

BASINS 3.0 系统述评

蔡莞镔, 潘文斌, 任霖光

(福州大学环境与资源学院, 福州 350002)

摘 要: BASINS3.0(Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources)是美国环保局(USEPA)用于流域环境管理与规划的模型系统,可对多种尺度不同污染物的点源和非点源进行综合分析。它以 ArcView 软件为平台,成功地将不同的过程模块结合,组成系统构架,大大增强了系统的模拟能力,提高了模型效率,是一个十分值得推广的现代模型系统。笔者介绍了 BASINS 系统的结构、功能、处理流程、模型内容和独特的运行控制方式,并对其优缺点进行了评论。

关键词: BASINS; 流域; 非点源污染; 负荷; 结构功能

中图分类号: X824; T P31 文献标识码: A 文章编号: 1671-1556(2005)02-0069-04 y

Commentary on Basins 3.0 System

CAI Yuan-bin, PAN Wen-bin, REN Lin-guang

(College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: BASINS-Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources is a model used by USEPA for the management of watershed, and it mainly aims at the point and non-point sources pollution on different scales. Based on the ArcView, it creates a systematic framework successfully in which a variety of process modules can fit and enhances the efficiency and capability of simulation. This paper introduces the structure, functions, flow, model content, specific procedure in control and comment on its advantages and disadvantages. On the whole, BASINS is a recommended model for the watershed environment management and planning.

Key words: BASINS; watershed; non-point source pollution; load; structure and function

1 BASINS 系统概述

1996 年秋, BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources) 由美国环保局(USEPA)组织开发完成并发布,它可以对多种尺度下流域的各种污染物的点源和非点源进行综合分析,是一个基于 GIS 的流域管理工具^[1]。

BASINS 的用户界面包含标准 ArcView 界面的所有的菜单、按钮和工具条,这些标准的部件提供 ArcView 的数据查询、空间分析以及地图输出工具,其他特有的评价模型则由 BASINS 的扩展模块

来运行。运行时通过把所需的数据转化成 ArcView 环境下相应模型能够利用的数据形式,然后通过动态链接传递给 GIS 环境下的评价模型进行模拟运算,模拟的结果返回到 ArcView 中,并通过数据表格、统计图表及专题地图的方式显示、输出^[2]。

BASINS 包括一系列执行环境分析的相关组件。这些组件是: 数据提取(Data Extraction)工具和方案定制(Project Builders)工具; 评价工具,包括污染控制目标分析(Target)、科学评价(Assess)和数据挖掘(Data Mining); 流域边界划定工具; 数据管理工具,包括数字高程(DEM)、土地利用(Land Use)、土壤(Soils)和水质观测(Water

y 收稿日期: 2004-11-03

基金项目: 福建省科技厅省青年人才创新资助项目(2001J054); 福州大学校人才基金资助项目(XJY-0110)。

作者简介: 蔡莞镔(1982—),男,硕士研究生,主要从事流域规划和模型理论研究。

Quality Observation); 流域特征报告; QUAL2E; HSPF; SWAT; PLOAD。

2 BASINS 系统结构

BASINS 系统必须借助 ArcView 平台运行, 在 GIS 软件环境下将输入数据转化为文件的格式, 以动态链接的方式直接传递给系统内模型使用。模型本身既能在 Windows 也能在 DOS 环境下运行, 模拟结果可直接输出亦可用做进一步的分析评价。值得注意的是, 当前的 BASINS 3.0 版本中, 模型界面、数据管理功能以及流域评价工具均作为了 BASINS 的扩展工具项, 也就是说用户在使用的时候可以从扩展工具项中根据需要选取并激活它们, 这样不但降低了运行 BASINS 系统的软硬件要求, 提高了系统的兼容性, 也为各扩展工具项的局部升级带来了方便。

BASINS 系统主要依靠 6 个部分共同完成流域和水质分析任务, 它们是: 系统环境数据库、分析评价工具、功能选项、流域特征报告、水质模型及流域模型。它们既各自独立又相互嵌套, 具体构架如图 1 所示。

