数据输出、保

存用户使用的图层子模块。

(1)空间数据入库子模块,提供了将矢量数据(shp、coverage)、栅格数据(包括遥感影像数据和 DEM 数据)的入库功能。

(2)空间数据输出子模块,提供了根据用户选择的输出范围、输出矢量数据(shp 格式)和栅格数据(img 格式)。

(3)保存用户使用的图层子模块,保存当前用户图层的信息,下次打开时自动加载这些图层。

1.3 视图管理模块

该模块包括视图的放大、缩小、视图书签的管理、鹰眼全局视图的功能。

(1)书签管理可以将用户合适的视图保存起来,根据需要读取书签使视图返回到保存的状态。

(2)鹰眼全局视图显示全局视图及当前视图在全局的位置,拖动鹰眼可以实现视图的切换。

1.4 数据查询模块

该模块包括地图点击查询子模块、属性表查询、属性 SQL 查询、空间位置查询。

(1)地图点击查询,可以提供点、折线、多边形选择要素,并查询这些要素的属性。

(2)属性表查询,可以浏览指定图层的全部要素属性。

(3)属性 SQL 查询,可以根据 SQL 语言查询符合要求的要素。

(4)空间位置查询,可以根据选择的要素查询与之相交、包含、被包含等空间关系的要素。

1.5 数据编辑模块

模块包括复制粘贴剪切要素、撤销、重做、创建新要素、删除、移动、分割、合并要素的节点编辑(增加删除移动要素的节点)等功能。

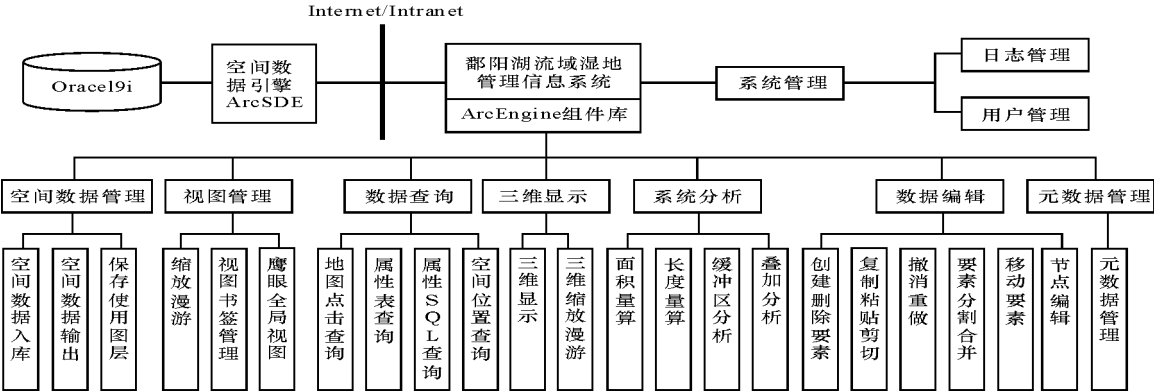


图 1 鄱阳湖流域湿地管理信息系统结构框架

Fig. 1 Framework of the Wetland Management Information System of Poyang Lake Watershed

1.6 系统分析模块

该模块包括距离量算、面积量算、缓冲区分析、叠加分析等功能。

(1)距离量算可以在地图上画折线,并量算折线的距离。距离量算可以在地图上画多边形,并量算多边形的面积。

(2)缓冲区分析可以根据用户选择的要素和设置的缓冲距离生成缓冲区。

(3)叠加分析可叠加2个面图层,获得2个图层要素的最小交集,来观察2个图层要素的变化。

1.7 三维显示模块

该模块实现了地形地貌的三维显示和漫游功能。三维地形是以鄱阳湖流域数字高层模型(DEM)数据为三维地形基础,上面叠加卫星影像和矢量纹理,可产生直观、身临其境的感觉,辅助管理决策。

2 空间数据组织

鄱阳湖流域的数据包括1:100万、1:25万、1:5万的数字线划图DLG,1:5万、1:25万的数字高层模型DEM,不同时相、不同空间分辨率的陆地卫星MSS、TM、EMT+卫星影像和MODIS卫星影像以及鄱阳湖流域水文站的水文数据、泥沙数据和鄱阳湖流域各省市经济、人口数据。

在Oracle数据库中,GIS数据以表的形式逻辑上存储在Oracle数据库的表空间中,物理上存储在相应的表空间数据文件中。鄱阳湖流域湿地信息管理系统按照数据类型创建相应的表空间,将DLG数据存储于矢量表空间中,将DEM数据存储在DEM表空间中,将TM、EMT+等卫星影像存储在影像表空间中,将各种专题数据存储在专题表空间中。

