

文章编号: 1007-4619(2003)05-0412-08

# 基于图形的可视化地学建模环境

万 庆<sup>1</sup>, 万洪涛<sup>2</sup>, 丁国祥<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 资源环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;  
2. 中国水利水电科学研究院 防洪减灾研究所, 北京 100038)

**摘要:** 概念地图是一种用于支持知识构建及知识共享的方法。通过概念地图, 可以有效地创建知识, 将不同用户及专家的知识以概念实体与概念关系的形式组织, 以图形化的形式加以表示, 来支持地学模型建模。基于概念地图的地学模型建模过程包括系统模型描述、用户模型定义、模型建造、模型解释与转换以及 CASE 生成几部分。随后, 详细讨论了模型支持系统的应用特点。基于概念地图的空间模型建模的环境和工作流程。最后, 利用永定河的水利工程等背景资料, 建立了小清河分洪区背景信息的概念地图模型。利用建立的概念地图模型, 在可视化建模环境下, 建立了永定河洪水模拟模型。对洪水模拟结果和流域的社会经济统计数据进行叠加分析, 得到了令人满意的洪水灾情评估结果。

**关键词:** 概念地图 地学建模, 计算模型 小清河分洪区 洪水模型

中图分类号: P208 文献标识码: A

## 1 引言

在地学领域, 各类地图的表示方法是最传统、也是最普遍的可视化方法。地理环境可视化也是地理信息系统和空间决策支持系统的一个重要内容<sup>[1]</sup>。然而, 在地理信息系统、地学可视化、虚拟环境等领域的研究中, 用户与系统的交互长期被忽略, 大部分的研究主要着眼于在技术上改善图形显示的效果和速度, 在操作上为用户提供更为方便易用的专题地图的制作工具, 在内容上则主要为数据或结果的表达。而对于可视化和图形表达到底用来解决什么样的问题, 并没有太多的考虑, 图形化的分析和模拟的研究也相对较少<sup>[2, 3]</sup>。如果从解决问题的角度和以人为主的系统观点理解, “可视化”的主要功能是“透视不可见的现象和知识”<sup>[4]</sup>。从知识管理的角度理解, 也就是要把专家头脑中隐性知识表达出来, 并得到一定程度的外化(明示)<sup>[5]</sup>。因此, 可视化可定位为信息和知识的可视化, 即通过一种形象化的方式对信息和知识进行抽象、符号化和数字化。

Jankowski 和 Nyerges<sup>[6]</sup>的研究表明, 在目前所有的空间决策过程中, 地图的作用是非常有限的, 远远没有发挥出其应有的作用, 地图的作用主要限于对各种决策方案评价结果的可视化表达, 而对问题理解和问题定义几乎没有起到作用<sup>[7]</sup>。地图到底应该在空间决策过程中起到一个什么样的作用呢? Canas<sup>[8]</sup>曾经指出: 即使是对于同样的数据而言, 不同的信息搜索任务, 亦需要不同的图形表达方式来支持。因此, 对于空间决策问题及其分析过程而言, 不同的任务也可能需要不同的地图内容及其表达方法来给予支持。

概念地图是一种用于支持知识构建及知识共享的方法。通过概念地图, 可以有效地创建知识, 将不同用户及专家的知识以概念实体与概念关系的形式组织, 以图形化的形式加以表示。同时, 这种图形化的知识可以反映不同的人对同一事物的不同认识, 从而易于知识共享。将 CM 与地学中的模型相结合, 便于研究地学问题的复杂性与不确定性, 有助于地学知识的分解、模型要素的构建及模型的改进。

收稿日期: 2002-03-17, 修订日期: 2002-08-06

基金项目: 中国科学院知识创新工程领域前沿项目(CXIOG-D00-05)及 STA fellowship(100025) from JST Japan 资助。

作者简介: 万庆(1964—), 男, 研究员。从事地理信息系统的理论、技术与应用方面的研究。近几年的主要研究兴趣包括: 互联网地理信息系统、地理协同工作与群体空间决策支持系统、时间 GIS、地理信息系统在环境与灾害管理中的应用等。

万方数据

## 2 概念地图及其作用

人类解决问题的过程实际上就是信息和知识的获取、识别、分析提炼和应用的过程。在“知识”的概念中,一个特别重要的内容是完全掌握在个人(如领域专家)手中的隐性知识。在实际的解决问题和决策的过程中,这种隐性的知识尤其重要。然而,对于一个组织或群体来说,隐性知识有一个不可忽视的特点,即有可能随着人员的变化而流失。概念地图为我们提供了一种方法和框架,使这些隐性的知识形式化,从而使人们可以共享并重复利用这些隐性知识,以帮助人们解决新问题,做出合理的决策。

