

流域计算机集成模型系统及其在水库流域水质规划中的应用^{*}

贾海峰 程声通 高 朗 侯继雄

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084 E-mail: jhf @ 263. net)

摘要 随着社会的发展, 流域中出现了新的问题和特征, 流域规划和管理越来越复杂, 传统的方法和工具已不能充分满足流域规划和管理的需要. 因此本文以开放复杂巨系统研究方法论为指导, 提出了流域计算机集成模型系统的概念, 探讨了其构成和结构. 指出该系统应是专家系统、地理信息系统、遥感、全球定位系统、数据库技术、数学模拟和优化等多技术综合集成的系统. 最后对其在水库流域水质规划中的应用进行了初步的探讨.

关键词 水质规划, 水库流域, 专家系统, 地理信息系统, 遥感, 全球定位系统, 数学模拟.

The Catchment Integrated Computer Model System and Its Application in Reservoir Basin Water Quality Planning

Jia Haifeng Cheng Shengtong Gao Lang Hou Jixiong

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084 E-mail: jhf @ 263. net)

Abstract In order to meet requirement of catchment planning and management, under the instruction of Open-Complex-Huge System Methodology, the concept of catchment integrated computer model system and its components and structure were proposed. It is stated that the integrated system should be the combination of Expert System, Geographic Information System, Remote Sensing, Global Positioning System, Database Technique, Mathematical Simulation and Optimization, etc. It can serve as the instrument in catchment planning for the sustainable development of river basin. The applications of the catchment computer integrated model system in reservoirs basin water quality planning was also discussed.

Keywords water quality planning, reservoir basin, Expert System, Geographic Information System, Remote Sensing, Global Positioning System, mathematical model.

许多学者对多目标规划技术和流域内环境问题的数学模拟技术等进行了广泛的研究, 取得了很多成果^[1, 7]. 同时, 一些先进的技术和工具, 象专家系统、地理信息系统、遥感等, 逐渐开始应用于流域问题的研究^[2-10]. Baffaut 与 Delleur 开发了包含校正过程知识的与 SWMM 集成使用的专家系统, 以方便复杂数学模型 SWMM (SWMM 是美国环保局开发的城市径流模型, 它含有大量的参数需要校正) 的应用^[8]; Daene C McKinney 和 David R Maidment 把专家系统与地理信息系统的优势结合起来初步建立了一个智能地理信息系统用于德克萨斯州的水规划^[10]. 这些探索基本上都是将 2、3 种技术的优势进行集成的实践, 目前鲜见关于对多技术综合集成理论或实践上进行探索的报道. 为此本文以开放复杂巨系统的方法论为指导, 提出流域计算机集成模型系统的概念和构成, 并对其在水库流域水质规划中的应用进行探讨.

1 流域计算机集成模型系统的概念及构成

1.1 流域计算机集成模型系统的概念

流域计算机集成模型系统是人机结合、人机相辅相成的智能化多技术综合集成的计算机模型系统. 这些技术包括专家系统、地理信息系统、遥感、全球定位

系统、数据库和数学模型等. 它以开放复杂巨系统的方法论为指导, 综合利用上述技术各自的优势, 完成流域内大量信息的获取、处理、分析和计算, 为决策者提供决策支持.

1.2 流域计算机集成模型系统的构成

(1) 专家系统(Expert System)^[2, 4-6] 专家系统的技术特征决定了其在流域计算机集成模型系统中可以针对流域规划中具体问题, 利用逻辑规则和流域涉及各领域专家的专家知识和经验处理流域中众多不确定问题, 为流域规划服务.

(2) 3S 技术的技术特征^[3, 9, 10] ①地理信息系统(GIS)与一般管理信息系统的区别在于其强大的空间数据管理功能、形象直观的应用界面、强大的空间分析能力. ②遥感技术(RS)具有以下几个特点: 从太空来观测地球, 从根本上改变了以前研究中由点到线再到面的演绎法; 超越了人眼所能感受到的可见光的限制; 快速、及时地反映现象, 用来对比分析环境的动态变化.

^{*} 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by National Natural Science Foundation of china): 59278312
贾海峰: 男, 31 岁, 博士生
收稿日期: 1997-11-07

遥感技术在获取大范围、综合性、同步性信息方面的能力是任何其它手段所无法比拟和完成的。③全球定位系统 (GPS) 已渗透到经济建设和科学技术的很多领域, 在地球力学、海洋大地测量学、天文学、地理物理勘探、资源勘察、航空与卫星遥感、工程变形监测、运动目标的测速等方面得到广泛的运用。

从 GIS、RS、GPS 的技术特征看, RS 技术可提供研究范围的遥感图象信息, 用于流域内大量空间信息和属性信息的收集; GPS 技术提供研究范围内特征物准确的定位信息; GIS 可对 RS、GPS 及其他来源的各种信息进行存储、管理、分析处理和显示。对于流域来说, 它明显具有空间特征, 其广阔的地域面积和丰富多样的地形地貌和环境资源决定了其庞大的信息资源, 因而为 3S 技术的应用提供了用武之地。