为了能够降低数据库访问的I/O冲突,数据库服务器配置了4个SCSI硬盘。物理上将矢量表空间的数据文件、DEM表空间的数据文件、影像表空间的数据文件分别放在3个不同的硬盘中,而将专题表空间的数据文件放在与Oracle系统表空间相同的硬盘中。

鄱阳湖流域数据平台涵盖矢量数据、栅格数据和专题数据,在此具体讨论各数据类型的数据组织和基于ArcSDE的存储设计。

2.1 矢量数据和专题数据的建模与存储

鄱阳湖流域空间数据的矢量数据有1:5万、分块可以减少数据的网络传输数据量,方便数据压

1:25万和1:100万DLG,各个比例尺的DLG都包含:水系、居民地、铁路、公路、高速公路、行政区划(县、地市、省)、自然保护区、观测站。非空间属性数据有:各级行政单元的人口、经济数据,各观测站的水位、流量、流速、泥沙数据等。

通过对这些矢量和属性数据的分析、建模,建立利用统一建模语言(UML)建立的流域矢量数据和非空间属性数据的逻辑模型(图2)。逻辑模型按照GeoDatabase关系对象模型,将水系、居民地、铁路、公路、高速公路、行政区划(县、地市、省)、自然保护区、观测站这些矢量要素抽象为要素(Feature)的子类,将人口、经济数据,各观测站的水位、流量、流速、泥沙数据抽象为对象(Object)的子类。通过建立空间矢量对象与非空间属性对象的关联类(Relation Class),将矢量对象和属性对象联系起来。在鄱阳湖流域空间数据库中,建立行政区划与人口、行政区划与经济、观测站与水流、观测站与水位、观测站与泥沙含量的关联类,很好地将空间对象和属性对象联系起来。为了将鄱阳湖流域的水体按等级分类,建立了水系的子类型(Subtype),将面状水系要素划分为一级水面、二级水面,将线状水系要素划分为三级支流、四级支流和五级支流。

2.2 栅格数据存储

鄱阳湖流域空间数据库栅格数据有1:5万、1:25万DEM,不同空间分辨率的陆地卫星MSS、TM、EMT+卫星影像和MODIS卫星影像。栅格数据存储应建立金字塔结构,ArcSDE根据用户需求确定能够在客户端窗口上显示栅格数据的最佳分辨率。将相应分辨率的金字塔分块数据传送给客户端,降低网络流量并提高客户端显示和处理栅格数据的速度。金字塔最底层是原始最高分辨率影像。ArcSDE通过将上一层相邻4个像素进行重采样为相邻下一层的1个像素来降低分辨率,使下一层的分辨率较上一层降低1/2,相应的数据量减少1/4。因此,创建金字塔的层数可通过最低分辨率和原始分辨率比较得到。鄱阳湖流域1:25万DEM数据创建了5层金字塔,最低分辨率为1:400万,相应的数据量为1:25万DEM数据量的1/256,其他卫星影像数据也根据最低分辨率为1:400万创建金字塔。

由于在海量影像数据库中,每次调度和使用的图像数据只是数据库中的小部分,因此数据分块是高效组织和管理影像数据库的关键^[5]。通过数据压缩和有利于在计算机内存中对图像数据进行运算