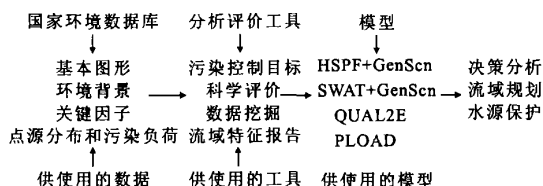


图 1 BASINS 3.0 构架图

Fig. 1 The framework of BASINS 3.0

2.1 国家环境数据库

基本图形数据包括行政区域边界、子流域边界、污染源方位和主要道路交通系统。环境背景数据包括土壤类型特征、土地利用、数字高程及河流网格等流域基础数据; 关键数据部分则包含水体水质、细菌、水文监测站、气象站以及鱼类和野生动物分布状况的相关数据资料; 点源分布和污染负荷数据中有污染物排放规模、年均污染负荷、有毒物质排放点、矿产与资源保护等数据资料。

2.2 分析评价工具

污染控制目标分析指的是对大范围全流域的概化分析, 让环境管理者能够对大片流域水质或污染负荷作出整体性评价。常被用来评估一个州, 甚至若干个流域的水质状况, 而后依据所选的参数标准

(如 BOD、DO 等), 输出评价结果。科学评价工具用来对某一个流域或是被限制的少数几个流域进行简单评价, 它所用到的数据污染控制目标工具基本相同, 所不同的是, 科学评价工具更侧重于对水体水质的各项指标进行科学分析, 考察河流流向和点源分布状况, 预测潜在的污染源, 研究污染物随时间的变化关系以及流域各水质参数间的相互关联等。数据挖掘工具允许用户对某一河流水质及周边污染源进行全面分析与评价, 它在不同数据之间建立了动态链接, 包含表格和图形数据, 这使该工具拥有强大的评价功能, 能够在分析中将地理数据和历史数据结合起来, 综合考虑多方面因素(如坡度、经纬度、气象等), 得出细致的评价结果。数据挖掘工具实现了从地域分析(污染控制目标工具)到流域分析(科学评价工具)直至具体的河流分析上的进步。

分析评价中的重点部分当属流域特征报告, 它直接为后续的模式处理工作提供大量科学可靠的数据资料。流域特征报告将分析评价的结果(关键的流域特征信息)以标准的报告形式呈现出来。用户可以利用它来描述不同流域范围内点源和非点源污染的各项特征, 并编成目录。这样的报告使用起来迅速且直观, 查找某项数据时亦十分方便。BASINS 中包含有 8 类特征报告: 点源污染报告; 水质报告; 有毒空气污染物报告; 土地利用和分布状况报告; 土地利用报告(栅格形式); 土壤类型报告; 流域地形报告; 流域地形报告(栅格形式)。

2.3 模型

2.3.1 HSPF 模型

水文模拟模型(HSPF)用于模拟流域内与水质相关的水体的输移与下渗等物理过程。它拥有用于模拟水质水量的运算公式, 同时含有与模拟相关的各类信息(包括对项目选择的描述, 参数的定义和输入数据的详细格式)。HSPF 模型采用 Fortran 语言编写, 有效克服了传统模型之间数据结构多样、资料收集与观测任务繁重、升级交流困难的情况。

(1) 一体化。最初 HSPF 中的各种功能和过程均来自于 4 个模型, 分别是 HSP、非点源模型(NPS)、农田径流管理模型(ARM)和沉积与放射物输移模型(SERATRA)。然而 HSPF 并不仅仅是以上 4 个模型的简单转化, 而是在新的系统环境下设计了一个适合各类模拟工具运行的体系结构, 并在四类模型重组的过程中提供了许多额外的扩展工具和插件。

(2) 层次化。HSPF 内部有良好的模型结构, 较

大的模块按照功能不同被划分为尽可能多的小模块,各功能模块之间又按一定的层次排列,这种层次性使 HSPF 能对大范围流域的水文过程做持续性的模拟。扩展升级时各模块间也不至于过多的相互影响。

(3) 自动化。HSPF 采用的是时间上连续的数据管理系统,它将一些可以在时间上连续存放的文件作为输入的数据源,同时那些输出的数据能够直接存为下一次运行的输入数据,从而保证了数据输入的连续性。

2.3.2 SWAT 模型

SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 是在 SWRRB 模型^[3] (Williams, et al., 1985; Arnold, et al., 1990) 上发展起来的一个基于长时段流域分布式水文模型的水土评价工具,由美国农业部(USDA)开发,用于模拟预测长期土地管理措施对于具有多种土壤类型、土地利用和管理条件的大面积复杂流域的径流、泥沙负荷和营养物质流失的影响^[4]。

