

地理信息系统应用模型实现技术研究

王 桥^{1),2)} 陈锁忠²⁾ 阎国年²⁾ 杨 旭²⁾

¹⁾(国家环境保护总局信息中心, 北京 100029)

²⁾(南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室, 南京 210097)

摘 要 地理信息系统的应用模型是其空间决策支持系统的核心,因而对应用模型和模型库管理系统的开发以及应用模型实现技术的研究,已成为地理信息系统深入应用的关键所在.通过对地理信息系统技术发展及其功能的回顾,分析了目前GIS应用模型实现的一系列有关技术问题,并针对存在的问题,提出了关于模型的有效管理、模型的共享与安全、GIS与应用模型的集成、模型库与数据库的通信机制、模型的可视化及其互操作等问题的解决方案与途径,最后以长江水体的二维污染扩散模型为例,阐述了模型实现的方法和技术.

关键词 地理信息系统 应用模型 模型管理 模型实现技术

中图法分类号: P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)09-0912-06

Technical Research for Carrying out the GIS's Applied Models

WANG Qiao^{1),2)}, CHEN Suo-zhong²⁾, Lü Guo-nian²⁾, YANG Xu²⁾

¹⁾(Information Center of State Environment Protection Agency, Beijing 100029)

²⁾(Jiangsu Provincial Key Lab of Geographical Information Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097)

Abstract It is quite important for the GIS's applied models to support their special decision system. So the development of the management system of the applied models, their base and the research of the realizable technology has become the key to GIS's further application. In the paper, series of technical problems in relevance to GIS's applied models have been analyzed in retrospect of GIS's technical development and its function. At the same time, relevant programs and approaches have been put forward in order to solve such problems as model's effective management, sharing and security, the integration of the GIS and applied models, the communication mechanism of model base and database, model visualization its mutual operation and so on. At the conclusion of the paper, in combination with the "Ninth-five" plan, "the demonstration system for the spacial information share and service of the environment protection will be built", the model realization of the approach and technology has been described, with an example of the planar pollution and diffusion models in Yangtze River.

Keywords GIS, Applied model, Model management, Model's realizable technology

0 引 言

随着GIS技术的发展及其应用领域的扩大,GIS的简单分析功能已远远不能满足需要,尽管大多数GIS软件能通过其宏语言或内部函数提供统计分析等基本的分析手段,然而地学工作者及其他GIS使用者往往需要功能更为复杂、强大的应用分

析模型(包括数学模型、环境模拟模型等).正如中国测绘学会地图学与GIS专业委员会(1997)所指出的,当前GIS进一步发展面临的主要问题之一是:“以数据的采集、存储、管理和查询检索功能为主的GIS不能满足社会和区域可持续发展在空间分析、预测预报、决策支持等方面的要求,直接影响到GIS的应用效益和生命力”^[1].

GIS 近几十年的发展经历了不同的阶段. 早期的 GIS 主要侧重于数据存储更新、查询检索和统计制图;到了近期,许多系统都增加了模型应用功能,从而加强了 GIS 的分析功能,使 GIS 的应用范围得到了很大的拓展,应用水平也得到了较大的提高;近年来,GIS 开始向空间决策支持系统方向发展,对应用模型的依赖,特别是对模型分析、模拟能力的依赖表现的更为明显. 应用模型的使用和发展,已成为 GIS 进一步发展的重要前提和现代 GIS 发展水平的重要标志. GIS 应用模型系统是当前 GIS 领域十分活跃的研究领域.

国外,Blaning 在 1980 年提出了关于 GIS 模型库的概念,并用模型库查询语言(MQL)来管理模型;1984 年,Dolk 等提出了基于框架和知识表达的模型抽象技术;1987 年,Geoffrion 设计了一套结构化模型构造语言,首次将结构化程序设计思路植入模型生成问题;1988 年,Muhana 等又将系统论的概念用于模型管理系统;1993 年,Liang Ting-peng 将推理知识学习方法融进了模型管理系统;Vanhee 建立了基于模型概念的模型运行环境系统;1996 年,Wesseling 设计了动态模型语言来支持空间数据结构;Leavesley 等人开发了模块化模型系统(Modular Modeling System),将 GIS 与模块库(实质上是一个单元模型库)集成一个模型开发系统^[1]. 国内,自 90 年代以来,在 GIS 模型库系统(MBS)平台、模型字典(MD)、模型的标准化、模型的集成以及面向对象的模型库等方面都进行了深入的研究,GIS 模型的设计和实现技术有了较程度的发展,并在水资源和水环境管理等方面得到了广泛的应用^[1~4].