概念地图是Novak和Gowin最早于1984年提出来。概念地图是一种以图形形式表达知识的一种技术。这种知识的图形形成概念网络。网络由节点(Node)与链(Link)组成。节点代表概念,链代表概念间的关系。概念地图是有向的非循环的N-维图形,该图形由M个概念{C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, …, C<sub>m</sub>}以及N个非空的关系{R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, …, R<sub>n</sub>}组成。概念地图是以图表——严格地说是以图形来表示的,用来组织或表示知识。对于概念地图的理解,可以从3个方面来进行:概念、关系与学习。概念指现实世界事件或对象中可以感知的规则或记录,用文字标注表示。文字标注可以是一个或多个词,既可以是简单的也可以是复杂的。比如“堤坝、洪水模型等,这些都是概念,通常为语法中的名词或形容词。关系指用来连接概念并表示概念间联系的链,通常为具有文字标注的线。例如“提坝是水利工程”这个语句中“是”连接了两个概念“提坝”和“水利工程”。关系通常为“动词”。在概念地图中,如果把“提坝”和“水利工程”分别用文本框表示,用一条线段将两个文本框连接起来,再在线段的旁边注上“是(is)”,就形成了一个概念地图。

已发表的研究成果表明,概念地图主要是被用来以一种可视的、图形化的形式来获取、表达、保存和共享专家头脑中的隐性知识的工具。实际上,所谓知识在本质上就可以理解为是关于概念及概念之间关系。因此,概念地图在专家系统的研究中得到了较多的应用,如专家系统开发中的知识获取<sup>[9]</sup>、知识解释<sup>[10]</sup>等。NASA也曾用概念地图的方法作为保存专家知识的手段。此外,Jonassen, Beissner和Yacef<sup>[11]</sup>提出了关于建立和开发概念地图的程序性步骤,以指导概念地图的应用。Canas等人<sup>[12]</sup>则开发了一套

交互式的工具,可以在互联网上生成和处理概念地图,并支持用户通过web浏览器访问,以实现概念地图及其所表达的知识的共享。但是,这些工具还只是实现了对包含在web页面中的概念地图本身的访问,并不支持对于概念地图档案库的查询和检索,从而限制了其在解决实际问题时所能发挥的作用<sup>[8]</sup>。

概念地图主要是作为知识获取和知识表达的方法和工具而在诸如学习、知识管理、专家系统等领域中被研究和应用。除此以外,概念地图至少还可以应用于系统理解和分析,并且可以成为系统建模的一个非常有用的工具。在地理信息系统和空间决策支持系统的研究中,概念地图应该在以下几个方面发挥其作用:(1)系统建模的工具和方法,把系统的组成要素(对象)作为概念地图中的概念列出来,各个要素(对象)与其他要素之间的相互作用作为概念地图中的关系,描述出当某一个事件发生在某个对象上时,会引起其他对象的什么变化,例如大坝(对象)放水(事件),下游河道(对象)水位上升(变化);(2)知识表达的方法和工具,即传统的概念地图的功能,可以用来实现系统中用户交流和用户知识管理的功能;(3)在基于案例的推理和决策支持中,对案例库进行组织和维护。

## 3 基于概念地图的地学模型支持系统

模型是人们认识和研究客观事物,进行科学决策的有效方法之一。大量的研究表明,在以系统科学和系统工程为核心的软科学研究领域和决策支持系统的研究中,存在着很多模型失败的例子<sup>[13]</sup>。模型应用失败的原因当然是多种多样的,其中几个主要的原因是<sup>[14]</sup>:(1)建模所需要的数据难以获取,或者不能满足建模的要求。例如,由于管理体制的变化,或数据统计的度量系统发生变化,造成已有的历史数据变成无法使用的数据,或者需要经过复杂的处理后才能使用,从而使已有的模型失去效用。(2)往往花费很长的时间和很大的代价所建立的模型却不能反映变化后的环境,使模型建立以后,模型所模拟的对象发生了变化,而模型未能及时地反映这种变化,造成模型的计算值与实际的观测值之间存在很大的差异。(3)对于复杂的、综合性很强的问题,建模工作十分困难。(4)管理人员很难理解复杂的模型,在进行重大问题决策时,有意无意地会排斥他们不理解的建议和方案。此外,传统的模型计算结果往往只是一串数字,缺少决策人员所需要的直

观说明与表达。(5)传统的建模方法没有使决策者在利用模型做决策的过程进行充分的交互,即使有所交互,通常也只限于提供必要的数据和参数值。

基于概念地图的空间模型支持系统是一个利用概念地图的思想,通过对地理地图对象的操作而实现的、完全可视化的模型构造过程。从功能模块和工作流的角度来看,整个模型支持系统包括 5 个主要的功能部件:系统模型描述、用户模型定义、可视化模型建造、模型解释与转换、案例(case)生成。

### 3.1 系统模型描述

采用概念地图方法,用概念地图将模型所要表达的系统要素、系统过程、各系统要素和过程的数学描述等表达出来。在这一阶段,关键是要把各个要素之间的关系表达清楚,使非模型构造者也能完全理解模型的原理,并能根据这个模型描述,构造实际的模型(如洪水模拟模型)。从这个角度来说,用于模型描述的概念地图相当于一个建模指南,就像软件的用户手册一样,是一个比较通用的、表达模型原理的系统模型描述。

