

基于 WebGIS 的河口水环境管理信息系统

张俊耀¹, 成 筠¹, 郑丙辉²

(1. 三峡大学经济与管理学院, 宜昌 443002; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 设计基于 Web GIS 的河口水环境管理信息系统, 该系统以 ArcIMS 为平台, 以 SQL Server 为数据库, 动态实时监测水环境变化, 模拟水质污染扩散, 分析水质变化趋势, 对河口区域内的生态环境进行科学评价, 并提供水环境水质预警及空间决策的支持帮助, 实现水环境管理的标准化与科学化。

关键词: 地理信息系统; 污染模拟; 预警; 空间决策支持

Water Environment Management Information System of River Delta Based on WebGIS

ZHANG Jun-yao¹, CHENG Yun¹, ZHENG Bing-hui²

(1. Institute of Economy and Management, Three Gorges University, Yichang 443002;

2. Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012)

【Abstract】 This paper designs the water environment management information system of river delta based on Web Geographic Information System (GIS). The system, with ArcIMS as the platform, SQL server as the database, which assures the ecological environment dynamic change can be monitored in real time, simulates the water quality pollution diffusion, forecasts the changing tendency of the water quality, appraises the quality of ecological environment, and offers early-warning and Spatial Decision Support (SDS). It realizes standardization and schematization of the water environment management.

【Key words】 Geographic Information System (GIS); pollution simulation; early-warning; Spatial Decision Support (SDS)

1 概述

85%以上的生态环境信息与空间位置有关^[1], GIS技术的发展使环境保护实现信息化、现代化、便捷化。传统的地理信息系统的计算管理模式是集中式的, 信息的流动范围有限, 系统处于相对封闭和孤立的状态, 普遍存在严重的“信息孤岛”问题, 即每个子系统之间是独立的, 不能有效地进行信息交换和共享, 很难随着业务范围的增加而线性扩充, 不能适应空间数据的爆炸性增长及其分布、动态更新的要求^[1]。

网络地理信息系统(WebGIS)是一项应用Internet技术来扩展和完善传统地理信息系统的新技术, 是在GIS中嵌入HTTP和TCP/IP标准的综合应用技术体系, 利用Internet在Web上发布空间数据, 为用户提供空间数据的浏览、查询、分析等功能, 已成为GIS发展的必然趋势^[2]。利用GIS的缓冲分析、路径分析、网络分析等地学空间分析模块的优势, 可通过历史数据来揭示河口海岸带区域污染要素的时空分布规律和变化规律, 模拟污染物扩散, 预测未来生态质量并提供空间决策支持。

2 需求分析

系统的目的是将河口时空变化大、结构复杂的海量数据进行有效的组织管理和发布共享, 并提供友好的用户访问界面。用户无须安装任何GIS软件, 只用浏览器即可高效地浏览和查询河口数字化信息以及其他多种信息, 极大地方便了用户的使用。用户在一定权限下也可查看各种水环境调查数据的统计图表, 并可下载相关的空间数据和调查数据。大幅提高了河口数据的利用率, 避免进行重复的数字化河口地图

和水环境调查活动, 可节省大量人力、财力、物力。该系统包括各个层次的用户, 其相应需求如下:

(1) 河口水环境保护管理机构。收集各类水环境信息, 分析水环境保护现状, 实施水环境保护规划和水污染控制规划, 划分管理水环境功能区, 处理大量历史数据, 定期采集水质污染数据, 评价水质并发布水环境信息, 预防突发性水污染事故及预警处理, 与其他信息系统共享数据, 获取公众对水环境保护和水利工程开发的意见等。

(2) 科研人员。下载相关数据, 制作分析专题图表, 提供科学建议, 辅助管理部门决策支持。

(3) 政府有关部门。了解行政区内的水环境保护情况, 获取地方水环境保护规划所需的有关信息资料, 制定部门之间的职责、分工与协作要求, 根据行政区内的水利工程项目对水环境的影响进行科学行政规划等。

(4) 社会公众。获取水环境信息、环境保护方面的知识, 了解国家水环境保护方面的法律、法规、标准和政策, 监督政府部门、水环境管理机构在水环境保护方面的行为, 发表对工程建设环境影响的看法, 提交环境投诉等。

3 系统分析与设计

3.1 体系结构

ESRI公司的ArcIMS提供的是一种典型的3层结构, 是

基金项目: “十五”国家科技攻关计划基金资助项目(2003BA 614-04-06)

作者简介: 张俊耀(1982 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: WebGIS应用与开发; 成 筠, 副教授、博士; 郑丙辉, 研究员、博士