SWAT 模型具有很强的物理基础,适用于具有不同的土壤类型、不同的土地利用方式和管理条件下的复杂大流域,能模拟多种情况下一定范围流域内各种复杂的物理过程,包括土地沙化、土壤盐碱化、流域水质变化以及化肥农药施用对土壤的影响过程等,并能在资料缺乏的地区建模,在世界各国,特别是美国、加拿大和欧洲有广泛的应用^[5]。

研究方法上,SWAT 模型基于 D8 方法、最陡坡度原则和最小给水面积阈值的概念^[6~9],对输入栅格型 DEM 进行处理,采用 SCS 模型模拟产流, Muskingum 法模拟河道汇流,应用 MUSLE(Modified Universal Soil Loss Equation) 和 Bagnold 泥沙输移方程来模拟流域泥沙负荷^[10]。SWAT 模拟的流域水文过程分为水循环的路面部分(即产流和坡面汇流部分)和水循环的水面部分(即河道汇流部分),前者往往控制着每个子流域内主河道的水、沙、营养物质和化学物质等的输入量,后者决定水、沙等物质从河网向流域出口的输移运动。

SWAT 模型的参数繁多,模型结构也相对复杂,主要体现在多层面、多角度数据的嵌套、复合上。它可以从多个方面立体、完整的对某一流域的水文特征进行综合性的描述和评价。通过子流域命令,进行分布式产流计算;通过汇流演算命令,模拟河网与水库的汇流过程;通过叠加命令,把实测的数据和点源数据输入到模型中同模拟值进行比较;通过输入命令,接受其他模型的输出之值;通过转移命令,把某河段(或水库)的水转移到其他的河段(或水库)

中,也可直接用作农业灌溉。SWAT 模型的命令代码能够根据需要进行扩展。

2.3.3 QUAL2E 模型

该模型是能够模拟多至 15 种参数的通用水质模型,可以运用于流域内存在等级关系的多条河流,采用有限微分方式来解决污染物在河流弥散作用下的分散规律。它是一个有效的水质规划工具,可模拟的水质参数有溶解氧、生化需氧量(BOD)、水温、叶绿素 a、有机氮、NH₃-N、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、有机磷、溶解磷、大肠杆菌、一种非守恒物质、三种守恒物质。

2.3.4 PLOAD 模型

PLOAD 是 BASINS 系统中用来计算非点源污染负荷量的模型,主要分析流域非点源的年负荷量情况,模型运行框架如图 2 所示。

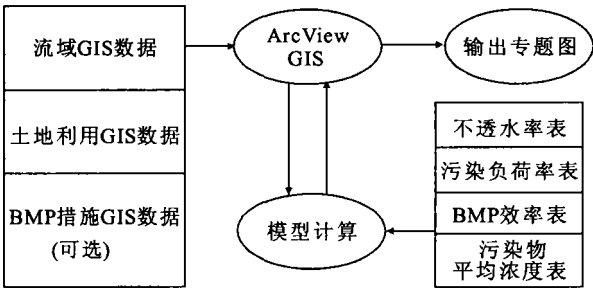


图 2 PLOAD 模型框架
Fig. 2 The framework of PLOAD

PLOAD 模型所需的数据分为 GIS 数据和表格形式的数据,输入的数据是以文件的方式传递给模型进行计算的。它所需的 GIS 数据包括流域边界数据和土地利用类型数据。PLOAD 在计算负荷量时是以不同土地利用类型进行分类统计计算的。此外,对于有“最佳管理措施 BMP”的区域,还可以增加 BMP 数据。对于各个子流域、各个土地利用类型及各类 BMP 措施都必须用唯一的 ID 编码来标识。PLOAD 可将流域图、土地利用类型图及 BMP 措施类型图进行叠加,计算出各个流域下各种土地利用类型和实施 BMP 的面积。