鉴于 GIS 应用模型具有空间性、动态性、多元性、复杂性和综合性等特点,模型库系统的设计与开发还是一个具有相当难度的工作. 迄今为止,国内外在这方面都进行了不少研究,但多是针对具体的应用领域而开发的系统,这种系统一般只适用于特定领域,当面对其他应用领域的问题时,又必须对系统进行较大的修改甚至需要重新开发,而从头开始建立一个模型系统无疑是一项很复杂、很费时的工作. 因此,需要一种更经济和更灵活的模型库系统开发环境,以便各个领域的专家都能利用它来快速有效地建立特定领域的模型库.

1 GIS 应用模型实现 技术目前存在的问题

1.1 GIS 应用模型的实现是一个跨学科的问题

人们希望能够类似数据库系统管理数据那样方便地管理模型,模型库系统早年就是适应这种需要提出的,但模型远比数据复杂,若建立一个通用的应用模型库系统平台,则更加困难,且存在着跨学科的问题. 由于不同的学科和研究领域所涉及的研究内容不同,相应的应用模型也截然不同. 应用模型库系统通用平台的建设所涉及的模型标准化问题,不仅是纯技术问题,它还涉及到学科、部门的协调合作以及行政管理部门的参与和支持等诸多问题,这些问题在一定意义上说更具有挑战性.

1.2 GIS 应用模型的管理问题^[5]

从 GIS 应用模型的建立和使用过程看,还存在不少值得注意的问题. 模型建立在整个 GIS 研制所投入的精力中占的比重过大,模型相互重复、使用率不高的现象比较严重. 在很多情况下,模型都是被作为应用程序的组成部分,嵌入应用程序. 在这种管理下的模型,其共享性和灵活性都很差. 随着对 GIS 应用模型需求量的不断增大,上述问题将表现得越来越突出.

1.3 GIS 应用模型标准化问题^[5]

GIS 中引入模型库和模型管理系统等概念,导致了空间决策支持系统(SDSS)的发展. 这种发展使 GIS 驱动机制从数据库及其管理系统的驱动机制转变成了模型库及其管理系统的驱动机制,模型成为了系统的驱动核心,从而使 GIS 不仅可为用户提供各种所需的空信息,即数据级支持,而且还可提供实质性的决策方案. 为了有效地管理和使用模型,首先需解决模型的标准化问题,如同数据标准化对 GIS 技术发展所起的重要作用一样,模型的标准化对 GIS 的空间决策技术的发展也有着十分重要的基础意义,这一问题已开始引起国内外有关学者的重视. 但总的看来,模型标准化问题的研究仍是一个薄弱环节,研究进展还很难满足 GIS 的空间决策技术的迫切需要.

1.4 GIS 应用模型共享和安全问题

模型库是将众多的模型按一定的结构形式组织起来,通过模型库管理系统对各个模型进行有效的管理和使用. 通常模型库由字典库和文件库组成,利用字典库对模型的名称、编号、模型的文件等进行说

明. 模型文件中主要是源程序文件和目标程序文件, 模型文件以文件形式直接存放在外存的某一目录下. 显然采用这种方法方式存在诸多如模型共享、安全等问题.

1.5 GIS 与应用模型集成方式

GIS 应用系统中的应用分析功能的不足已经直接影响到 GIS 应用的进一步推广和深化. 如何有效地重用已开发的各类专业应用模型, 有效地将其与应用 GIS 系统集成, 同时在今后的模型开发中, 如何解决模型与 GIS 系统的易集成性, 以提高 GIS 应用系统的开发效率, 缩短开发周期, 已成为 GIS 应用系统开发工作者广泛面临的问题. 现有应用模型的主要存在形式有 4 种: 源代码、函数库、可执行程序与模型库. 相应的与 GIS 集成方式有源代码方式、函数库方式、可执行程序方式、DDE 和 ActiveX 方式以及模型库方式. 前四种集成方式虽然都具有自身的优点, 但也都存在很多不足之处. 例如可读性、灵活性和扩充性差, 系统效率和稳定性低. 模型库集成方式是将模型从模型库中动态地调入内存执行. 尽管模型库研究随着决策支持系统的发展在近十年来取得了很大的进展, 但是, 在模型的操作方面, 目前并没有形成完整的理论体系, 特别是模型的自动生成、半自动生成方面离真正实用化尚有一段距离.

