

基于 WebGIS 的突发性环境污染公共服务 平台建设研究

毕天平,高东燕,杨雪梅

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要 目的 为实现突发性污染事故应急措施信息的社会共享与服务,公众可以便利地享受到风险源信息服务,危险品防治技术服务等。方法 采用 SQL Server 数据库结合 ArcSDE 建立沈阳市风险源及其危险品空间数据库、化学品及其应急处置方法数据库,结合我国大气环境评价标准建立 AERMOD 大气扩散模型和一维液体扩散模型,通过 WebGIS 技术,利用 C#. Net 语言开发突发性环境污染公共服务平台,在 B/S 下实现环境污染相关信息的查询和扩散效果的显示。结果 该平台可根据公众自身安全的风险源分布情况及特点,进行风险评估及模拟分析,从而提供最佳应急处置服务。结论 突发性环境污染公共服务平台为应急监测、现场救护和灾后评估提供科学依据,并且为相关公共服务平台建设研究提供借鉴。

关键词 WebGIS;环境污染;数学模型;服务平台

中图分类号 X507

文献标志码 A

Research on WebGIS-Based Public Service Platform of Sudden Environmental Pollution

BI Tianping, GAO Dongyan, YANG Xuemei

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: In order to realize the social sharing and service of emergency measures and information for sudden pollution accidents, the public can easily enjoy the information services of risk sources, dangerous goods prevention and control technology. Based on SQL Server and ArcSDE, a database of risk sources and hazardous materials, chemicals and their emergency disposal methods in Shenyang was created. Combined with China's atmospheric environmental evaluation criteria, AERMOD atmospheric diffusion model and one-dimensional liquid diffusion model were established. By using WebGIS technology and C#. Net language, a public service platform of sudden environmental pollution was developed to realize the query and display the information relating to the diffusion effect of environmental pollution under B/S model. The service platform can conduct risk assess-

收稿日期:2016-12-15

基金项目:国家自然科学基金项目(51678375);辽宁省自然科学基金项目(20170540759);沈阳建筑大学学科涵育项目(XKHY2-78)

作者简介:毕天平(1979—),男,博士,主要从事资源与环境信息系统方向研究。

ment and simulation analysis according to the distribution characteristics of the risk sources relating to the public's own safety, so as to provide the best emergency response service. It gives a scientific basis for emergency monitoring, on-site rescue and post disaster evaluation, and also provides reference for the research of related public service platform construction.

Key words: WebGIS; environmental pollution; mathematical model; service platform

环境问题不仅关系到人类最基本生活条件诸如食品、饮用水及能源的利用,同时也涉及人类在地球上的存亡问题. 环境与发展成为了当今世界全人类共同关注的重大问题. 与此同时,环境保护与经济可持续发展之间的矛盾便成为了各国政府面临的一个严峻而又急待解决的难题^[1-3]. 建立突发性环境污染公共服务平台,提高对突发性污染事故的防范意识,增强处理能力,对于保护生态环境和人民群众的身体健康及生命安全,维护社会安定,促进可持续发展具有重要的现实意义^[4-6].

国外将 GIS 与数学模型相结合的研究起步较早,1992 年,欧盟为解决水污染事故提出了“多瑙河突发性事故应急预测系统”,将 GIS 与水模型相结合,时至今日,国内外关于突发性环境污染的应急和预警方案层出不穷,许多发达国家结合先进的信息科技,采用仿真技术,通过数学模型进行分析,建立相关公众服务信息系统,例如美国国家环保局开发的“化学品信息网 CSIN 系统”等. 我国基于 GIS 的突发性应急处理机制与发达国家相比起步较晚,自 2002 年城市应急联动系统在我国南宁市崭露头角,相续有天津、上海、北京等多个城市展开应急服务系统的研发与应用^[7-10]. 目前我国在相关领域的研究进步很大,但还存在以下不足:在信息化的时代发展潮流下,将模型与 WebGIS 相结合的研究与应用较少,目前仅限于满足显示、查询、输入、分析等简单操作,功能具有局限性;平台中的数据和信息相对较封闭,更新慢且工作量大,与满足实际应用还具有一定的差距,难以实现预计的社会价值. 为弥补以上不

足,笔者借鉴国内外的先进技术,进行了基于 WebGIS 的突发性环境污染公共服务平台的研发. 对相关的调查采集数据进行数据建库,采用数字模型模拟和显示,通过 WebGIS 技术,开发突发性环境污染公共服务平台,为相关公众服务平台建设研究提供借鉴.