### 3.2 用户模型定义

系统提供一套构造和编辑概念的工具,用户可以用这套工具构造自己的模型描述,并通过定义热连接文档的方式,将其对问题的理解以及构造模型的思路,以合适的文档类型(文字、地图、图表等)加以说明和存档,从而可以在一定的程度上实现个人隐性知识的表达、共享和再利用。系统提供的缺省模型描述可以作为用户定义模型时的模板,用户可以在这个模板的基础上,通过增加、删除、修改“概念”或“关系”来构造自己的模型。

### 3.3 可视化模型建造

模型定义过程使用户建立了一个逻辑模型框架,这一步则让用户往模型框架中加入具体的模型要素和相应的参数,形成一个真正意义上的、针对某个实际的地理区域具体问题的模型,相当于是一个从逻辑模型向计算机模型转化的过程。该过程是一个面向地图环境的、可视化的建模过程。

用一个图形对象,比如一个 icon 或一个窗口,表示上一步建立的模型框架。模型中的各个组成要素,可以从地图上直接获取并用拖 - 拉的方式加入到模型框架中(例如,可以直接从地图中抓一个闸,并将其拖入模型框架中),系统会根据模型定义结

果,自动地将其放在模型中合适的地方,如果该对象需要定义参数,系统会再弹出一个对话框让用户定义参数。直至把模型框架中的第一个对象都定义完毕,也就完成了模型构造的工作。

### 3.4 模型解释与转换

“模型建造”过程建立的仍然是一个用形式化方法表达的地理模型,若要对其加以应用,还必须将其转换为结构化的计算机程序。为此,必须为系统开发一个模型解释器,其功能是将以概念地图为载体的模型解译为计算机程序,并进行机器运算。

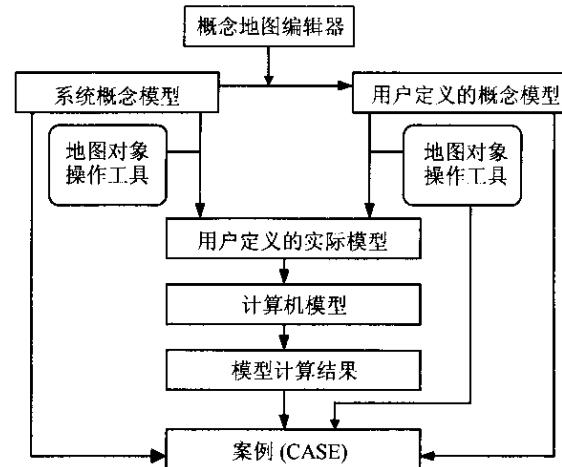


图 1 基于概念地图的空间模型支持系统的结构和工作流程图

Fig. 1 The spatial model scheme based on concept map

### 3.5 CASE 生成

对用户模型定义和模型建造中得到的结果,以及解译所得到的计算模型运算结果都可以记录存档,形成案例(case)。每一个案例(case)包括一个(或多个)概念地图(表示模型的原理和逻辑框架),对概念地图中每一个“概念”和“关系”的详细说明,以及模型的运行结果等。基于概念地图的空间模型支持系统的结构和工作流程如图 1 所示。

## 4 模型支持系统的实现

基于概念地图的可视化地学建模环境系统使用 Java 语言基于 WebGIS 的框架实现。应用 ArcIMS 与 MapObjects Java Edition 开发,实现空间数据的管理、传输与地图显示功能,并使用 Java 在服务器端开发了模型服务器与可视化概念建模工具,对概念模型

进行管理。Java语言具有开放性与跨平台的特性，可实现跨平台的可视化建模环境。

#### 4.1 模型系统的结构

基于概念地图的可视化地学模型系统的实现，应用了客户端/浏览器(Client/Server)结构，如图2所示。ArcIMS与模型服务器、Web服务器一起构成服务器端，ArcIMS主要用来处理客户端的数据请求，管理空间数据，模型服务器用来管理基础模型，以及系统或用户定义的概念模型。ArcIMS与模型服务器通过Servlet与Web服务器相连。客户端主要由可视化地图交互界面与可视化概念建模工具组成。可视化概念建模工具用来创建、修改、游览服务器中的概念地图，并将其以XML格式保存到服务器中；可视化地图交互界面可以地图的形式显示空间数据，应用数据绑定技术读取服务器中存储的概念地图，并使用概念地图解析器对绑定后的概念地图进行解析、推理、计算，并将模型的计算结果反映到地图中。客户端与服务器端通过HTTP协议使用XML进行通讯。将WebGIS与可视化概念建模工具相结合，可以构造分布式的可视化建模环境。