1.6 GIS 应用模型表达语言接口问题

GIS 模型表达有 3 个层次的语言, 即自然语言、数学逻辑语言和计算机语言. 他们之间的差异造成了很大的信息损失和误差. 如何在 GIS 模型库系统中建立三者之间的良好接口, 增强模型的生命力, 应是 GIS 模型库系统研究中必须关注的问题.

1.7 GIS 应用模型库与数据库的通信机制问题

GIS 应用模型的运行, 需要地理信息基础数据和模型数据的支撑. 模型库管理系统中, 模型库和数据库是相对独立的, 但模型和数据之间存在一对一、一对多和多对一的对应关系. 模型和数据之间的通信机制将直接影响模型运行的速度.

1.8 GIS 应用模型的交互操作问题

与 GIS 分析功能不足相对的另一方面的问题是, 在各个专业应用领域, 都有许多具有很大使用价值的应用模型, 比如水文研究领域使用的众多产汇流模型、水质模拟模型等. 但这些模型往往缺乏直观、友好的图形界面以及对空间数据分析显示等方面的支持, 尤其是较早时期开发的基于 DOS 环境的模型

与现在的 GIS 相比, 在图形数据的查询、显示、输出等方面往往相形见绌^[6,7].

2 GIS 应用模型宏观实现技术

2.1 加强模型库系统平台(MBS)建设

基于 GIS 应用模型的特点, 应当开发一个模型库系统的通用开发工具, 或模型库系统平台. 模型库系统平台是一个独立于具体应用领域的, 对模型进行分类和维护, 支持模型的生成、存储、查询、运行和分析应用的软件系统. 模型库系统平台能方便用户快速建立其特定领域的应用模型库, 同时尽量减少和避免不必要的重复开发, 为各个应用领域的专家提供一个模型管理和维护, 支持空间分析与模拟的通用工具. 它主要包括模型库、模型库管理系统、以模型库为基础的应用程序和模型管理员等 4 部分组成, 其总体框架如图 1 所示.

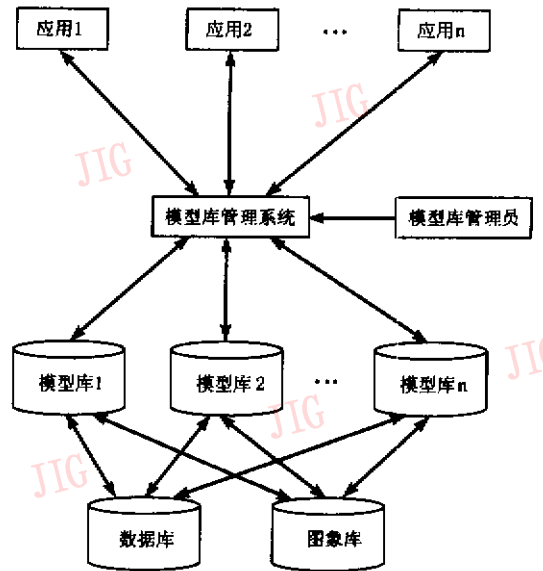


图 1 模型库系统平台的总体框架^[2,5]

2.2 建立模型字典, 实现 GIS 模型的标准化

模型字典是模型库管理系统的核心, 模型库管理系统通过模型字典有效地组织和管理各种元数据以及其他相关文件, 从而实现对模型资源的有效管理. 模型字典一般反映下列一些内容: 模型的分类与编码、模型的应用状况、模型的使用条件及范围、模型输入/输出要求、模型方法及功能描述、模型共享与开发信息等. 一种基于通用考虑的模型字典设计方案见图 2 所示.

