

文章编号:1000-582X(2006)07-0134-04

# 水污染控制规划地理信息系统模型库的应用\*

翟俊,何强,夏冰雪

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室,重庆 400030)

**摘要:**模型库在水污染控制规划地理信息系统(WPCPGIS)中占据非常重要的位置,它使得系统具有对水环境进行模拟、数据分析、预测,并提出实质性的决策方案等功能.以GeoMedia为系统的开发平台,Microsoft Access作为数据库软件,用VB计算机语言作为系统开发语言进行编程,着重对系统模型库建设进行研究,并将研究成果应用于三峡库区的大溪河水污染控制规划中,较好地对水环境系统和规划方案进行模拟,为规划人员和决策者提供了污染源分布及排放强度、河流污染负荷、水质状况、水体环境容量、规划水平年水质预测情况、各规划方案的经济技术比较等众多决策信息.模型的计算结果也在GIS中以数字地图的形式直观地显示出来,使得WPCPGIS能够直接用于水污染控制规划决策.

**关键词:**模型库;水污染控制规划;地理信息系统

**中图分类号:**X323

**文献标识码:**A

将GIS技术与水污染控制规划相结合就可以形成水污染控制规划地理信息系统(Water Pollution Control Planning Geographic Information System, WPCPGIS).在WPCPGIS中,模型占据非常重要的位置,它使得系统具有对水环境进行模拟,数据分析、预测,并提出实质性的决策方案等功能.模型库(Modelbase)是由模型和模型管理系统组成的,用来存贮所有模型以及模型与数据的匹配(match)关系.它可以定义模型的结构,建立并修改模型字典,检索、访问、增设模型并且优化升级模型<sup>[1]</sup>.在逻辑上模型库是各种模型的集合,在软件内容上,则由许多计算机程序模块组成.模型库也是决策支持系统(Decision Support System, DSS)区别于其它系统的主要特征之一<sup>[2]</sup>.

早在20世纪70年代,专家们在进行DSS研究时就开始对模型库进行了研究<sup>[3]</sup>,直到1984年Dolk(D) R.和Onsynski,(B) R.<sup>[4]</sup>在介绍模型管理系统时正式定义了模型库(Modelbase, MB),到20世纪90年代,学者们开始对模型库在基于GIS的空间决策支持系统(Spatial Decision Support System, SDSS)中的应用进行研究<sup>[5-8]</sup>,现在人们开始对SDSS中共享通用模型库进行研究<sup>[9-11]</sup>.但是这些研究主要是针对空间分析模型,对于专业应用模型的研究还较少,对水污染

控制规划地理信息系统中的模型库研究则更少.

笔者以GeoMedia为系统的开发平台,以Microsoft Access作为数据库软件,用VB计算机语言作为系统开发语言进行编程,并且以重庆市三峡库区的大溪河为例,着重对WPCPGIS中模型库的建设进行了研究.

## 1 WPCPGIS中的模型

WPCPGIS中的模型可以分为3部分:第1部分,空间分析模型.这种模型主要由GIS软件提供,例如GeoMedia软件提供了:Measure Distance、Query、Thematic Maps、buffer Zones、Joins、Spatial Queries等功能模型.这些模型使得系统具备了对空间信息进行检索、测量、分析等功能.它们是GIS系统的基本功能模块.第2部分,水环境系统模拟模型,包括污染负荷预测计算模型、水质评价模型、水体中污染物迁移转化模型、水质预测模型、环境容量计算和分配模型等等.每一种模型由于计算方法和适用条件的不同,又会包含多个不同的子模型,用户可以根据实际情况通过模型字典自由选择其中任一子模型.例如:水质预测模型包含一维水质预测模型、二维水质预测模型、三维水质预测模型、动态模型、静态模型等等.第3部分,规划方案优选模型.从某种意义上讲,这是对第1部分和第2部分

\* 收稿日期:2006-02-02

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59978054);国家“十五”科技攻关课题(2003BA604A01)

作者简介:翟俊(1977-),男,江苏溧阳人,重庆大学讲师,博士研究生,主要从事水污染控制规划和水资源管理的研究.

模型的综合并升华. 在规划方案优选过程中需要调用第 2 部分模型进行水环境模拟, 检验候选方案是否满足水质目标的要求, 并调用第 1 部分模型, 将结果在数字地图中显示出来, 将不能满足水质目标要求的模拟结果用警戒色(红色)显示出来, 用户可以直接将不满足要求的方案剔除. 然后再调用费用-效益分析模型对方案进行经济比较, 得出最优方案, 最后再请专家对最优方案进行可行性修正, 得到实施方案. 第 3 部分模型包含费用-效益分析模型和人机交互系统(用于采纳规划人员和专家意见)等.