1 技术路线

在软件工程的思想和方法指导下建立“基于 WebGIS 的突发性环境污染公共服务平台”. 使用 ESRI 公司的 ArcGIS 和 ArcSDE 搭建地理信息服务后台,将微软公司的 SQL Server 2008 作为后台数据库,采用 B/S 网络应用程序架构提供服务. 大气模型采用美国国家环保局提供的模式 AERMOD;地面水模型采用《环境影响评价技术导则——地面水环境》(HJ/T2.3-1993)中推荐的模式对污染物分布进行模拟,提供可视化的用户输入界面,并将模拟结果进行报表输出或在地图上进行可视化输出. 在浏览器终端,采用微软公司的 Silverlight 技术以实现带有丰富精致交互界面的 RIA 应用程序与地理信息系统紧密结合的突发性环境污染公共服务平台,系统提供地图界面以支持用户交互操作. 为实现数据的参照,系统还可以直接加载符合规范的地理数据到地图中,对加载的图层进行设置和管理^[11].

将 WebGIS 研发和环境风险源调查、建库、建模与模拟项结合,技术路线如图 1 所示. 利用 WebGIS,对环境信息进行表现是国内外常用手段,并被证实二者的结合能互相取长补短. 以突发性污染事故的实际发生地理位置为准,通过数学模型显示和模拟. 将

GIS 和数学模型得出的数解值相结合,从空间和时间两方面对污染扩散的情况进行分析,计算污染物在各时间段的扩散面积值,分析不同污染物对周边的污染程度以及污染物自身的质量浓度,得到被污染物影响范围内的周边单位和人口等重要信息,从而获得突发性污染事故对周边环境的影响程度和范围,并且提供相应的应急措施。

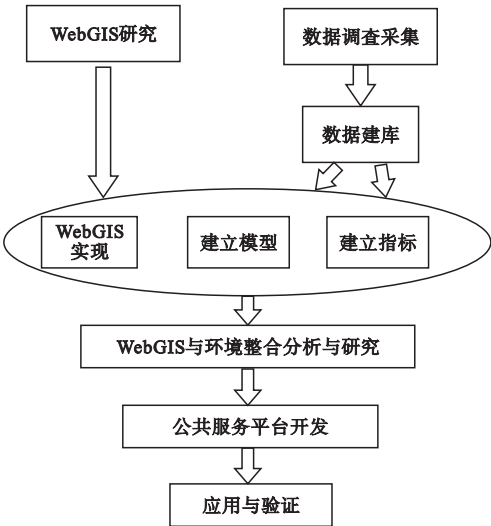


图1 技术路线

Fig. 1 Technology roadmap

2 系统设计

结合实际工作要求,系统的总体设计首先要满足用户的应用需求,易于使用、管理及维护,成为其可依托的有力工具.在实用性的基础上还需要具有一定的先进性,先进是未来实用性的保证,应尽可能采用先进的技术、方法、设备等,提高系统的技术水平.公共服务平台的开发目的在于实现突发性污染事故应急措施信息的社会共享与服务,应遵守开放与共享原则.作为由多个行业、部门参与实施,应用的大规模、关键性信息系统应用,安全可靠也至关重要.系统的实现应在达到功能、性能指标的前提下,尽可能降低成本.同时,注重系统结构的完整和技术的标准化,易于进行大范围推广^[12-13].

