

基于综合集成平台的水质动态分区管理

黄俊铭¹, 刘瞰东², 解建仓^{1*}

(1. 西安理工大学水利水电学院, 陕西 西安, 710048; 2. 厦门大学信息科学与技术学院, 福建 厦门, 361005)

摘要:针对当前水源污染、实时动态监测可视化工作较为薄弱,以及突发水质污染处理不及时等问题,运用二维图形理论、组件化技术和平行系统理论,对流域内水质进行动态分区监测管理.以泉州市为研究区域,建立了基于综合集成平台水质可视化管理系统,有效处理水污染的突发事件.结果表明:该方法可以直观、高效地对整个地区的水质进行监督管理,为突发水源污染的应急处理提供全方位的信息支持.

关键词:综合集成;水质;动态分区;组件;平行系统

中图分类号:X 522

文献标志码:A

文章编号:0438-0479(2012)05-0873-04

淡水资源紧缺是我国的一大基本国情,水利设施薄弱是我国经济社会发展的一项突出制约因素,2011年中央一号文件《关于加快水利改革发展的决定》系统界定了最严格水资源管理制度的体系构成及其基本内容中关于设立“三条红线”中确立水功能区限制纳污红线,严控排污总量,提出到2020年,主要江河湖泊水功能区水质明显改善,城镇供水水源地水质全面达标.因此,对水质实施最严格的水资源管理制度,是提高用水效率、解决水资源紧缺的有效途径.

现阶段对于水质管理的研究主要从水质的评价^[1],水质管理模型^[2],水质预测^[3]等方面进行研究.然而,水质管理是一种动态的管理,流域内不同区域有着不同的水质管理要求.基于此,本文运用知识综合集成平台技术^[4],结合二维图形理论及组件技术,以泉州市为研究区域对水质评价、预报、监督管理和水污染应急处理等进行综合集成,并将流域内水质进行分区监测,建立水质动态管理系统,直接确定各水质标准的分界点和分界线,使水质分区管理可视化,针对不同的区域实施不同的水质监测管理.运用平行系统理论,建立水质污染处理的平行执行应急仿真平台,为实施水质的动态管理提供信息化手段.

1 水质动态分区

1.1 研究区概况

泉州市多年平均水资源总量近100亿 m^3 ,人均仅1272 m^3 ,低于全国和全省平均水平,而沿海人口密集、经济相对发达的地区,人均水资源量仅有205~417 m^3 ,全市流向境外的外流域和直接入海的水资源量约40多亿 m^3 ,下游500多万人的生产和生活用水基本依靠晋江流域不足50亿 m^3 的水资源进行支撑,泉州市以占全省8%的水资源量,养育着全省20%的人口,支撑着全省27%的地区生产总值.随着泉州经济的迅猛发展,以及工业化、城镇化和全球气候变化影响,使得该市水生态、水环境面临更加严峻的形势,2008年该市被列入全国第三批节水型社会试点城市,因此在有限的水量中如何保证水质已经迫在眉睫.

1.2 动态分区原则

水质的分区管理是,根据流域或区域的水资源保护要求,以及水问题现状,为城市集中式生活饮用水水源水质达标率、水功能区达标率、县界断面水质设定一个标准值,根据标准值将区域划分为不同的水质管理分区,对超过标准值的区域划分为红区,等于或接近标准值的区域划分为黄区,其余区域划分为蓝区,从而建立和实施相应的水质管理服务.

1.3 动态分区的理论基础

1.3.1 万维网地理信息系统(WebGIS)服务

WebGIS^[5-6]是将Internet与地理信息核心应用相结合的新技术.在水利GIS(geographic information

收稿日期:2012-04-18

基金项目:国家自然科学基金项目(51109177,51109175);公益性行业科研专项(201001011);水利部节水型社会建设项目“水综节水[2007]4号”

* 通信作者:secretaria@163.com

system)地图服务器端,通过 WebService 接口发布服务,遵循 OGC(open geospatial consortium Inc.)标准,包括 WMS(web map service)、WFS(web feature service)和 WCS(web map server)等.本文采用 GeoServer 作为 WebGIS 服务器来接收 WMS 请求,客户端通过 HTTP 协议(hypertext transport protocol)和 AJAX(asynchronous javaScript and XML)调用向 Web 服务器发起请求,并通过解析返回的 XML(extensible markup language)文档获取需要的地图信息,然后通过 GetMap 请求,确认地图经纬度范围、图层的样式、使用的空间参照系统等信息,生成相应的地图服务,返回 WebGIS 浏览器中.

1.3.2 两维图形理论

由于晋江流域只有泉州市一个行政区,因此为了保持分区空间上的连通性及各行政区的完整性,本文采用两维图论算法,以泉州市各区县为分区单元,将该流域内的各个区县以一种抽象的形式来表达,并将各表达对象组成某种特定关系的数学系统.并结合 WebGIS 空间分析功能为水质分区在高性能计算机上的实现提供理论基础.具体分区算法如下:

设 Q 为泉州市整个流域,包括 m 个分区单元 U_i , U_i 与 Q 需满足:

$$U_i \subset Q, i=1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

以泉州市各区县为分区单元进行研究,假设 $m=100$,对 Q 进行区划,就是求一割集 $\{Q_j, j=1, 2, \dots, n\}$,其中 n 为分区数,该割集满足各分区间的连通性,以及分区内的一致性的原则.