收稿日期: 2008-01-21 **E-mail:** purify_ice@yahoo.com.cn

由展示层、逻辑事务层和数据存储层组成的 B/S 结构开发模式。系统 3 层体系结构如图 1 所示。

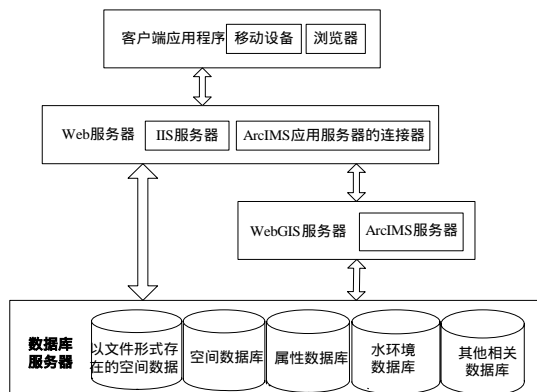


图 1 系统 3 层体系结构

其中，展示层是浏览器浏览的用户界面；逻辑事务层是系统的核心，在服务器端实现，采用 ASP.NET 构造应用处理程序，处理来自接口层的 HTTP 请求以及与数据库的连接与交互；数据存储层主要处理应用层对数据的请求。

3.2 主要功能

3.2.1 基础信息模块

基础信息包括行政区划数据、社会经济统计数据、生态资源状况和环境质量数据等。基础数据是进行监测的基础，也是评价和决策支持的基础，其统计与分析是系统的关键。它包含基本操作(录入、添加、编辑与删除)和统计；基础数据的录入可通过 Excel 文件的导入或直接人工输入。基础数据的统计与分析的结果以报表形式输出，并将统计与分析的结果在地图上直观显示，最终也可与地图一起输出到打印机上。

3.2.2 地图数据管理

实现对地图的各种操作(如缩放、漫游和编辑等)，主要是对地图数据的查询，即对特定区域进行各种操作。利用地图进行操作是 GIS 的核心，可准确直观地反映出用户需要的结果。对地图的操作还包含对地图的着色(以某一指标为参考对不同区域的查询，其结果按颜色的不同直观地反映在地图上)、对地图的分析(如对特定区域分析其对领域的影响，即对缓冲区的影响)、对地图的标注(如对某一指标的数据直接显示在地图上)、对地图的统计(对某一指标在特定区域的统计)等。

3.2.3 水质管理模块

水环境监测包括水质监测、底质监测、污染负荷监测等。监测数据可通过 Excel 表直接导入，也可在系统中直接编辑监测数据。区域内各个监测点的定期监测数据是生态环境质量评价的基础，也是生态环境预警的基础。

水环境质量评价是管理部门采取水环境治理措施的依据。水质评价是对区域内河流、湖泊、水库等地表水按不同利用类型来判断是否达标，它描述了区域内地表水水环境质量状况^[3]；底质评价是对河口底层生态环境评价，它描述了河口重金属污染程度；湿地评价是对区域内湿地环境质量是否达标；污染负荷评价建立了工业、农业、养殖业等的污染负荷模型，基于不同行业污水的产生形式、排放形式及影响因素不同，对不同行业污染负荷采取不同的估算预测方法。

3.2.4 水环境预警模块

水环境预警是对水环境质量和生态系统逆化演替、退化、

恶化的及时报警，具有对演化趋势、方向、速度、后果的警觉作用。但预警系统并不是孤立的，它与预测、评价有密切的联系：先有评价，才有预测；先有预测，才有预警。从而构成认识环境质量和生态系统结构、功能以及演化的整体和系列。预警系统的设计原理为：(1)未来目标的确定：预警基于现实状况与期望状态的偏离程度来提示系统运行状态；(2)现有条件与未来具有的条件确定：只有基于现有条件与未来条件才能做到正确预测；(3)指标参照系的确立；(4)预警界限的确定。因此，水环境预警系统的功能可概括为：(1)正确评价当前河流系统的状态，恰当反映当前河流生态环境是否协调发展是预警的基本任务；(2)预测未来河流系统生态环境发展的趋势，河流生态环境预警应在系统运行不协调或可能发生重大转折之前，及时发出信息，起到预警作用；(3)及时反映对河流系统生态环境施加调控的效果。预警并不是终极目的，而是对系统运行中的不正常状态进行及时调控，使系统正常运行^[4]。