(3) 数学模型的技术特征^[7] 数学模型的一个重要特征是它的抽象性, 它可以将一个形象思维问题转化为抽象思维问题, 从而突破实际系统的约束, 运用已有的数学研究成果对研究对象进行深入的研究。它除用于模拟研究对象的状态外, 还可以方便地用于考察系统对各个变量或参数的灵敏度和稳定性。

在与流域有关的水资源模拟、优化和预测等方面, 研究人员通过对流域内各个领域的深入研究, 开发出很多模型, 如: 模拟模型、预测模型、优化模型、评价模型等, 并针对不同问题对之进行了应用。比如用于城市径流模拟的有 SWMM 和 HSPF10 等; 用于农田径流和渗漏的有 PRZM2 和 HSPF10 等; 用于河流常规污染模拟的有 QUAL2E、HSPF10 和 WASP5 等; 用于水库湖泊和河口常规污染模拟的有 WASP5 等。

数学模型为研究流域问题提供了有力的工具, 也不可避免地有其适宜范围和局限性: 如对输入数据的质和量要求比较高, 由于流域中存在大量定性的、不确定的甚至错误的信息, 使数学模型的应用受到限制; 模型越来越复杂, 对它的使用也就越来越困难; 模型计算结果一般都是大量的数据, 不直观, 即后处理功能较弱等等。为了方便模型的应用, 增强模型的功能, 有必要将模型与擅长数据收集处理和分析和显示的其他技术和工具集成起来, 为流域的可持续发展服务。

1.3 流域计算机集成模型系统的结构

该系统的各个部分之间应是相互协调、协同工作的, 它们之间的集成大致可以分 3 种方式。

(1) 流域计算机集成模型系统的各部分均采用成熟的商业化工具软件, 它们之间可相互独立工作, 相互之间的连接是通过各软件之间的输入输出文件。这种方式基本上不需要太多的软件开发工作, 只要用户明

白各个软件之间的关系和作用, 就可以使用, 但这种方式集成水平低, 效率低, 并且需人为地设定软件之间的数据流向。

(2) 各个工具软件的核心模块不变, 但需要编制各个部分之间的接口程序, 设计一个统一的用户界面, 使它们在表面上看似一个集成的模型系统。这种方式的集成水平和工作效率均高于上种方式, 它也不需要太多的软件开发工作, 使用起来也比较方便。

(3) 根据各个部分的功能要求, 从底层开始开发此流域计算机集成模型系统, 各部分完全融为一体。这种方式的集成水平和工作效率均最高, 开发成功后也方便易用, 但它要求大量的软件开发工作, 非一般用户所能完成, 需专业的软件开发人员和流域专家合作, 花费较多的人力和物力进行开发。考虑到许多现实情况, 这种方式的流域计算机集成模型系统短期还难以实现。因此本文主要讨论第 2 种方式。

当以第 2 种方式构筑流域计算机集成模型系统时, 其各组成部分之间组合也有多种形式, 这里讨论以专家系统为主系统, 负责各部分之间的协调运作。其结构示意图如图 1, 图中箭头说明信息可能的传输路径。

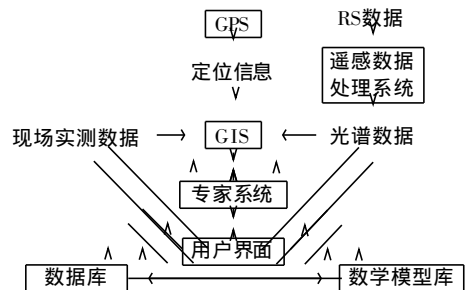


图1 流域计算机集成模型系统结构示意图

在此系统中, 用户与专家系统进行交互, 专家系统再根据用户的要求, 驱动和协调其内部不同的知识库和控制策略以及 3S 工具、数学模型、数据库完成各自的操作, 为流域管理提供决策支持。

2 流域计算机集成模型系统在水库流域水质规划中的应用初探

水库流域水质规划是以保护水库水质使其满足水库功能要求为主要目标, 同时兼顾上游流域经济发展和资源合理利用的一种规划, 一般分为: 识别问题与提出规划目标、建立模型、模拟优化和评价决策 4 个阶段。但这 4 个阶段不是截然分开的, 它们之间要有反复的反馈和协调。因此可以建一个专家系统来与用户进行交互, 根据用户要求协调水库流域水质规划工作的各个阶段, 并驱动其内部不同的知识库和控制策略以及 3S