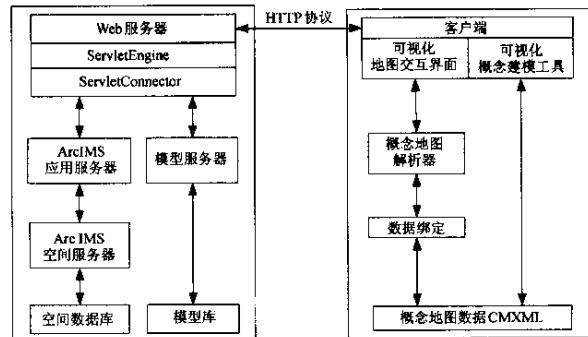


图2 可视化地学建模环境系统结构图

Fig.2 The visual geo model construction scheme

#### 4.2 概念地图的数据结构

概念地图是用来描述概念及其之间相互关系的，可以用多种方式进行记录说明，如使用基于图形的描述语言PGML(Portable Graph Modeling Language)。在分布式的概念地图可视化建模环境中，采用XML对概念地图进行定义。

XML(eXtensible Markup Language，可扩展标识语

言)是W3C(World Wide Web Consortium)组织为了适应Internet的发展，克服HTML对内容描述不足所推出的新型Web语言。与HTML不同的是，HTML是预先定义好的标识语言，而XML是用来定义其它标识语言的一种元语言；HTML具有固定数量的标识，而XML用于描述信息的各种标识都可由设计者自己建立，可用来表示特定专业数据结构。

对可视化地学建模环境中的概念地图的数据结构，定义了CMXML(Concept Map XML)，用来表现概念地图中概念、关系、概念地图及其概念的说明、概念地图所定义的参数等。图3为CMXML的标签结构定义。

在图3中，圆角矩形表示“具有”。CMMAP标签为CMXML的根标签，其它所有CMXML标签必须嵌套在CMMAP标签中。CMMAP标签具有name属性，用来说明概念地图的名称；CMMAP中可嵌套4个子标签(CREATOR, DESCRIPTION, CONCEPTS, LINKS)。CREATOR标签表示概念地图的创建者，其中有name, time与contactinfo属性，分别说明创建者的姓名、创建时间与创建者的联系信息；DESCRIPTION标签为可选标签，具有value属性，用来表示概念地图的描述性信息。

CONCEPTS标签为一个标签集，用来说明概念地图中的概念元素。CONCEPTS标签中嵌套了一个或多个CONCEPT标签，CONCEPT标签表示概念地图中的一个概念元素，具有id与label属性。id用来惟一标识某个概念，label表示概念的标注文字。每一个CONCEPT标签中可以嵌套6类子标签(GRAPHICS, MODEL, PARAMETERS, HYPERLINK, SUBCONCEPT, CONCEPTEXPLANATION)，这些标签除了GRAPHICS标签外都是可选标签，分别用来说明某个概念的图形数据(矩形文本框)、概念所链接的基础模型(概念所要执行的操作)、概念所具有的参数(用来引用地图中显示的图层)、概念所链接的非结构化知识(音频、视频、文本、网页等)、“子”概念地图以及有关此概念的一些解释性信息。其中，GRAPHICS标签用来说明图形化显示概念的矩形，有width, height, fillcolor, center属性，分别表示矩形的宽度、高度、填充色及矩形的中心点坐标。MODEL标签中的url与modelname属性指定模型库的网络地址与基础模型名称，其它标签的属性类似。

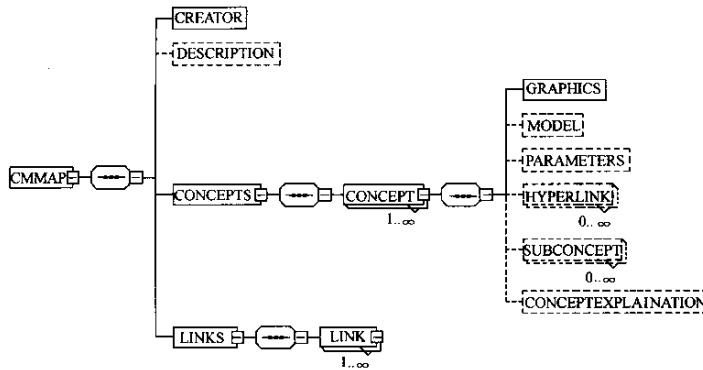


图 3 CMXML 标签结构图

Fig.3 Concept map XML label scheme

LINKS 标签是概念地图中的关系集,其内嵌套了一个或多个 LINK 标签。LINK 标签有 4 个属性: source, target, label 与 id, 分别表示概念间的关系。Source 属性与 target 属性分别指明关系的起始概念、终止概念, label 属性表明概念间关系的标注文字, id 属性用来惟一标识关系, source 与 target 标明了 LINK 的方向。LINKS 的图形位置由起始概念与终止概念的中心点隐含说明。

## 5 模型支持系统的应用特点

相对于传统的计算机模型和系统,基于概念地图和地理信息系统综合应用的可视化地学模型支持系统主要有如下优势(1)模型的实时修改和重构;(2)模型计算结果的动态实时显示(3)多种方案模拟结果的综合显示。