3.2.5 水环境模拟模块

(1)对中小河流的较长河段，污染物在横向和垂向的浓度梯度可忽略时，常用一维水质模型描述污染物在水流方向上的浓度变化。虽然河口的水文、水质状态随时间变化，但在水质管理中，通常不描述水质的逐时变化，而是用稳态模型来描述一定时间段内的平均水质状态。污染扩散模拟是假定在稳态均匀流场中建立的一维模型，其公式为^[5]

$$C = C_0 \exp(-KX/U_x)$$

$$C_0 = (QC_1 + qC_2)/(Q + q)$$

其中， C 为污染物的浓度，它是时间 t 和空间位置 X 的函数； U_x 为断面平均流速； K 为污染物的衰减速度常数； Q 为河流的流量； q 为排入河流的污水的流量； C_1 为河流中污染物的本来浓度； C_2 为污水中的污染物浓度。

(2)对于较大河流的污染事故中污染物质的排放，可认为是在有限时间内的连续排放，因此，可采用瞬时无限长线源无界空间的一维水流二维扩散模型^[6]

$$C(x, y, t) = \int_0^{t'} C'(x, y, t - \tau) d\tau = \int_0^{t'} \frac{m_2}{4\pi D(t - \tau)} \exp\left\{-\frac{[x - u(t - \tau)]^2 + y^2}{4D(t - \tau)} - k_u^2\right\} d\tau$$

其中， $C(x, y, t)$ 表示 t 时刻 (x, y) 处的污染物浓度； m_2 表示污染物排放强度； D 表示扩散系数； k 表示综合降解系数； t 表示需要预测污染物变化状态所设定的时间； t' 表示预计污染物排完所需时间； τ 表示卷积变量； u 表示断面平均流速； (x, y) 表示相对于污染源位置的坐标值。

系统利用 GIS 缓冲分析的功能，选择凸角圆弧法类型的缓冲算法模型，在地图上模拟污染物的扩散。

3.2.6 污染趋势分析

污染变化趋势分析的定量分析方法采用秩相关系数。衡量环境污染变化趋势在统计上是否有显著性，最常用的是 Daniel 的趋势检验，它使用 Spearman 的秩相关系数。该方法要求具备足够的观测数据，一般至少应采用 4 个期间的数据，即 5 个时间序列的数据。给出时间周期 Y_1, Y_2, \dots, Y_N 和它们的相应值 X (即年均值 C_1, C_2, \dots, C_N)，从大到小排列，统计检验用的秩相关系数按下式计算：

$$\gamma_s = 1 - [6 \sum_{i=1}^n d_i^2] / [N^3 - N]$$

其中， d_i 为变量 X_i 与 Y_i 的差值； X_i 为周期 i ~周期 N 按浓度值从小到大排列的序号； Y_i 为按时间排列的序号。

将秩相关系数 γ_s 的绝对值同 Spearman 秩相关系数统计表

中的临界值 W_p 进行比较来判断污染变化趋势。

3.2.7 信息发布模块

生态质量报告实现定期发布各区域内水环境质量报告，公众可从中获取自己关注的水环境质量数据。突发事件发布在第一时间提醒公众突发事件的性质及应对办法，能减少因无知而造成的不必要的恐慌。行政决策的发布实现了行政的透明化，最大限度地减少了因发展而带来的环境破坏。

3.2.8 决策支持模块

空间决策支持系统(SDSS)是面向空间问题领域的决策支持系统(DSS)，SDSS能快速地决策者准确提供决策所需的数据、信息的背景材料、图形图像及报表，帮助决策者明确决策目标，建立修改决策模型和进行空间复合运算提供各种备选方案，并对各种方案进行评价。模型库系统是SDSS的核心，模型库管理系统功能是：快速简便地构造新模型，通过数据库将若干模型连接起来构成合成模型，对模型进行分类和维护，方便地实现对模型的建立、修改、维护和使用。模型库系统支持以DLL方式来增加新的模型，系统提供输入输出操作和表达的类，用户在以DLL方式增加新的模型只要利用该类并编写模型实体本身的代码，同时按系统要求的统一指定模型的接口即可^[7]。空间决策支持系统的体系结构如图2所示^[8]。