### 2 WPCPGIS 模型库的工作原理

笔者在系统建设过程中, 利用 VB 语言, 将各个模型或子模型编写成计算机程序, 以公用标准模块(Public Standard Module)的形式储存在模型库中. 这些模块是相互独立的, 它们在整个系统软件范围内通用, 可以通过事件驱动(Event Driven)和程序代码(Program Code)进行模型字典调用. 通过对这些模块的调用, 可以实现各功能模块的组合, 形成功能更加强大的决策模型. 例如, 为了对某规划方案进行评价, 可以调用人口预测模块、污染负荷计算模块(包括城市污水负荷模块、垃圾负荷模块、直排工业废水负荷模块、非点源污染负荷模块等)、水质预测模块、水质评价模块、环境容量计算及分配模块和经济费用-效益分析模块等等, 并调用 GIS 的空间分析模块, 对结果进行分析和显示. 前一种模块的处理结果为后一种模块所用, 从而可以很方便地得出执行该规划方案后的水质和经济效果. 图 1 是 WPCPGIS 模型库中主要模型的一种组合形式.

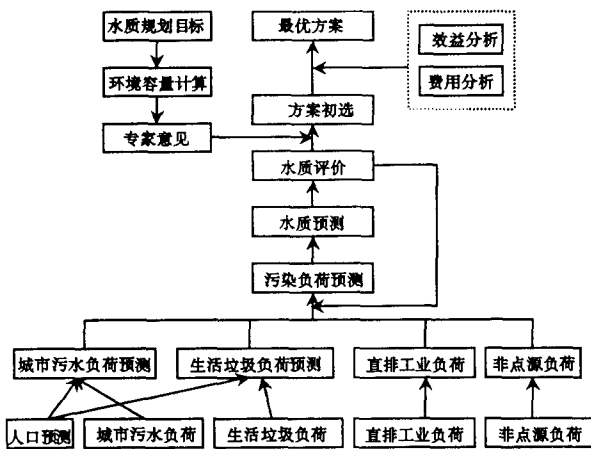


图 1 WPCPGIS 模型库中模型的一种组合形式

### 3 WPCPGIS 模型库的特点

作者所设计的模型库具有以下一些特点:

1) 采用结构化设计, 整个模型库根据其功能可以

划分为 3 个部分(空间分析模型、水环境系统模拟模型、水环境系统模拟模型), 每个部分中又有许多模型, 这些模型以程序模块的形式存在. 它们是相互独立的, 只有在系统运行时, 才相互调用组合, 这样才能保证系统的灵活性和生命力, 才能适应实际情况的多变性.

2) 模型库采用开放式设计, 系统开发人员可以根据模型的发展和实际需要, 添加新模型或对已有模型进行升级优化.

3) 实现了 GIS 软件、模型库和数据库三者数据同步. 由于系统的开发平台——GeoMedia 与 Microsoft Access 是完全兼容的. GeoMedia 可将对象的空间数据和属性数据直接存放在 Access 中, 并能将存放于 Access 中的数据在 GeoMedia 界面上显示出来, 直接进行修改. 而用 VB 语言编写的模型模块程序也可以直接从 Access 数据库中读取数据, 并将计算结果存放于其中. 由此, 通过 Access 的桥梁作用, 模型的分析计算结果可以在 GIS 界面中现实出来. 用户也可以根据实际情况的变化, 修改 GIS 中对象的空间数据和属性数据. 进而改变模型的输入值, 然后经模型计算后, 将新的计算结果通过 GIS 形成的数字地图显示出来. 这样 GIS 软件、模型和数据库三者数据同步, 达到对空间数据和属性数据的动态管理, 适时更新, 这对于污染源的动态管理特别有意义. 在 WPCPGIS 软件中, 用户修改了污染源的空间数据和属性数据后, 系统会自动响应这些变化, 将模型库重新计算的结果自动在数字地图上显示出来.

### 4 实例分析——以三峡库区大溪河为例

大溪河是乌江的主要支流, 全长约 12 km, 流域总面积为 2 065 km<sup>2</sup>, 河流平均宽度 40.5 m, 多年平均流量 37.39 m<sup>3</sup>/s, 最枯月平均流量 14.3 m<sup>3</sup>/s, 丰水期月平均流量 52.6 m<sup>3</sup>/s, 有 6 条支流. 根据环保局对大溪河的多年水质监测资料, 目前大溪河各水质控制断面已受到不同程度的污染, 其中南川市城区段水质已经超标. 主要污染物有 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、Cr<sup>6+</sup>、F<sup>-</sup>、酚、大肠杆菌等 7 项.