在过程模型的应用中,对边界条件或其他模型参数的修改频率是很高的,因此,模型的实时修改与重构是地理过程模型的研究和应用的一个重要问题<sup>[15]</sup>。这主要是由于过程模型是用来对地理现象在不同的边界条件和结束下的行为进行模拟,从而为预测、预报服务。例如,在洪水灾害管理的应用中,如果河道水位不断抬高,将可能导致漫堤或垮堤的危险,一旦出现这种情况,则需要在某个合适的地方修建临时性的子堤,以最大可能地保护重要目标不被洪水淹没。最佳子堤修建地点需要利用洪水模拟模型来确定,即通过比较模拟在不同的地点修建子堤的情况下,洪水的淹没范围、损失情况、子堤的安全情况等等,为决策者确定子堤修建地点提供支持。传统的洪水演进模型系统虽然对此问题也能处理,但却需要花费相当多的时间。因为改变一次子

堤的位置,都需要用手工或半手工(如手扶跟踪数字化)的方式重新建立整个计算区域的计算格网。

在基于概念地图和地理信息系统的地学模型支持系统中,概念地图定义了模型的结构,而模型中各种参数的设置则是通过对 GIS 地图数据中的有关地理特征的操作和相应的人—机对话窗口输入来实现的。由于概念地图本身很容易为人们所理解,而概念地图编辑器又为用户提供了方便、易用的概念地图编辑工具,从而使得模型结构的修改和重构变得非常简单和方便。另一方面,对各种地图对象的操作和编辑是地理信息系统的基本功能,可简化地理对象模型参数修改的过程。因此,基于概念地图和地理信息系统的可视化的模型支持系统从模型结构和参数设置两个方面保证了模型的可修改性和开放性。

模型计算结果的动态显示是指在模型计算的过程中,将模型计算过程中得到的结果以最适合的方式进行显示。例如,对于洪水预报模型,不仅要将被预报站点的水文(水位、流量)过程线以传统的过程曲线的方式在计算机屏幕上显示出来。而且,如果预报水位达到警戒水位时,系统会对达到警戒水位河段的大堤进行高亮度显示,以提醒用户和决策者注意可能发生险情的堤段。

多种方案模拟结果的综合显示是指利用过程模型(如洪水演进模型),假设各种不同的问题情景,分别为模型设置各种不同的参数选择,得到在不同的情景条件下的模拟结果(如防洪子堤的修建)。然后,将这些不同的模拟结果(比如淹没范围)全部显示在同一张地图画面中。并且,还可以在同一个地图显示中配上其他的信息,如入流和出流的水文过程线、不同方案的淹没损失评估结果等等。这种多

变量同时显示的方法,无疑为用户和决策者全面地了解问题状况,分析各个要素之间的相互关系和作用,进而作出尽可能准确的判断和决策,提供了有效的方法。

## 6 应用实例——小清河分洪区洪水模拟

### 6.1 实验区简介

永定河发源于内蒙古高原的南缘和山西高原的北部,是海河流域北系的主要行洪河道。流域东邻潮白、北运河水系,西邻黄河流域,南为大清河水系,北为内陆河,流域总面积  $47016\text{km}^2$ ,其中官厅以上流域面积  $43480\text{km}^2$ ,官厅至三家店为官厅山峡,区间面积  $1600\text{km}^2$ ,三家店以下为中下游,集水面积近  $2000\text{km}^2$ 。

小清河分洪区位于北京市西部西山脚下,永定河右岸,是永定河、大石河的冲积平原,地势西北高,东南低。为了确保首都城区免受永定河洪水威胁,1986年兴建、改建了永定河卢沟桥分洪枢纽(包括卢沟桥拦河闸、小清河分洪闸和大宁滞洪水库)。根据现有工程情况,①当卢沟桥上游发生  $2500\text{m}^3/\text{s}$  以下洪水时,全部洪水由卢沟桥拦河闸下泄;②当卢沟桥上游发生  $4380\text{m}^3/\text{s}$  (相当 50 年一遇) 洪水时,卢沟

桥拦河闸控制下泄  $2500\text{m}^3/\text{s}$ ,其余洪水由小清河分洪闸分洪,入大宁水库滞蓄后,由大宁水库泄洪闸向小清河分洪区控泄  $214\text{m}^3/\text{s}$ ,入小清河分洪区。③当卢沟桥上游发生  $6230\text{m}^3/\text{s}$  (相当百年一遇) 以下洪水时,卢沟桥拦河闸仍控泄  $2500\text{m}^3/\text{s}$ ,小清河分洪闸分洪  $2760\text{m}^3/\text{s}$ ,其余  $970\text{m}^3/\text{s}$  洪水由刘庄子口门分洪入丰台区长辛店地区。④当卢沟桥上游发生大于  $6230\text{m}^3/\text{s}$  洪水时,听候国家防总统一指挥,统一调度。