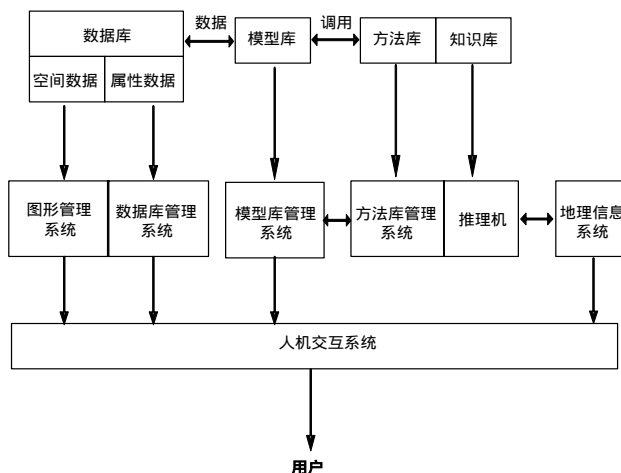


图2 空间决策支持系统的体系结构

行政建设决策通过GIS支持可最大限度地减少对周边生态环境的破坏。它包括现有经济、水环境资料管理和行政决策对环境影响的预测分析，通过借鉴已有的行政政策对现有决策提出修改方案。

突发事件决策支持的目的是为了辅助环境污染事故的预防、监测与处理，它包括对风险源的有效监测，对事故应急人员及设备的有效管理，对污染事故的预测分析以及对事故应急案例的借鉴来生成污染事故处理的方案。

3.3 系统实现

系统以Windows IIS 5.0为Web服务器，ESRI公司的ArcIMS为Web GIS开发平台，Microsoft的C#与ASP.NET为开发语言，SQL Server 2000为数据库管理系统。用户只要打开浏览器，即可对系统进行查询与分析，系统主要界面如图3所示。

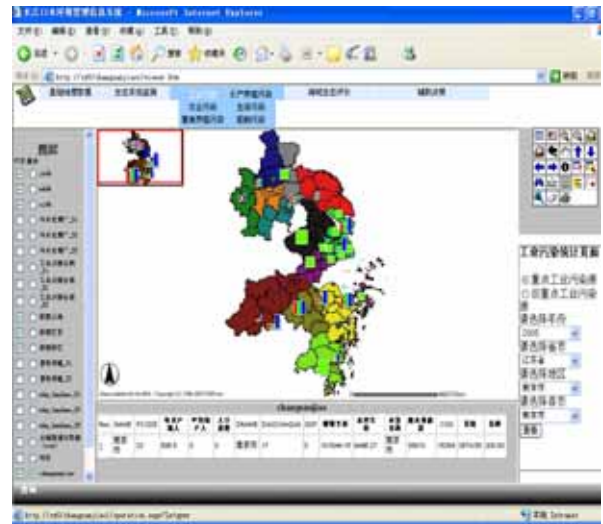


图3 长江口水环境管理信息系统界面

4 结束语

本系统以先进的WebGIS技术、水质污染扩散模型、预警技术、空间决策技术为基础，以长江口水环境和空间地理为核心，对基于WebGIS和SDSS的长江口水环境管理信息系统进行了具体设计与实现。GIS技术与水质模型集成可为水质管理及相关部门提供强有力的工具，具有良好的可移植性和可扩展性。

本系统仍存在许多不足之处：水质污染扩散模型建立在理想状态下，有许多外在因素未考虑到；预警参照因子的选择必须覆盖系统的各个方面，还有待研究；突发事件属于突变理论，因此，突发事件决策支持还需要不断的探索。随着知识工程、数据挖掘等相关技术的进一步发展，SDSS与模型库系统将会更加完善。

参考文献

- [1] 成 筠, 徐泮林, 郑丙辉. 基于GIS的城市生态环境质量评价系统[J]. 人民长江, 2004, 35(5): 45-47.
- [2] 张亦含, 李旭文, 黄丙湖, 等. 基于Web GIS的环境监测数据管理平台设计与开发[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(5): 15-16.
- [3] 周 明, 成 筠, 姚云鹏. 基于灰色关联分析法建模分析长江水质[J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2006, 28(6): 557-561.
- [4] 姚 莉, 周明耀, 丁煜诚, 等. 南方平原地区河流生态环境预警系统研究[C]//2005年中国农业工程学会学术年会论文集. 广州: 出版社不详, 2005: 53-56.
- [5] 孙 耀, 杨武年, 李 刚. 基于GIS技术的河流污染动态模拟系统[J]. 测绘科学, 2007, 32(3): 86-87.
- [6] 丁贤荣, 徐 健, 姚 琪, 等. GIS与数模集成的水污染突发事件时空模拟[J]. 河海大学学报, 2003, 31(2): 119-122.
- [7] 成 筠, 张俊耀. 基于GIS的三峡水库水环境管理系统[J]. 人民长江, 2007, 38(8): 28-29.
- [8] 陈崇成, 王钦敏, 汪小钦, 等. 空间决策支持系统中模型库的生成及与GIS的紧密集成——以厦门市环境管理空间决策支持系统为例[J]. 遥感学报, 2002, 6(3): 168-172.