2.1 体系结构设计

为尽量减少在用户终端上的负载,将地图处理和计算工作作为服务,系统采用 B/S 结构,最终用户在浏览器上访问 Web 服务器,操作 Silverlight 应用程序.图 2 给出了从客户端发起的 GIS 服务调用过程;用户请求查询后,由 http 服务间接调用模型计算(群)的过程。

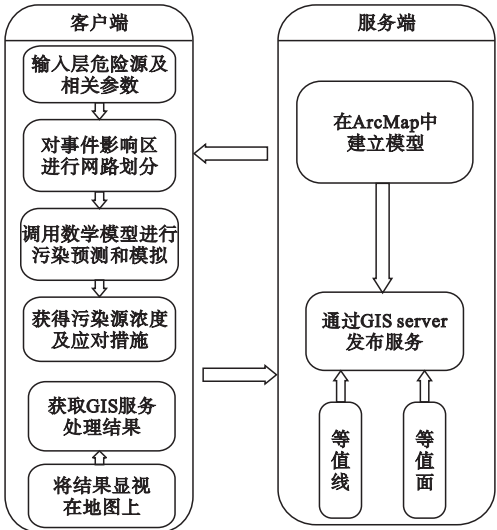


图2 B/S 角度的 GIS 服务调用过程

Fig. 2 B/S GIS service invocation process

从服务器搭建角度来看,系统分布在 3 台不同的逻辑服务器上(见图 3)。

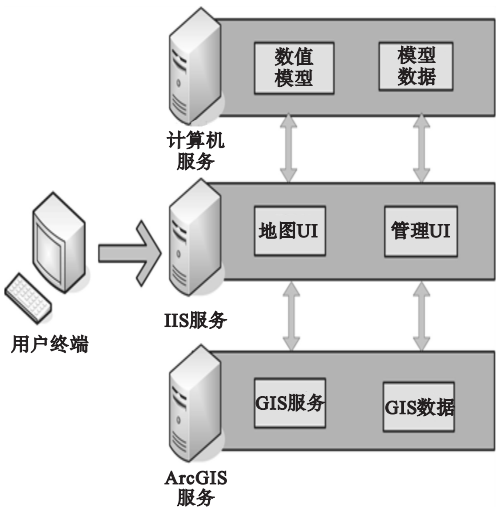


图3 地理信息系统服务分布

Fig. 3 Geographic information system service distribution

完成一次模型应用需要 3 个服务器的共同参与;首先是提供用户界面的 IIS 服务接受用户请求以及本次模型所需参数,查询控制模块整理数据后将请求移交给计算服务;计算服务执行运算后将结果交回 IIS 服务,但此结果无法直接显示在界面上;IIS 服务将计算服务的结果整理后,向 GIS 服务发送;GIS 服务处理请求,使用计算服务的结果绘制图层,最后将可用于显示的图层信息送回 IIS 服务以供加载向用户显示.

2.2 数据库设计

系统数据库的构成如图 4 所示.

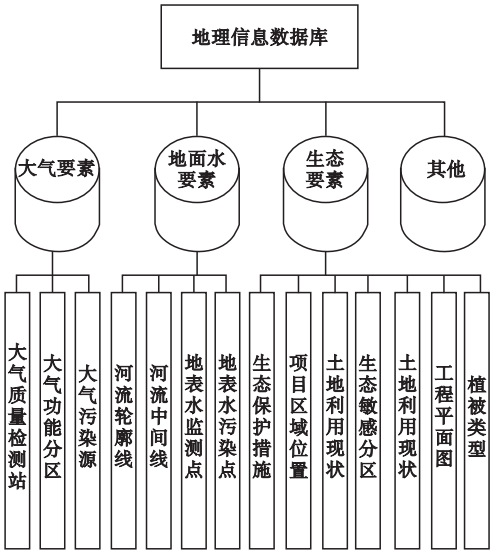


图 4 地理信息数据库构成

Fig. 4 Consist of geographic information database

数据库包括大气要素、地面水要素、生态要素、其他要素 4 部分. 根据现有的标准和需要,对 4 类要素相关数据进行整理和分类,采用表格形式进行录入. 大气要素相关数据包括:污染源信息、大气质量监测站、大气功能分区;地面水要素相关数据包括:地表水污染源数据、地表水监测点断面数据;生态要素相关数据包括:典型生态保护措施平面布置示意图、生态监测布点、生态敏感区空间分布、土地利用现状图、工程平面图、项目区域地理位置图、植被类型图. 对以上 4 类要素进行模块划分,简化了数据库开发和维护的关键. 模

块划分使系统结构清晰,每部分有明确的系统分工,提高系统工作效率. 各个要素管理模块对要素相关图层数据的在线查询、编辑功能,用户可使用模块提供的工具对所选图层进行新增要素、编辑现有要素属性、删除要素等操作.