### 6.2 基于概念地图的模型表达

利用永定河小清河分洪区内的背景数据:交通路网、水利设施、行政区划、土地利用等信息,建立了小清河分洪区洪水模拟概念模型,以下为对建立的 CM 模型的说明(图 4)。洪水模拟包括两个重要部分:模型计算网格与相应的模型参数的生成计算。网格需要考虑计算域边界、交通网络及水利工程设施分布。其中,水利设施有线状水利设施与点状水利设施。线状水利设施包括坝、堤等,在计算网格文件时要考虑其的分布;点状设施包括堰、桥、闸等,在给网格边界赋值时需要考虑这些点状水利工程的分布。这些点状设施的出入流过程由相应经验公式来计算。模型参数包括:网格高程、可利用等值线与等值点内插得到;糙率,由土地利用类型来计算获

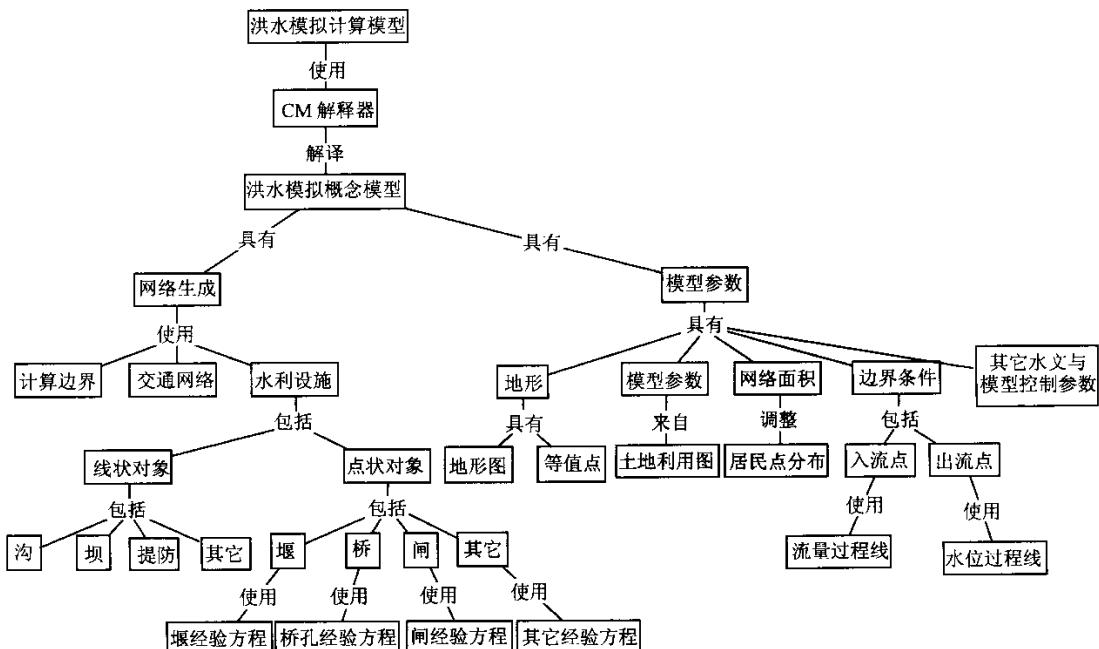


图 4 小清河分洪区洪水模拟 CM 模型

Fig.4 The CM flood model in the Xiaoqinghe Floodplain

得网格面积,利用居民点的信息进行修正;入流点及出流点的边界条件,一般采用入流边界的流量过程线与出流边界的水位过程线。其它的一些物理及控制参数,放在其它物理参数与模型控制参数集中,其对模型的运行有重要的作用。

### 6.3 模型的可视化构建

通过将概念地图与真正意义的地图相结合,实现过程完全可视的小清河分洪区洪水模拟模型的构建,使概念实体与地理实体相对应,形成计算模型的基础。可视化模型建模环境中,具有多种建模工具用于模型的构建,包括计算网格的自动生成和交互式修改,局部多边形的重新剖分,结点及边的交互式编辑,计算网格、边与结点属性数据的编辑与修改;计算网格、边与结点的重新编码等。例如,在洪泛区重新修了一条大坝,这时模型需要重构,通过在地图中画一条大坝,并将大坝拖入建模环境中,建模环境根据大坝的空间位置,查找出受大坝影响的计算网格,自动计算出大坝与这些网格的交点,作为新生成网格边结点(图版 I 图 5)。重新建立的模型由于考虑了大坝对洪水的影响,模拟结构更为合理。

### 6.4 模拟结果分析

在永定河小清河泛区,利用 4 场不同的洪水,对小清河泛区淹没过程进行了模拟。根据洪水模拟结果,利用泛区内的社会经济统计数据,对引起的灾害损失进行了评估。决策图为模拟的小清河最大淹没范围以及相应的入流过程(卢沟桥测站洪水流量过程和大宁水库泄洪流量过程)以及灾情损失评估结果(图版 I 图 6)。