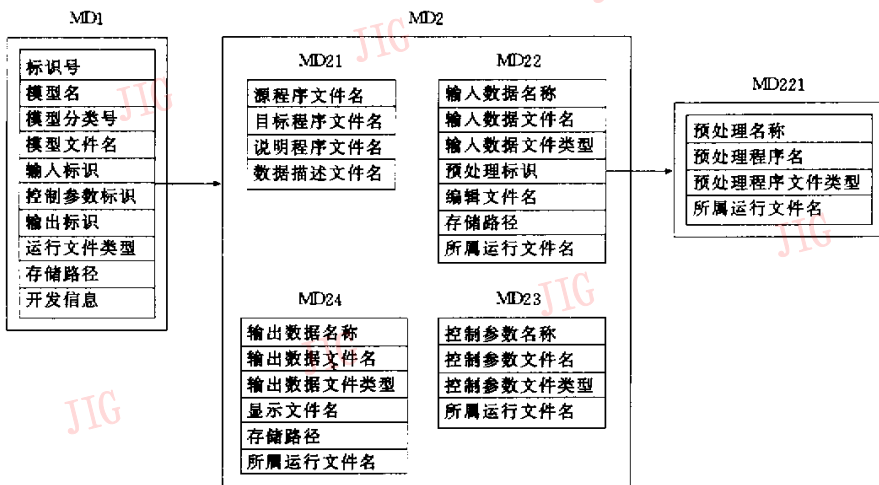


图2 一种基于通用考虑的模型字典方案设计图

模型的标准化意味着模型的封装性和继承性,而这种封装性和继承性的实现,很大程度上体现在模型字典和模型结构形式上。模型字典封装所有模型具有的共同属性和这些属性上的操作;模型结构形式封装模型内部的接口和内部行为操作。

2.3 面向对象的模型设计,解决模型共享和安全问题

面向对象是一种认知方法学,面向对象的模型库的组织与存储是目前解决模型共享、模型安全等问题的主要方法。面向对象模型开发是基于面向对象分析(OOA)、面向对象设计(OOD)和面向对象实现(OOS)的系统开发技术。面向对象的模型设计可以采用图 3 形式建立面向对象的模型。对已有模型程序文件也可以用类似的方式改造为面向对象的形式^[4,8]。

Class Example: public Model

```

{
  数据部分:
  (1)输入参数表
  (2)输出参数表
  方法部分:
  (1)构造函数和析构函数
  (2)取出与存储操作
  (3)模型执行方法
  (4)Static Bulid()
  (5)其他模型方法
}

```

图 3 面向对象模型设计图

模型之间的调用可通过对象提供的接口方法实现,在修改已投入应用的模型时,不应改变已有接口方法名称,以免影响其他模型正常工作。模型的开发可参照部件对象模型(COM)和分布式对象模型(D COM)。对于模型在模型库中的组织与存储,可采用面向对象的空间数据模型和面向对象的数据库将一个空间决策问题中的模型和模型库存放在同一个库中,同时可采用面向对象的方法表示模型库框架。框架用“类”来描述,实体用“类的对象”描述,框架的槽用相应的“属性”来描述^[3,8]。

2.4 采用 ODBC、ADO 和 DAO 技术解决模型与数据的通信机制

模型和数据通用接口可作为一个软插件嵌在开发专用模型系统的程序中,采用 ODBC、ADO 和 DAO 技术实现模型与数据集成接口。将模型字典、数据字典分别以表的形式存放在数据库中,通过派生 Crecord set 类和 Crecord View 类对各字典表进行数据操纵,从而可通过在 ODBC、ADO 和 DAO 所提供的截面上编程来实现字典维护功能。模型库与数据库集成接口的实现主要也是通过字典信息的描述进行控制^[6,9]。

考虑到模型与数据集成接口的通用性,则必须设立供参数传递的不同情况下不同的数据库连接要求。以下给出模型库—数据库存取流程示意图(图 4),说明模型库与数据库继承通用接口支持模型运行的实现。