技术、数据库、数学模型的操作,此专家系统应有友好的用户交互界面以及与系统其他部分通畅的信息通道。

(1) 识别问题与提出规划目标阶段 需要进行水库功能分析及区划,水库及上游河道的水质现状分析,水库流域的社会调查、资源调查和污染源调查,资源利用现状及潜力分析,规划范围及规划远景分析,规划目标的分析与确定等工作。在此阶段可以首先建立起资源调查与评价专家系统,指导水库流域的社会和资源调查。同时利用遥感技术结合部分现场调查(可利用GPS技术进行现场定位)获取水库流域的数据,包括:自然条件(水库流域地形、地貌、地质构造、土壤、植被、水系、资源等)、社会环境(水库流域内土地利用现状、工业布局、建设用地和城市绿化等)和环境状况(水库流域内污染源排放、地表水体有机污染、油污染、富营养化状况、土壤污染状况等)等数据,然后将这些数据输入GIS和数据库系统中进行管理和分析。随后上述专家系统利用这些信息及GIS的分析结果进行评价,辅助决策者确定规划目标。最后在规划目标的基础上,提出各种可能的规划方案。

(2) 建立模型阶段 要根据水库流域实际情况,建立水库及河流的水文模型、水质模型、农业非点源模型、各种规划方案优化模型以及经济发展和预测模型等。这一般需经过确立概念化模型、识别模型结构、识别参数、检验和应用等步骤。在此阶段,可以建立一个包括水库流域所涉及各种模型的模型库。由于所有的数学模型都有其适用条件和限制,所以模型的建立必须符合所研究流域的实际。由于数学模型数量很多并且复杂,对其的选择和校验以及结果的解析,都要求有专家知识。故在此阶段可以建立模型选择专家系统、模型校准专家系统和模型输出解释专家系统和模型结合起来使用。首先,要利用模型选择专家系统从模型库中选择所需模型;其次可由GIS辅助输入模型所需数据;然后利用模型校准专家系统对模型进行参数识别和检验;再后,利用经校准的模型进行计算;最后数学模型的计算结果经模型输出解释专家系统解释后存入GIS和数据库系统,由GIS来管理和显示。

(3) 模拟优化 寻求优化的规划方案是水库流域水质规划的核心,在该阶段,要对各种可能的规划方案利用已建的计算机集成模型系统进行模拟或优化。模拟或优化的结果由专家系统解释后,由GIS来管理和显示。

(4) 评价决策阶段 要根据上步模拟优化的结果,对各种可能的水库流域水质规划方案进行综合评价,

包括:如果各种规划方案实施后将产生的经济、社会、环境影响的描述和衡量,对规划目标的满意程度的评价,对规划方案的各效益指标的评价。如果有各方面均满意的方案,则进行决策,如不满意则将信息反馈到第一阶段,重复以上工作,直至得到满意的规划。在此阶段可以建立评价决策专家系统。读取GIS管理的规划方案模拟结果,对规划方案进行评价,辅助决策者决策。

3 小结

流域是个包含自然系统和社会系统的复杂巨系统,实践和理论证明,对它的研究必须以复杂巨系统的方法论为指导,以人机结合、人机相辅相成的智能化计算机集成模型系统为工具。专家系统的推理能力、3S技术强大的空间数据获取和处理能力以及数学模型对流域强大的定量模拟和优化能力,使它们在流域规划中都有不可替代的作用。将这些技术集成起来建立流域计算机集成模型系统,并将其用于流域内的各种规划,必将对流域的可持续发展起到很大的作用。但由于组成流域计算机集成模型系统的各个技术均还处在发展时期,它们还有很多理论和技术问题有待解决。

参 考 文 献

- 1 中国系统工程学会编. 复杂巨系统理论·方法·应用. 科学技术文献出版社, 1994: 3—10, 405—409, 550—554
- 2 Douglas B Lenat. 人工智能. 科学(Scientific American 中文版), 1996, (1): 16—17
- 3 Thomas A Herring. 全球定位系统. 科学(Scientific American 中文版), 1996, (6): 6—12
- 4 白乃彬. 环境专家系统进展. 环境科学, 1993, 14(1): 49—53
- 5 Jeff R Wright et al. Expert Systems in Environmental Planning. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 1993: 205—215
- 6 Guariso G. Expert Systems in Water Resources. System Analysis Applied to Management of Water Resources. IFAC Proceedings Series, No. 11, Pergamon Press, 1989: 51—59
- 7 Jakeman A J et al. Modeling change in environmental systems. John Wiley & Sons, 1993: 505—556
- 8 Baffaut C and Delleur J W. Calibration of SWMM runoff quality model with expert system. ASCE Journal of Water Resources Planning and Management, 1990, 116(2): 247—261
- 9 Donald Rapp. Remote Sensing of the Environment. Proceedings of Workshop on Environmental Science & Technology. Hong Kong: The Commercial Press (H. K.) LTD., 1990: 88—120
- 10 Deane C McKinney, David R Maidment. Expert Geographic Information System for Texas Water Planning. Journal of Water Resources Planning and Management, 1993, 119(2): 170—183