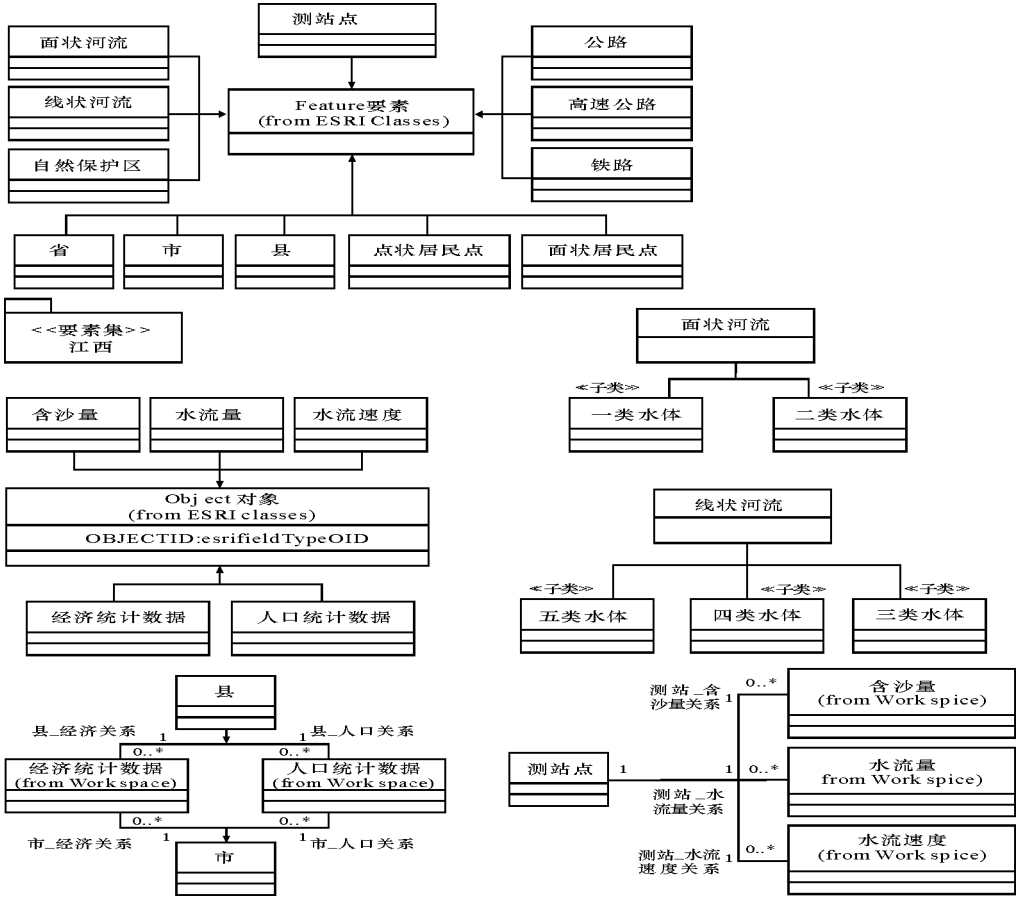


图 2 矢量数据模型
Fig. 2 Vector Data Model

处理。数据块大小对图像的调度效率至关重要,数据块大小要根据具体的应用来选取,因此需要多次实验来选取最佳的分块大小,一般来说选择应用程序窗口的 1/4 比较合适。经过多次测试,鄱阳湖流域空间数据库的大部分栅格数据选择 256×256 大小的数据块比较合适,有较好地调度效率。

使用压缩方法来压缩栅格数据可以减少数据量、节约磁盘空间、降低客户服务器间的网络流量。压缩的方法有无损压缩方法 LZ77、损失图像质量的 JPEG 和 JPEG 2000 方法。当影像仅作为背景显示时,可以考虑选择较大压缩比的有损压缩方法来压缩。鄱阳湖空间数据库选择无损压缩方法 LZ77,从而有效地降低了网络的流量并节约了存储空间(如 1:25 万 DEM 数据的压缩为原来数据量的 0.75)。

2.3 空间索引

ArcSDE 用的空间索引是二维网格索引技术^[6]。将空间范围平均划分 M 行 N 列,得到 M×N 个小矩形网格区域,每一个完全或部分落在小矩形网格

区域内的几何实体都在空间索引表中创建一个记录。空间网格索引可是多层次的,每个层次定义不同的网格大小,第一层次的网格尺寸最小,其后的层次较上一层次依次增大,下一层次至少是上一层次的 3 倍。当添加要素时,ArcSDE 会自动创建空间索引。要查找一个目标区域内的实体步骤为:

- (1)找出所有与目标区域有重叠的网格区域。
- (2)如果网格区域被目标区域完全覆盖,则其索引的要素都是目标要素。
- (3)如果网格区域没有被目标区域完全覆盖,则从中找出与部分或全部落在目标区域内的要素。
- (4)去掉以上获得要素中重复的部分,就是目标要素集。

这种通过索引查找来查找目标要素集比遍历要素表要快得多。

网格大小对空间索引表的大小和搜索要素的速度都有很大影响,配置空间索引表就是要选择合适的网格大小。由于客户端程序和要素形状各异,没有一种固定的网格大小适合全部系统,因此,需要多

次尝试才能得到较为合适的网格大小。一般情况下可以通过查询空间要素的要素表, 来获得要素平均封装边界的大小, 网格大小可以考虑选择为平均封装边界的 3 倍。如果要素封装边界大小变化较大, 可以选择多种格网层次。ArcSDE 给用户提供了 sdelayer-o si_states 命令来获得要素层的统计信息, 包括网格记录的数量、要素记录的数量、平均每个网格的要素数量、网格的最大要素数量、完全包含在一个网格的要素所占的比例和要素覆盖的网格个数清单, 根据这些重要信息再调整网格的大小和层次数量。如经过多次试验在鄱阳湖流域空间数据库中 1 : 25 万面状水系的要素平均大小为 0.070 21 度, 索