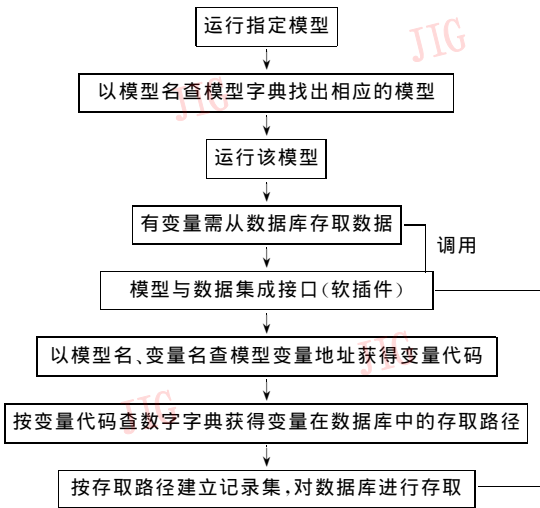


图4 数据库存取流程示意图

2.5 构建组件式应用模型,实现与GIS的无缝集成

组件化是GIS模型开发的发展趋势,它体现了完全面向对象的思想,具备面向对象设计要求的封装性、多态性、继承性和动态链接等特性.组件模型指以组件形式存在的应用模型.当前地理信息系统软件已经或正在由过去厂家提供全部系统或者有部分二次开发功能的软件,过渡到提供组件由用户自己再开发的方向上来.组件模型符合这种组件式地理信息系统发展潮流.构建GIS组件式模型时,可采用由Microsoft推出的ActiveX与由Javasoft推出的JavaBean组件技术.应用模型的组件化,将极大地促进GIS应用模型的集成应用.尽管现有一些GIS工具软件不支持使用软件组件进行二次开发,但GIS应用系统开发者可以使用可视化编程工具,如Visual C++, Delphi等作为开发平台,利用GIS工具组件与模型组件,开发出高效无缝而且适应未来网络环境需要的集成系统^[6,7,9].

2.6 模型可视化及其互操作

对于GIS中的应用模型来讲,空间分析和交互操作应是其重要的功能,而可视化是其不可缺少的组件之一.应用模型可交互性的设计可分3个层次:数据参数层次、变量层次和模型结构层次.可采用面向对象的处理方法实现应用模型的互操作.(1)根据应用模型基类(CappModel)定义模型的对外借口,各个模型重载这个接口,完成模型的具体操作;(2)系统对应用模型的操作则主要借助于对象之间发送消息来进行,消息常被设计成一组标准的相关消息(协议),每一类都用这种协议来生成、修改、删除、存取与测试,结构化模型对象能够响应任何子类所能

响应的协议.模型管理系统还可以把参数作为消息传递给模型类,使模型根据传来的消息创建实例,并作为一个对象继承模型类的所有属性操作,经过实例化,满足用户的需要;(3)模型对数据库的访问也可以按继承关系处理,在事先定义一个数据访问类的基础上,提供模型对数据库中数据存取的标准方法,一般模型通过继承该类来存取所需的数据,特殊模型可通过重载其中的访问来完成特殊的数据存取访问^[1,3,4,9].

3 GIS应用模型实现实例

以长江水体的二维污染扩散模型为例,说明上述GIS应用模型实现技术的应用.其中模型字典库的组织采用数据库式的表结构及其他有关大江和大河二维污染模型的记录样例,存储路径包含在文件名中,模型文件库按模型文件类别存储.

整个模型包括GIS空间查询、河流弧段的提取、有限元网格的剖分、数字高程模型的提取与计算、水流模型计算和污染物扩散模型6个子模块.模型的驱动采用人机交互与可视化的表达方式,图5~图7为模型驱动的部分交互界面和结果的可视化表达.



图5 二维水环境污染扩散模型流场表达之一

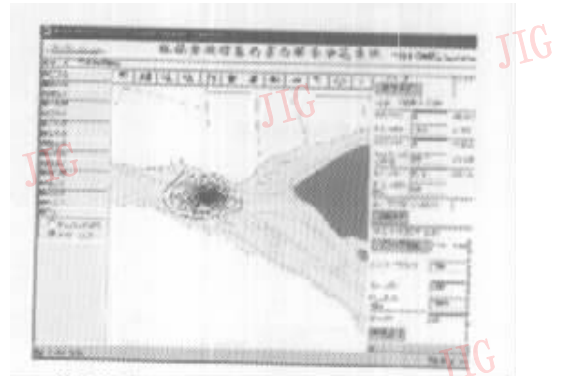


图6 二维污染扩散模型运行结果的二维表达(第一个时段)