流量过程线分别为卢沟桥测站洪水流量过程(左上角)和大宁水库泄洪流量过程(右上角)。在过程线图中,黄色过程线为卢沟桥测站设计洪水流量过程和大宁水库设计泄洪流量过程;红色过程线为卢沟桥测站实测洪水流量过程和大宁水库实测泄洪流量过程;绿色过程线为卢沟桥测站历史洪水流量过程和大宁水库历史泄洪流量过程;蓝色过程线为卢沟桥测站百年一遇洪水流量过程和大宁水库百年一遇洪水泄洪流量过程。从图版 I 图 6 中可知,设计过程洪水过程的洪峰高,历时长,洪量大,大宁水库的泄洪量也大,但泄洪历时并不长,百年一遇洪水过程和历史洪水过程为单峰过程,相比而言,百年一遇洪水洪量较大,而且,大宁水库有泄洪过程,历史洪水洪量较小。万方数据水库基本上没有泄洪过程。卢沟

桥测站实测洪水流量过程与历史洪水流量过程相比,只是洪峰较低,其余基本一致,由于洪峰底,大宁水库没有分洪过程,小清河分洪区也没有分洪。

背景图中为永定河地形(DEM)和不同洪水场景淹没范围图。黄色为利用设计入流过程模拟得到的淹没范围,红色为利用实测入流过程模拟得到的淹没范围,绿色为利用历史入流过程模拟得到的淹没范围,蓝色为利用百年一遇洪水入流过程模拟得到的淹没范围。从图中可知,洪水淹没范围大小与永定河洪水过程及大宁水库分洪过程有很大的关系。实测洪水由于没有分洪过程,洪水只在河道和小清河分洪区内的河沟内行洪。淹没范围最大的为设计洪水引起的。图中,小洪水的淹没范围为大洪水的淹没范围子域,因此设计洪水的淹没范围为各种颜色的总和。

## 7 结 论

基于概念地图的地学模型支持系统包括系统模型描述、用户模型定义、模型建造、模型解释与转换以及 CASE 生成几部分。在基于概念地图和地理信息系统的地学模型支持系统中,概念地图实际上定义了模型的结构,而模型中各种参数的设置则是通过对 GIS 地图数据中的有关地理特征的操作和必要的人—机对话窗口输入来实现的,以实现模型的实时修改与重构。基于概念地图和地理信息系统的可视化的模型支持系统从模型结构和参数设置两个方面保证了模型的可修改性和开放性。通过概念地图,可以有效地创建知识,将不同用户及专家的知识以概念实体与概念关系的形式组织,以图形化的形式加以表示。同时,这种图形化的知识可以反映不同的人对同一事物的不同认识,从而易于知识共享。将 CM 与地学中的模型相结合,便于研究地学问题的复杂性与不确定性,对于地学知识的分解、模型要素的构建及模型的改进具有重要意义。利用永定河的水利工程等背景资料,建立了小清河分洪区洪水模拟概念地图模型。根据建立的概念地图模型,在可视化建模环境下,建立的永定河洪水模拟模型,能够灵活地反映流域的实际或虚拟情景,得到了更有实际意义的模拟结果。

## 参 考 文 献 (References)

- [ 1 ] Chen S P, Zhou C H, Lu X J. The Introduction to Geography Information System [ M ]. Beijing : Science Press, 1999. [ 陈述彭,

- 周成虎,鲁学军.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,1999.]
- [2] Densham P J. Spatial Decision Support Systems[A]. Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W. *Geographical Information Systems: Principles and Applications* [C]. London: Longman, 1991.
- [3] Zhou C H, Shun Z I, Xie Y C. Cellular Automata Based Simulation of Geo-Spatiotemporal System[M]. Beijing: Science Press, 1999. [周成虎,孙战利,谢一春.地理元胞自动机研究[M].北京:科学出版社,1999.]
- [4] Talbert N. Toward Human-Centered Systems[J]. *IEEE Computer Graphics and Applications*. July/August, 1997.
- [5] O'Leary D E, Studer S. Knowledge Management: An Interdisciplinary Approach[J]. *IEEE Intelligent Systems*, January/February 2001.
- [6] Jankowski P, Nyerges T, et al. Spatial Group Choice: A SDSS Tool for Collaborative Spatial Decision-making[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1997, 11(6).
- [7] Jankowski P, and Nyerges T. Geographic Information Systems for Group Decision Making: Towards a Participatory Geographic Information Science[M]. Taylor & Francis, 2000.
- [8] Canas A, Ford K, et al. Using Concept Maps with Technology to Enhance Collaborative Learning in Latin America. <http://www.coginst.uwf.edu/users/acanas/publications>.
- [9] Ford K, Canas A, et al. ICON-KAT: An Integrated Constructivist Knowledge Acquisition Tool[J]. *Knowledge Acquisition*, 1991 (3): 196—208.
- [10] Ford K, Canas A, et al. Participatory Explanation: A New Paradigm? [A] Proceedings of the Tenth European Conference on Artificial Intelligence Workshop on Expert Judgment, Human Error, and Intelligent Systems[C]. 1992.
- [11] Jonassen D, Beissner K, Yacci M. Explicit Methods for Conveying Structural Knowledge Through Concept Maps[M]. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1993.
- [12] Canas A, Ford K, et al. Knowledge Construction and Sharing in Quorum[A]. World Conference on Artificial Intelligence in Education[C]. <http://www.coginst.uwf.edu/users/acanas/publications>.
- [13] Gu P L. System analysis[M]. Tianjin University Press, 1998. [顾培亮.系统分析与协调[M].天津:天津大学出版社,1998.]
- [14] Gao H S. Decision Support System: Theory, Method and its Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1996. [高洪深.决策支持系统(DSS)——理论,方法,案例[M].北京:清华大学出版社,1996.]