表格数据主要包括降雨事件污染物平均浓度表(EMC)、污染负荷率表、不透水率表和 BMP 效率表。一次降雨事件的污染物平均浓度数据通过对文献资料和流域降雨监测数据分析而获取。表中土地利用类型的 ID 必须与图形数据中的图元 ID 一一对应。不透水率表确定各种土地类型下的不透水百分数。BMP 效率表确定各种 BMP 措施下的污染负荷削减率。PLOAD 能够计算各种污染物的负荷,包

括 TSS、TDS、BOD、COD、氮和磷等。

3 对 BASINS 系统的评论

BASINS 系统的优点主要表现在: 新增网格数据系统, 包括 USGS 数字高程网格(比例尺: 1: 250 000); 用户可以将高程、土地利用、土壤类型、溪流、点源等数据以图形或数据文件的形式直接调入系统, 使数据关联更加灵活; 能够根据 DEM 状况自动对指定流域进行划分, 同时, BASINS 也能够自己生成模型需要的流域特征数据(如坡度、高程、河宽、河深等); BASINS 提供了更为灵活的人工编辑工具, 让用户可以自行描绘流域分布, 定义流域边界; 将土壤与水质评价工具 SWAT 合成进来, 拥有很强的物理机制, 能够利用提供的土地土壤信息模拟复杂大流域中各种不同的水文物理过程, 为流域最优化决策提供帮助; 水文模拟方面引进了 WinHSPF, 它在早期非点源模型 NPSM 的基础上加入了强大的地图显示和编辑功能; 开发了 GenScn 工具, 用来处理多种形式复杂的数据, 其中包括流域数据管理文档(WDM)、SWAT 模型输出文档和 BASINS 的水质观测文档等。WDM 文档用于存放 HSPF 模型中所需的不同时段的数据, 由于数据量十分庞大, BASINS 3.0 新增了 WDMUtil 扩展工具, 帮助 HSPF 管理 WDM 文档, 同时用户可根据需要对局部时段数据进行修改扩充。

BASINS 系统为模型与模型之间的数据调用、协同工作提供了绝好的平台, 然而它存在着一些不足, 主要表现在: BASINS 不是一个可以单独运行的程序, 必须借助 ArcView 软件环境(包括其中的扩展程序), 因此其构建成本相对较高; BASINS 系统的基础数据库均来自于美国国家地质调查局, 这使得在将 BASINS 系统推广到其他国家时, 需要人为做大量复杂而繁重的数据收集、链接和在线更新工作; 由于 BASINS 中包含有水质评价

模型, 这些模型各自的不足并未被 BASINS 填补, 如 SWAT 对短期径流的模拟精度较差, 在研究空间数据对非点源模型模拟结果的误差传递方面还有待加强, PLOAD 模型在进行费用效益分析时, 环境效益仍然不准确, 尚有未考虑的环境因素等, 这些都将作为今后研究中的新课题。

参考文献:

- [1] USEPA BASINS 3.0 User's Manual: System Overview[M/CD]. EPA-823-B-01-001, June 2001.
- [2] 周慧平, 许有鹏, 葛小平. GIS 支持下非点源污染模型应用分析[J]. 水土保持通报, 2003, 23(3): 60—63.
- [3] Arnold, J. G., J. R. Williams, D. R. Maidment. Continuous-time water and sediment-routing model for largebasins[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1995, 121(2): 171—183.
- [4] Neitsch, S. L., J. G. Arnold, et al. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation* [EB/OL]. Temple, Texas, Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, 2001. <http://www.brc.tamus.edu/swat/swat2000doc.html>.
- [5] Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry, et al. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, Version 2000* [EB/OL]. <http://www.brc.tamus.edu/swat/>. 2001.
- [6] Douglas, D. H. Experiments to locate ridges and channels to create a new type of digital elevation models[J]. *Cartographica*, 1986, 23(4): 29—61.
- [7] Fairfield, J. P. Leymarie drainage networks from grid digital elevation models[J]. *Water Resources Research*, 1991, 30(6): 1681—1692.
- [8] Mark, D. M. Automatic detection of drainage networks from digital elevation models[J]. *Cartographica*, 1984, 21(2~3): 168—178.
- [9] Martz, L. W. J. Garbrecht numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models[J]. *Computers and Geosciences*, 1992, 18(6): 747—761.
- [10] Arnold, J. G., R. Srinivasan, R. S. Mutiah, et al. Large area hydrologic modeling and assessment part1: model development [J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 1998, 34(1): 73—89.