分区中采用分区单元间的邻接关系来构造邻接矩

阵,将分区转变为求加权边通图的合理割集,即首先采用图论最小树法,具体算法参考文献[7]求得一个最小生成树,将最小生成树分割成 n 个子树,即将研究区域分成 n 个区,最后根据水质等级评定标准,将各个研究区域进行水质的红黄蓝分区管理.

2 水质监测综合集成平台的基本思想

2.1 综合集成平台基础框架

水质动态分区管理综合集成平台在高性能计算环境所提供的计算力支持下,由一系列层次递进的组件模型框架构成,总体框架如图 1 所示.底层为资源层,主要通过高性能计算机群对水质数据进行监测、收集、整理,并通过中间件及网格平台传送到服务层中.服务层中的水质监测模型及污染预报模型对监测的数据进行判断反馈到平台层.平台层以 WebGIS 服务为基础,将水利 GIS 数据与综合集成平台无缝对接,形成一个集成平台,真实的反应到数字地图上,进而支持水质实时监测、预警预案、应急响应和污染仿真模拟等业务的可视化应用.应用层表现为人机交互,用户可以直观的对各种水质业务进行查询、管理决策等操作.

2.2 水质管理模型组件化及搭建

组件^[8]是随着人们寻求解决“软件危机”的途径,为提高软件的重用性而提出的,其思想是将软件按一定的标准封装成组件,对外提供一组访问接口.

水质动态管理模型组件化具有复用、封装、组装、定制、自治性、粗粒度、集成和契约性接口等特征,模型

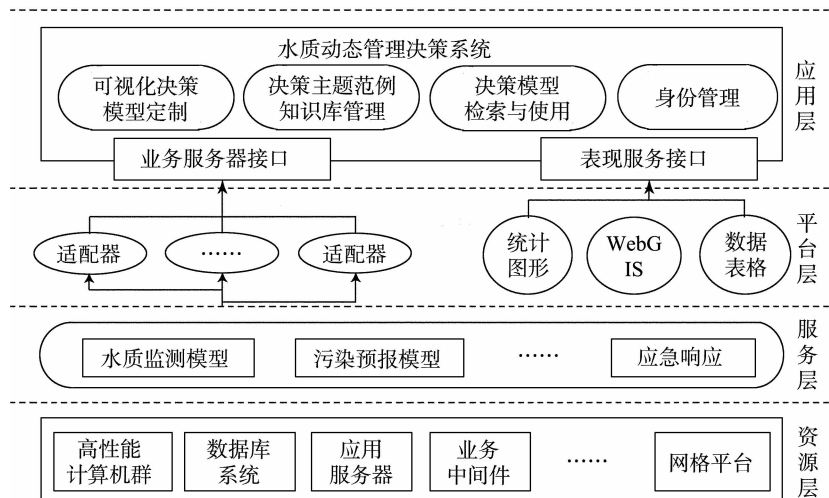


图 1 综合集成平台基础框架

Fig. 1 The basic framework of meta-synthesis platform

组件的开发可以分为模块划分、组件封装和组件搭建 3 个阶段,以水质污染预报模型为例,具体开发过程如下。

- 1) 模块划分. 根据水质污染预报模型的计算过程,将模型划分为各个相对独立的子模型,各个子模型留有参数、输入和输出接口;
- 2) 组件封装. 利用组件技术、Web service 服务技术,将各个子模型封装成模型组件;
- 3) 组件搭建. 将已封装好的组件存入相应的模型组件库,用户定制组件库中的组件并将其在综合集成平台中搭建水质污染预报模型;
- 4) 系统构建. 用户根据需求,利用各个子模型搭建合适的水质污染预报模型。

2.3 水质污染应急的平行执行

本文以高效能计算为支撑,在综合集成平台的基础上,建立由某一个自然的现实系统和对应的一个或多个虚拟或理想的人工系统^[9-10]所组成的共同系统,并通过平行系统为水质污染的监测、预警、应急处理提供服务. 以水质污染应急处理为例,系统执行流程如图 2 所示,当系统监测到污染源时,立即生成一套处理方案,该模拟方案与实际处理方案进行对比,通过逻辑反演,完善应急响应机制,实现模型系统动态改进,在时间维度上通过将来数据对应急预案予以验证与评估,以实时的保留最佳的预报结果和应急策略,随着平行系统运行时间的增长,整个水质管理系统的精度逐渐改善、处理方案更加具体。