在大溪河的 WPCPGIS 中, 收录了从 1985 - 2003 年共 19 年的丰、平、枯 3 个水期和年平均的 8 项污染物指标的监测值(DO、COD<sub>mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、-OH、F<sup>-</sup>、Cr<sup>6+</sup>、大肠杆菌 8 项指标). 大溪河 WPCPGIS 建有查询系统, 可以查取入库的任意一年的河流断面水质情况和污染负荷统计情况. 通过三参量综合指数模型和等标污染负荷模型对入库数据进行分析, 可以对各主要污染物和污染水期进行排序, 得出水体最主要的

污染物和污染严重的水期,为采取防治措施提供方向.经分析大溪河污染最严重的水期为枯水期,水体最主要的污染物为 BOD、COD、大肠杆菌和挥发酚.所以作者以枯水期作为规划的控制水期,以 2003 年作为规划基准年,以 2010 年作为规划水平年.通过人口指标法对规划水平年各控制断面的污染负荷进行预测,再用一维水质数学模型计算出各控制断面的水质指标值.然后用隶属度加权综合平均水质评价模型对各控制断面水质进行评价,可得出规划水平年各控制断面的水质级别 G 值(这个 G 值与《地面水环境质量标准》中水质级别相对应,具有真实的物理意义.)图 2 为污染负荷和水质的预测结果,图 3 为 GeoMedia 对各河段的水质级别 G 值进行统计分析得出的专题数字地图.图中红色表示该河段数值已超标需进行治理.

| 序号 | 控制断面 | 流量 (m³/d) | COD (kg/d) | BOD (kg/d) | 氨氮 (kg/d)    | 挥发酚 (kg/d) |
|----|------|-----------|------------|------------|--------------|------------|
| 1  | 福南桥  | 275992.8  | 760.9507   | 595.5715   | 9.885116E-02 | 10.95091   |
| 2  | 新桥   | 359671.5  | 6773.229   | 3305.64    | 1.58137      | 110.8737   |
| 3  | 鸣玉   | 663705.5  | 410.2517   | 368.58     | 5.145876E-02 | 8.424301   |
| 4  | 大溪沟  | 914735.5  | 1198.521   | 1092.177   | 0.27838427   | 17.44362   |

| 序号 | BOD (mg/l)   | COD (mg/l)   | 氨氮 (mg/l)    | 挥发酚 (mg/l) | 水质级别     |
|----|--------------|--------------|--------------|------------|----------|
| 1  | 0.3324901    | 1.901498E-02 | 1.115581E+12 | 8.336371   | 2.310222 |
| 2  | 0.7837693    | 1.926385E-02 | 3.21333E+11  | 6.4143812  | 3.609136 |
| 3  | 5.922296E-02 | 2.994534E-03 | 1.510049E+10 | 8.621629   | 1.918928 |
| 4  | 0.1720714    | 9.482281E-03 | 2.116532E+09 | 3.101649   | 2.192108 |

图 2 规划水平年污染负荷及水质预测结果(2010)

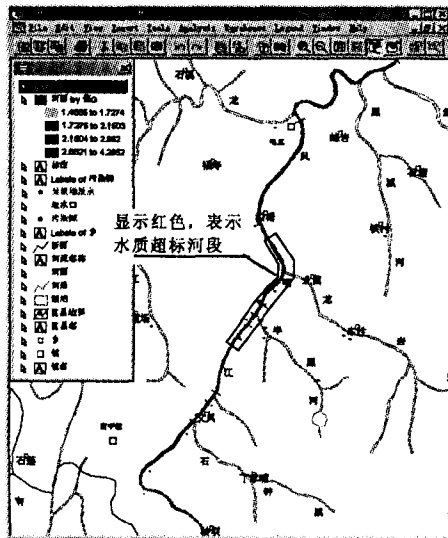


图 3 2010 年大溪河预测水质污染状况图 (没有实施治污方案)(2010)

根据水质预测模型的计算结果,到规划水平年 2010 年,如果不采取治污措施,则新桥和鸣玉断面不

能满足水质目标要求,必须采取措施对污染进行治理,结合当地政府部门、专家意见和大溪河的实际情况,初选了以下 4 个方案作为候选方案,如图 4 所示.

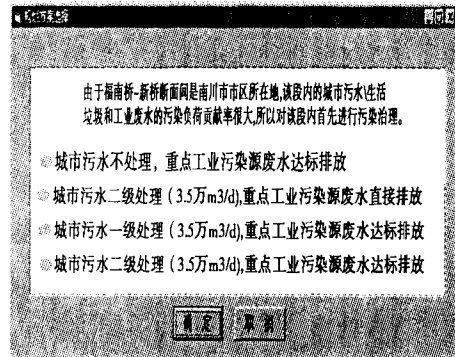


图 4 凤嘴江水污染控制规划候选方案(2010)

然后调用污染负荷预测模型、水质模型、水质评价对各方案执行后的水质情况进行预测.这些方案实施后的水质状况通过数字地图直观地显示出来.可以得出方案 I 和方案 II 执行后不能满足水质目标要求,应剔除.方案 III 和方案 IV 能够满足水质目标要求,这两个方案需进一步进行经济的费用-效益分析才能分出优劣.