3 数学模型及效果

3.1 大气扩散模型

依据《环境影响评价技术导则》(HJ2.2—2008)中相关规定,采用 EPA 提供的部分弥散模型作为我国的大气环境评价工作标准. 标准中推荐使用估算模式 (AERMOD 模式) AERMOD 是一种常用的稳态烟羽扩散模式,适用于复杂或简单的地形、城市或农村地区,AERMOD 从体源、面源、点源等方面分析污染物在年平均(长期)、小时平均、日平均(短期)的浓度扩散情况,并且 AERMOD 还对建筑物的尾流所产生影响进行分析. 模式使用每小时连续预处理气象数据模拟大于等于 1 小时平均时间的浓度分布. 该模型由两个处理模式组成,即 AERMAP 地形处理模式和 AERMET 气象处理. AERMET 生成了 AERMOD 运行还需要的两个基本气象数据文件:探空廓线和地面气象数据文件^[14-15].

在进行扩散模拟分析时,为输入数据的正确性和有效性,AERMOD 会对数据格式进行检查. AERMOD 处理的污染源包括:点源源强参数、面源源强参数、体源源强参数、建筑物的下洗几何参数、AERMOD 清洗作用等. 在不同影响因素下扩散公式不同.

(1)考虑地形因素的一般公式

$$\rho_T(x,y,z)=f\rho(x,y,z)+(1-f)\rho(x,y,z_a).$$

(1)

式中: $\rho_T(x,y,z)$ 为总浓度; $\rho(x,y,z_a)$ 为沿地形抬升的烟羽浓度; f 为权函数; z_a 为有效高度.

(2) 稳态边界层扩散公式

$$\rho(x,y,z) = \frac{Q}{U} F_z F_y, \tag{2}$$

$$F_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h_p+2nh_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{(z+h_p+2nh_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}, \tag{3}$$

$$F_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right]. \tag{4}$$

式中: $\rho(x,y,z)$ 为烟羽的总浓度; U 为有效风速值; Q 为源的泄放速率; h_p 为烟羽高度; F_z 为烟羽的稀释,使用边界层有效参数进行计算; F_y 为烟羽的散布,使用边界层有效参数进行计算.

将 AERMOD 进行封装,提供图形用户界面以方便操作人员输入相关参数,在获取用户参数输入后调用封装的模型进行浓度模拟,最后将污染源信息、污染物信息、气象条件、地形条件及查询结果进行报表输出或在地图上进行可视化输出,如图 5 所示.

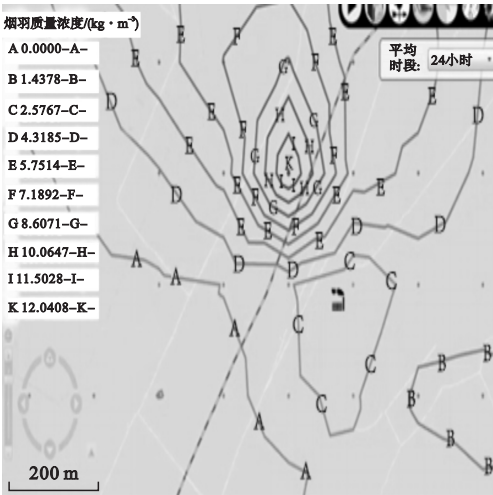


图5 AERMOD 扩散效果

Fig. 5 Effect of AERMOD diffusion

3.2 液体扩散模型

地面水模型采用《环境影响评价技术导则——地面水环境》(HJ/T2.3—1993)中推荐的模式对污染物分布进行模拟.对于一般的河流而言,其深度和宽度相对于它的长度是非常小的,排入河流的污染物,经过一段距

排污口很短的距离,就可以在断面上混合均匀通常情况下河流水质的计算问题可视为一维水质来计算处理^[16-18],即假设污染物浓度在断面上均匀一致,只随流程的方向变化.