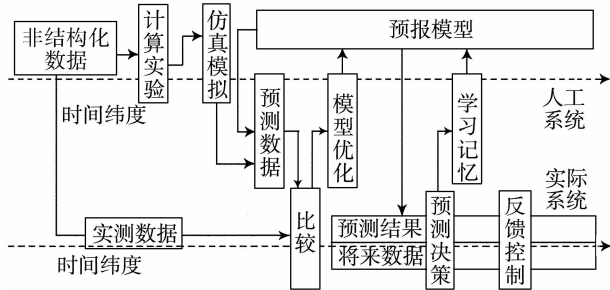


图 2 水污染平行系统

Fig. 2 Parallel systems of water pollution

3 应用实例

本文设计的基于综合集成平台的水质动态分区管理在水利部节水型社会建设中得到了具体应用. 根据分区原则设置动态分区标准值,其中城市集中式生活饮用水源水质达标率标准值为 98%、水功能区达标率

标准值为 90%,县界断面水质符合Ⅲ类标准,依据二维图形理论对整个泉州市的水质进行分区,分区结果如表 1 所示。

表 1 分区结果

Tab. 1 Result of partition

分区	分区范围
红区	晋江市、石狮市
黄区	泉港区、惠安县
蓝区	鲤城区、安溪县、永春县、德化县、丰泽区、洛江区、南安市

并按照图 1 的基础框架建立水质动态分区管理平台,对整个水质分区实现可视化动态管理,如图 3 所示。



图 3 水质动态分区管理图

Fig. 3 Management of dynamic partition for water quality

水质动态分区管理平台根据水质模型组件化的方法分为监测预警、水质污染仿真、应急处理等组件模型,每一个组件模型又由一系列相关组件构成. 以监测预警组件模型为例,是以在线水质分析仪表为核心,运用现代传感器技术、计算机技术以及相关的专用分析软件和通讯网络,由自动测量组件、自动控制组件等组件所组成的一个综合性的在线自动监测体系. 当系统自动监测到不达标的水质,及时发出警报,例如系统监测到山美水库水质中溶解氧和总氮超标,为劣Ⅴ类,发出红区警报. 根据平行系统理论建立人工仿真系统,系统按照图 2 的流程,对预案库进行搜索,通知有关人员,生成应急预案. 监测人员可以快速的制定出应急预案并结合实际调查工作及处理方法,将处理结果反馈

给系统,系统结合新的结果对预案进行修正优化,并储存更新预案库,自主更新学习,并将该地区的水质纳入红区,对该地区水质进行限制纳污,严格监管,直到该地区水质达到标准,从而实现水质动态分区管理的智能化。

4 结 论

本文在综合集成平台基础上,将水质动态管理系统组件化,结合两维图论,将泉州市水质进行红黄蓝分区管理,实现水质的可视化分区管理。在水质污染应急方面,利用平行系统理论对突发水质污染事件建立人工仿真应急处理的虚拟社会,并与现实社会的处理平行执行,不断优化应急预案,从而实现水质动态分区管理的智能化。基于综合集成的泉州市水质动态分区管理,有效解决了该地区水质监督管理的滞后性,对于水源污染能够及时有效的治理,改善了水的质量,提高水资源的利用效率。

参考文献:

[1] 林秀雁,卢昌义. 厦门汀溪水库富营养化评价方法初探

[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2011,50(1):144-148.

[2] 顾文权,邵东国,黄显峰,等. 模糊多目标水质管理模型求解及实验验证[J]. 中国环境科学,2008,28(3):284-288.

[3] 孙兆兵. 基于概率组合的水质预测方法研究[D]. 杭州:浙江大学,2012.

[4] 解建仓,罗军刚. 水利信息化综合集成服务平台及应用模式[J]. 水利信息化,2010(5):18-22.

[5] 陈文生. 基于动态散列空间索引的组件式 WebGIS 的设计与实现[D]. 厦门:厦门大学,2006.

[6] 周惠成,何斌,梁国华,等. WebGIS 在省级防汛指挥决策信息服务子系统中的应用研究[J]. 水科学进展,2003,14(1):104-108.

[7] 张先迪,李正良. 图论及其应用[M]. 北京:高等教育出版社,2005.

[8] Luis I, Troya J M, Antonio V. Trading for COTS components in open environments[C]//14th International conference on Distributed Computing System. Warsaw: IEEE Computer Society Press,1998:30-37.

[9] 王飞跃. 人工社会、计算实验、平行系统——关于复杂社会经济系统计算研究的讨论[J]. 复杂系统与复杂性科学,2004,1(4):25-35.

[10] 王飞跃. 平行系统方法与复杂系统的管理和控制[J]. 控制与决策,2004,20(5):485-489.

Management of Dynamic Zoning for Water Quality on Meta-synthesis Platform

HUANG Jun-ming¹, LIU Tun-dong², XIE Jian-cang^{1*}

(1. Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. School of Information Science and Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Nowadays, water pollution's real-time dynamic monitoring has its own relative weakness; also sudden water pollution cannot be treated in time. This paper adopts two-dimensional graph theory, parallel system theory and component technology manages to dynamic monitoring the basin's water quality. Through the management of dynamic zoning on water quality in Quanzhou as the study area, the author created a water quality visualization management system base on meta-synthesis platform, and deal with water pollution incident effectively by using these systems. The results show that this method can supervise and manage the water quality throughout the region intuitively and efficiently, and provides comprehensive information support for the emergency treatment of sudden water pollution.

Key words: meta-synthesis platform; water quality; dynamic zoning; component; parallel systems