引网格的大小取 1 720 75 度效率最高, 1 : 25 万线状水系的要素平均大小为 0 262 97 度, 索引网格的大小取 0 588 47 度效率最高。

3 湿地管理系统的实现

鄱阳湖流域湿地管理信息系统的登陆界面和运行主界面如图 3。主界面由菜单栏、工具栏、图层控制器、书签管理器、全局鸟瞰视图器、Map 地图、状态栏组成, 其中工具栏、图层控制器、书签管理器、全局鸟瞰视图器都可由用户定制的。

由于 ArcEngine 的 TOCControl 控件不能进行逻辑分组, 鄱阳湖流域湿地管理信息系统专门开

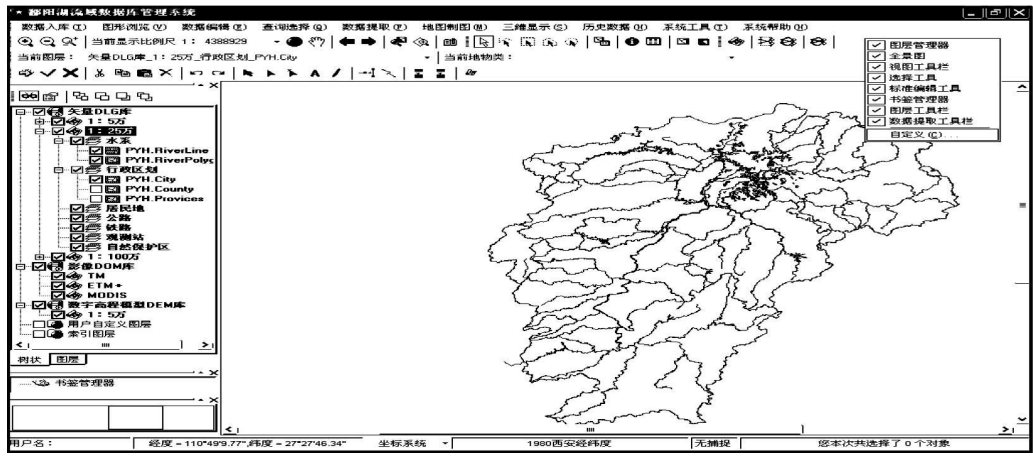


图 3 鄱阳湖流域湿地管理信息系统主界面

Fig. 3 Main Interface of the Wetland Management Information System of Poyang Lake Watershed

发了能够支持逻辑分组和图层拖拽的树型结构的图层控制管理器。通过图层控制器可将空间数据按照分库、子库、逻辑图层、物理图层组成 4 个层次的树状分组结构, 其中分库、子库和逻辑图层是逻辑上的划分, 空间数据库中不包含这些分组信息, 物理图层是空间数据库中的要素类图层, 存在于空间数据库中。图 3 中鄱阳湖流域湿地管理信息系统, 根据鄱阳湖流域数据特征划分矢量 DLG 库、卫星影像 DOM 库和数字高程模型 DEM 库。矢量 DLG 库又划分了 1 : 5 万、1 : 25 万和 1 : 100 万 3 个子库。1 : 5 万子库还划分了水系、行政区划、居民地、公路、铁路、自然保护区和观察站 7 个逻辑图层。水系逻辑图层下存储了存在于空间数据库中的面状水系图层和线状水系图层。这样分组的优点是逻辑清晰, 便于管理。

4 结语

在系统分析鄱阳湖流域湿地管理需求的基础

上, 建立鄱阳湖流域多尺度、多数据源无缝空间数据库, 实现了矢量、栅格、专题数据一体化管理平台; 开发了基于 ArcEngine 的客户端管理系统; 提供了空间数据的入库和输出、交互式要素查询与检索、要素编辑、三维显示与分析等功能, 为综合治理鄱阳湖流域、保护流域湿地生态系统提供了技术支撑。

参考文献:

[1] 丁疆华, 温茂茂, 舒强, 等. 鄱阳湖湿地保护与可持续发展[J]. 环境与开发, 1999, 14(3): 42-44.
[2] 罗先诚, 郑林, 钟业喜, 等. 鄱阳湖湿地资源及保护利用[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2001, 25(4): 369-373.
[3] 孟华, 李晓东, 韩敏, 等. 基于 GIS 的松嫩湿地信息系统的建立[J]. 计算机工程, 2005, 31(7): 49-52.
[4] 奥勇. GIS 在青岛海域管理中的应用[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 71-74.
[5] 龚健雅, 杜道生, 李清泉, 等. 当代地理信息技术[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
[6] 龚健雅. GIS 中面向对象时空数据模型[J]. 测绘学报, 1997, 26(4): 289-298.