当河流的流速较小且污染物能够在短时间内到达河流对岸可用一维水质模型^[19].根据质量守恒原理,经过推导得河流一维水质基本模型:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - K_1 C. \tag{5}$$

式中: C 为河段中某种污染物的质量浓度,mg/L; x 为沿河流方向距污染源的距, m; K_1 为污染物的一级降解系数,1/d; D_x 为弥散系数,即分子扩散系数、紊动扩散系数和离散系数之和, m²/s.

而在模型实际的运用过程中,根据不同污染源的情况,可分为稳定释放源和瞬时释放源,针对不同的污染源类型,其扩散微分方程的初始条件和边界条件会不同,因此其计算模型的方程又会有一些变化^[20].与上述 AERMOD 一样将其封装,在地图上进行可视化输出,如图 6 所示.



图6 一维水质扩散效果

Fig. 6 Effect of one-dimensional liquid diffusion

4 主要功能及效果

(1)建立风险源及其危险品空间数据库,化学品及其应急处置方法数据库,数据库的信息量越大,信息项越详尽为好,尤其是风

险源空间分布上应该覆盖整个研究区域.

(2)建立适合辽宁省风险源信息特征的大气污染扩散模型和水污染扩散模型,模型考虑的影响因素全,计算结果的离散点分布广.该扩散模型直接关系污染扩散模拟及其危害评估的效果,能在电子地图支持下进行模拟分析和评估.

(3)开发突发性环境污染公共服务平台:在 Internet 上,能为公众提供周边环境污
染风险源查询,危险品应急处置办法,撤离路线,有关专家查询,大气污染扩散模拟、水污染扩散模拟,污染状况评估等环境信息综合服务.系统主界面如图 7 所示.



图 7 系统主界面

Fig. 7 System main interface

5 结 语

突发性环境污染公共服务平台是便民服务的“民生工程”,公众可以方便地获取涉及自身安全的风险源分布情况及特点,并能进行风险评估模拟分析,因此具备强大的社会效益和环境效益,同时研究成果能够形成商业的软件产品,在大、中、小型城市皆可应用和推广,具有巨大的经济价值和应用前景.

参考文献

[1] 尹凤. 大气污染物扩散的理论和试验研究 [D]. 青岛:中国海洋大学,2006.
(YIN Feng. Theoretical and experimental

study on the diffusion of air pollutants [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006.)
[2] 李强. 基于 Web GIS 的水环境监测预警系统研究 [D]. 郑州:郑州大学,2016.
(LI Qiang. Web GIS-based water environment monitoring and early warning system research [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016.)
[3] 杜小冬. 基于 B/S 架构的水污染应急处理系统 [D]. 北京:北京理工大学,2015.
(DU Xiaodong. Water pollution emergency treatment system based on B / S architecture [D]. Beijing : Beijing Institute of Technology, 2015.)
[4] 杨丽凤. 突发环境污染事件移动应急平台的研究 [D]. 太原:太原理工大学,2014.
(YANG Lifeng. Research on mobile emergen-