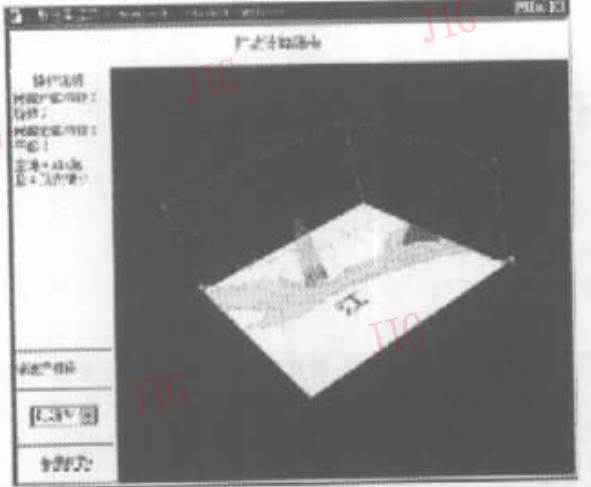


图7 二维污染扩散模型运行结果的2.5维表达
(第24个时段)

4 结语与建议

GIS应用模型系统的发展将改变当前大多数GIS应用系统空间分析与空间模拟功能相对较弱的现状,是最终实现GIS向空间决策系统转变的必由之路.应用模型库系统通用开发平台建设是实现GIS应用模型有效管理的关键,应用模型与GIS的集成必须根据模型的存在形式,分别采取不同的集成方式,其中模型的组件化是实现GIS与应用模型集成的最有效的软件技术手段.面向对象的应用模型设计是解决模型的共享和安全性较好的方法,模型之间的调用可通过对象提供的接口方法实现.

随着面向对象的知识库系统技术的发展,人工智能与知识工程技术在GIS应用模型库系统中具有很大的应用潜力.开发和完善模型自动、半自动生成技术,发展具有一定智能水平的构模工具;以及协助用户选择合适的分析模型将成为GIS应用模型开发的一个重要研究方向.

参考文献

- 1 宫辉力等.地理信息系统的模型库的研究[J].地学前缘,2000,7(增刊):17~22.
- 2 王桥,吴纪桃.空间决策支持系统中的模型标准化问题研究[J].测绘学报,1999,28(2):172~176.

- 3 苏理宏,黄裕霞.基于知识的空间决策支持模型集成[J].遥感学报,2000,4(2):151~156.
- 4 阎守邕等.空间决策支持系统开发平台及其应用实例[J].遥感学报,2000,4(3):239~244.
- 5 王桥,吴纪桃.GIS中应用模型及其管理研究[J].测绘学报,1997,26(3):280~283.
- 6 郭朝珍.模型库管理系统的设计与实现[J].福州大学学报,1998,26(3):17~19.
- 7 肖劲峰等.模型库系统平台的研究[J].遥感学报,2001,5(2):135~141.
- 8 童小化.面向对象思想方法及其在地理信息系统开发中的应用[J].计算机应用研究,1997,(2):8~10.
- 9 王保江等.基于构件的模型库和方法库的设计和实现[J].北京航空航天大学学报,1998,24(4):418~421.

王 桥 1957年生,研究员,博士生导师,现为国家环境保护总局信息中心主任、南京师范大学特聘教授.主要从事GIS、RS理论与应用研究.出版专著3部,发表论文40余篇.

陈锁忠 1965年生,高级工程师,1986年毕业于河北地质学院水文地质与工程地质专业,现为南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室博士研究生.主要研究科学计算三维可视化技术、GIS应用模型.已发表有关论文20余篇.

阎国年 1961年生,教授,博士生导师,1987年获南京大学自然地理学专业硕士学位,1990年获中国科学院地理所资源与环境信息系统国家重点实验室博士学位.主要从事GIS及虚拟现实技术研究.出版专著和地图集6部,发表论文40多篇.

杨 旭 1972年生,1994年毕业于南京师范大学计算机科学系,现为南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室硕士研究生.主要从事科学计算的三维可视化技术和多媒体技术研究.