## The Visual Geo-Model Construction Environment Based on Concept Map

WAN Qing<sup>1</sup>, WAN Hong-tao<sup>2</sup>, DING Guo-xiang<sup>1</sup>

(1. LREIS, Institute of Geography Science and Resource Research, CAS, Beijing 100101, China;  
2. RCFDDR, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** The main role of map is confined to representation of various kinds of decision schemata and appraisal results. But it almost does no good to the understanding and definition of problems. The concept map is a new method that can support the knowledge derivation and knowledge sharing. Through the concept map method the new knowledge can be effectively obtained. The experiential knowledge of different user and expert can be organized through the concept entity and concept relation and represented visually as map, thus support the geo-model construction. The Geo-model construction process based on concept map has 5 steps: Geo-model description, Geo-model definition, model construction, transformation from Geo-model to computational model, and CASE generation. Then we discuss in detail the characteristic of the model supporting system and the visual model construction environment. Finally the background data, such as the water engineering distribution and spatial data, of the Yongdinghe Watershed is used to support the construction of Concept Map model of the Xiaoqinghe floodplain, on which the flood simulation model of the Yongdinghe River and the Xiaoqinghe floodplain is constructed. The flood simulation result is overlaid with social and economic data to evaluate the flood disaster loss and the results is satisfactory and encouraging.

**Key words:** concept map; Geo-model construction; computational model; Xiaoqinghe Floodplain; flood simulation model



图 5 模型可视化建造环境

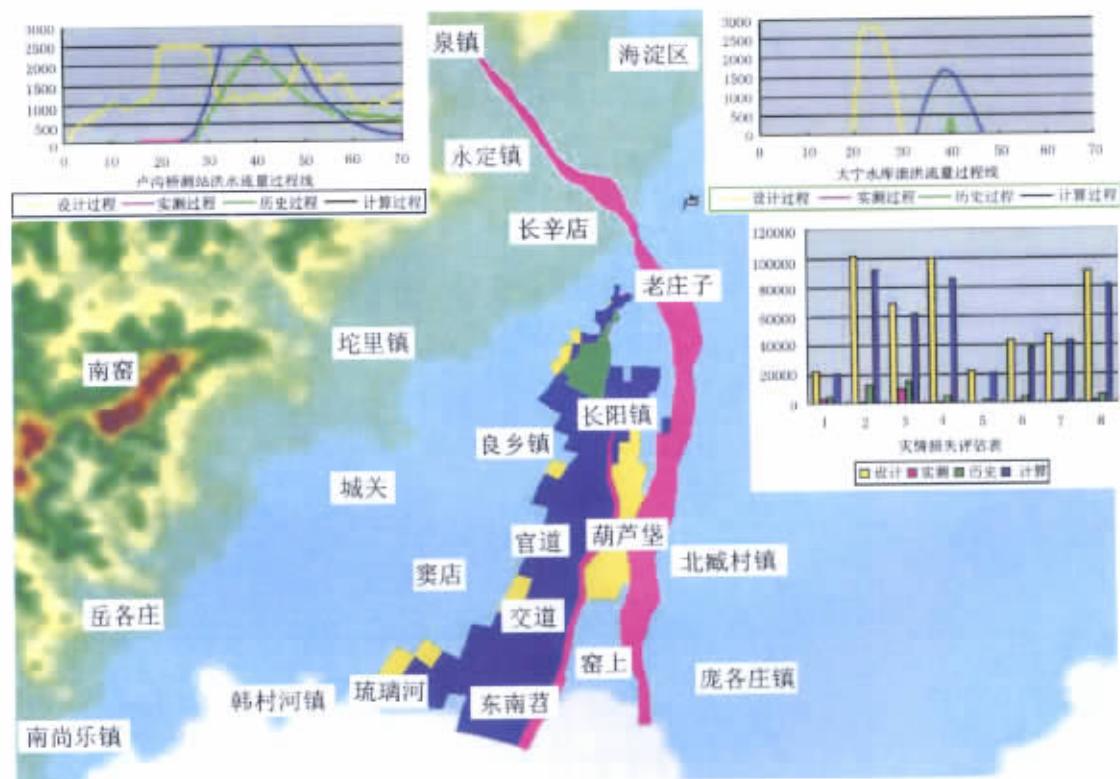


图 6 洪水灾害决策图