- cy platform for sudden environmental pollution [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2014.)
- [5] 孙钰. 基于 GIS 的城市饮用水源地水质监测评价系统的设计与开发 [D]. 荆州: 长江大学, 2014.
(SUN Yu. GIS-based urban drinking water source water quality monitoring and evaluation system design and development [D]. Jingzhou: Yangtze University, 2014.)
- [6] 钱凌, 翟玉庆. 基于 WebGIS 的税源监控系统的设计与实现 [J]. 现代计算机, 2006 (4): 66 - 70.
(QIAN Ling, ZHAI Yuqing. Design and implementation of a tax source monitoring system based on WebGIS [J]. Modern computer, 2006 (4): 66 - 70.)
- [7] 张金华. 基于 WebGIS 的环境灾害管理、评价及应急系统研究 [D]. 保定: 华北电力大学, 2013.
(ZHANG Jinhua. WebGIS-based environmental disaster management, evaluation and emergency system [D]. Baoding: North China Electric Power University, 2013.)
- [8] 张鑫. 基于 WebGIS 的环境污染应急监测系统设计与实现 [D]. 上海: 复旦大学, 2011.
(ZHANG Xin. Design and implementation of environmental pollution emergency monitoring system based on WebGIS [D]. Shanghai: Fudan University, 2011.)
- [9] 邹志文, 姚继承, 汤立. 基于 WebGIS 的危险化学品污染事故应急决策支持系统 [J]. 中国安全科学学报, 2009, 19 (5): 171 - 181.
(ZOU Zhiwen, YAO Jicheng, TANG Li. Emergency decision support system for hazardous chemical pollution accidents based on WebGIS [J]. Chinese journal of safety science, 2009, 19 (5): 171 - 181.)
- [10] 曾宪禄. 基于 WebGIS 的城市重大事故应急系统的研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2006.
(ZENG Xianlu. WebGIS-based city emergency accident research system [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2006.)
- [11] 毕天平, 金成洙, 钟圣俊, 等. 基于 GIS 的环境污染扩散模型 [J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2008, 29 (2): 46 - 48.
(BI Tianping, JIN Chengzhu, ZHONG Shengjun, et al. Environmental pollution diffusion model based on GIS [J]. Journal of northeastern university (natural science), 2008, 29 (2): 46 - 48.)
- [12] PESSINA V, MERONI F. A WebGIS tool for seismic hazard scenarios and risk analysis [J]. Soil dynamics and earthquake engineering, 2009, 29 (9): 85 - 91.
- [13] THOMAS E R I. Service-oriented architecture (SOA) [M]. London: Rachel Pottinger, 2005.
- [14] CARADONNA G, NOVELLI A, TARANTINO E, et al. A WebGIS framework for disseminating processed remotely sensed on land cover transformations [J]. Reports on geodesy and geoinformatics, 2016, 100 (1): 42 - 50.
- [15] 马艳军. 基于 ArcObjects 的空间数据管理平台 [D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
(MA Yanjun. ArcObjects based spatial data management platform [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2007.)
- [16] 张威, 郭玉刚, 王建中. AERMOD 模型在大气环境影响评价点源预测中的应用研究—某城市集中供热点源预测为例 [J]. 北方环境, 2015 (6): 63 - 71.
(ZHANG Wei, GUO Yugang, WANG Jianzhong. Application of AERMOD model in atmospheric environmental impact assessment point source prediction—the forecast of the central heating point source in a city as an example [J]. Northern environment, 2015 (6): 63 - 71.)
- [17] 杜文静. 高原山地城市重气泄漏扩散的示踪实验与模拟 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
(DU Wenjing. Tracer experiment and simulation of leakage and diffusion of gas of the plateau mountainous city [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2013.)
- [18] 郑桂花. 石煤提钒工艺清洁生产评价的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
(ZHEN Guihua. Study on process of vanadium cleaner production evaluation of the coal extraction [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010.)
- [19] 王在峰, 张水燕, 张怀成. 水质模型与 CMB 相耦合的河流污染源解析技术 [J]. 环境工程, 2015 (5): 113 - 116.
(WANG Zaifeng, ZHANG Shuiyan, ZHANG Huaicheng. Coupled model of water quality and CMB river pollution source analysis technique [J]. Environmental engineering, 2015 (5): 113 - 116.)
- [20] 张琦, 徐玉新. 可视化河流水环境数学模型的设计与开发 [J]. 人民黄河, 2012 (2): 25 - 28.
(ZHANG Qi, XU Yuxin. Design and development of visual mathematical model of river water environment [J]. Yellow river, 2012 (2): 25 - 28.)