采用年费用法和计量经济学法分别计算出各种方案所需的"费用"和实施后所能带来的"效益"(以货币形式).将"效益"减去"费用"便可得出各方案实施后所能带来"净收益".图 5 为大溪河 WPCPGIS 各方案实施后可得净收益比较.可以得出方案 III 和方案 IV 执行后并且都有可观的环境效益回报.但是,从费用-效益分析的结果来看,方案 IV 执行后所得的环境效益远高于方案 III,净收益约为方案 III 的 2 倍,所以方案 IV 为最优的规划方案.当然,当地政府部门考虑到当地的财政实力,如果直接修建二级污水处理厂(3.5 万 m<sup>3</sup>/d)时,财政上有困难,可以先执行方案 III,然后在条件成熟时完善为方案 IV.

| 方案  | 净收益分析   | 单位   |
|-----|---------|------|
| I   | -1106.1 | 万元/年 |
| II  | 730.271 | 万元/年 |
| III | 1050.65 | 万元/年 |
| IV  | 1993.65 | 万元/年 |

图 5 各方案实施后可得净收益比较(2010)

## 5 结论

针对水污染控制规划地理信息系统(WPCPGIS)的模型库进行了研究,并将研究成果应用于三峡库区的大溪河水污染控制规划中,较好地对水环境系统和规划方案进行模拟,为规划人员和决策者提供了污染源分布及排放强度、河流污染负荷、水质状况、水体环境容量、规划水平年水质预测情况、各规划方案的经济技术比较等众多决策信息。模型的计算结果能在GIS中以数字地图的形式直观地显示出来,使得WPCPGIS能够直接用于水污染控制规划决策。

### 参考文献:

- [1] 陈晓红. 决策支持系统理论和应用[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [2] GRAY. The User Interface in Group Decision Support System[J]. Decision Support Systems, 1989, 17(5): 119 - 125.
- [3] KEEN PG W, SCOTT - MORTON M S. Decision Support Systems: An Organizational Perspective[M]. MA: Addison-Wesley, 1978. 152 - 168.
- [4] DOLK D R, KONSZYNSKI B R. Knowledge Representation for Model Management Systems[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1984, 10(6): 619 - 628.
- [5] BATTY M, XIE Y. Modeling Inside GIS: Part 2. Selecting and Calibrating Urban Models Using ARC/INFO[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1994, 8(5): 451 - 470.
- [6] JANKOWSKI P. Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision - Making Methods[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1995, 9(3): 251 - 273.
- [7] LONGLEY P, HIGGS G, MARTIN D. The Predictive Use of GIS to Model Property Valuations [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1994, 8(2): 217 - 235.
- [8] YE H A G, CHOW M H. An Integrated GIS and Location - Allocation Approach to Open Space Planning[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1996, 20(4 - 5): 339 - 350.
- [9] BENNETT D A. A Framework for the Integration of Geographical Information Systems and Modelbase Management [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1997, 11(4): 337 - 357.
- [10] ANTHONY GAR - ON YE H, JIMMY JIMING QIAO. Model Objects - a Model Management Component for the Development of Planning Support Systems [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2005, 29(2): 133 - 157.
- [11] 徐选华, 陈晓红. 群体决策支持系统的模型库研究[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2003, 9(4): 505 - 507.

## Development and Application of the Modelbase in Water Pollution Control Planning Geographic Information System

ZHAI Jun, HE Qiang, XIA Bing-xue

(Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment Under the state Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Modelbase (MB) takes an important role in Water Pollution Control Planning Geographic Information System (WPCPGIS), which endows the system with functions of water environmental simulation, data analysis, predicting, and providing feasible advices. Modelbase (MB) is the focus of this paper, with VB as the programme language, GeoMedia as the system developing platform and Microsoft Access as the database software. At the same time, the WPCPGIS Modelbase is applied in the water pollution control planning of Daxi River in the Three Gorges Reservoir Region, the water environment system relatively is simulated well, providing planning-maker and decision-maker numerous useful informations; the distribution of pollution source, the situation of water quality, the environmental capacity of water, the situation of water quality in designing year, etc. The result of Modelbase can also be visually displayed in the digital map of GIS, therefore WPCPGIS can be directly applied to the decision-making of Water Pollution Control Planning.

**Key words:** modelbase, water pollution control planning, geographic information system (GIS)