

语义引导的图标式地理概念建模环境初探

陈 旻, 盛业华*, 温永宁, 陶 虹, 郭 飞

(南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046)

摘要: 以地理问题求解和地理科学研究环境建设的实际需求为引导, 针对当前地理建模过程中存在的建模思想难以交流与重用、建模方式复杂、多领域专家协同建模困难等问题, 研究地理概念建模过程中地理概念场景、概念实体及其相互作用关系的表达与元数据描述方法, 利用空间数据表达规范与地理模型元数据表达规范逐步引导数据与模型的选择与匹配, 构建地理概念模型, 并在此基础上提出一种可视化、引导式的面向地理问题表达的概念建模方法, 为地理研究提供一个语义引导的图标式地理概念建模环境。

关 键 词: 地理概念建模; 建模环境; 图形概念场景

文章编号: 1000-0585(2009)03-0705-11

1 研究背景与现状

地理模型是对地理现象、地理机理与过程的抽象与表达, 是实现地理模拟的重要手段。地理建模是人类固有的、自然的、而且是不可避免的活动^[1]。一般建模过程包括建立概念模型、建立计算模型、模型验证与纠正、模型应用四部分。概念模型的建立直接反映了建模者的建模目的及其对建模问题的认知程度, 建模概念不但蕴含了建模思想, 同时还引导和约束着后续模型的建立, 有效的概念模型才有可能导致正确的建模结果^[2]。但是, 传统的地理建模活动中, 概念建模这一环节在整个地理模型建立过程中没有得到充分的重视, 缺少通用的概念建模规范, 也没有可视化的地理建模方法与途径, 专家往往将建模概念隐匿于建模实体中, 以草图或者文档的形式构建概念模型, 构建方式较随意、概念建模产品不规范、建模成果不开放导致了建模过程中思想共享与交流的困难, 尤其不利于多专业领域的协同建模。

构建一个语义引导的图标式地理概念建模环境意义在于: (1) 当前地理研究考虑的问题越来越复杂, 往往需要集成地理学多领域知识, 需要多个领域的地理建模人员协作, 而传统的地理分析模型的开发大多都是由个人或少数几个人开发, 且涉及的地理领域相对单一, 一个支持语义规范化、形式化表达的概念建模环境能帮助概念建模作为建模过程中一个独立的阶段进行设计。(2) 地理模型的共享包括地理建模概念认识的共享以及地理模型计算实体的共享, 模型概念的规范化表达是模型共享交流的基础, 一个良好的概念模型表达方法能够帮助建模者理解建模思想, 引导建模者进行建模。(3) 已有的地理建模认识是后继建模活动的基础, 已有的地理知识也是地理建模认识正确性检验的依据之一。一种良

收稿日期: 2008-07-16; 修订日期: 2008-11-20

基金项目: 973 计划前期研究专项课题 (2007CB416602); 国家自然科学基金重点项目 (40730527); 国家自然科学基金项目 (40671147)

作者简介: 陈旻 (1981-), 男, 江苏泰州人, 博士研究生。主要从事虚拟地理环境。E-mail: tianxiaxue99@163.com。

* 通讯作者: 盛业华 (1965-), 男, 安徽省庐江县人, 教授, 博导, 主要研究方向虚拟地理环境与地理信息系统。

好地理建模概念知识组织与表达方法, 能够帮助地理概念建模阶段有效重用已有的地理概念模型认知, 并对概念模型进行验证, 降低在地理建模活动中发现概念建模阶段错误的周期与成本。基于此, 国内外专家开展了相关的研究。

1.1 地理概念描述规范

由于不同专家对地理概念理解的差异, 妨碍了多领域专家在建模过程和建模思想上的交流。为了解决地学多领域专家的认知差异, 研究和制定具有地理特征的符合地学领域认知习惯的地理概念描述规范, 地理本体成为了当前的一个研究热点: Smith 等^[3]试图确立地理对象以及与认知关联分类的本体; 2000 年 9 月, 由 Winter 组织, 在法国召开了“空间数据标准的本体论与方法论”会议, 就空间本体论、空间认知论、空间认识、空间不确定性、空间层次、空间一般化、标准与标准化等主题进行了研讨; 2000 年和 2002 年, 分别在美国佐治亚和科罗拉多召开的地理信息科学会议上, 对地理信息本体论进行了深入探讨; 2002 年 9 月, 在英国召开的关于地理信息本体论 (GeoOntology) 工作组会议上, 对地理信息本体论的概念、关键问题以及研究的重点范围进行讨论, 与会学者首次使用了 GeoOntology 一词。与此同时, 人们还提出了本体论驱动的地理信息系统 (Ontology-Driven GIS, ODGIS)^[4,5]。但由于地理现象本身的复杂性和不确定性以及地理认知的多样性和差异性, 地理领域语义问题的抽象和表达研究仍处在起步阶段, 远没有达到可供地理模型构建所利用的阶段。

1.2 概念建模与概念建模环境

随着概念建模的重要性为更多研究领域所认识, 开发计算机支持的图形可视化建模环境成为一种潮流和趋势。Kaushal Chari 等设计与建立了基于图标的结构化建模环境 (GBMS/SM)^[6], 该环境可以支持多领域问题的建模、语法编辑、模型与数据的自动匹配; 美国范德比尔特大学设计与开发的通用建模与模拟环境 GME (General Modeling Environment, <http://www.isis.vanderbilt.edu/projects/gme>), 提出了通用系统建模概念, 实现了类 UML 的图形化方法构造模型的结构与行为; 英国卡迪夫大学设计开发了开放源码的问题求解环境 TRIANA (Open Source Problem Solving Environment, <http://www.trianacode.org>), 提供了一个以分布式、基于网格、网络服务为特征的多领域的问题求解环境。

在地学研究领域, 相关的研究与环境建设也已经开始进行, 地学领域现阶段在地学图形化建模方面的进展有: Smith^[7]提出了基于地理知识的地理信息系统概念, 将知识的表达、管理与应用引入了地理信息系统; 鲁学军等^[8,9]提出了应开展模拟地理学家的逻辑思维方式为目的的“地理认知理论”研究, 并对地理认知理论研究体系以及不同类型空间意象的思维模式、含义和实质进行了初步探讨; 万庆等^[10]在地学建模过程中引入了概念地图方法, 建立了小清河分洪区的背景信息概念地图模型和永定河洪水模拟模型; 美国佛蒙特大学设计开发的空模环境 SME (Spatial Modeling Environment) 是基于图标, 连接着高性能计算机和数据库的建模与模拟环境; 美国宾州大学的 GeoVista Studio (<http://www.geovistastudio.psu.edu>) 利用 JavaBean 技术, 开发了一个面向地理可视化的建模环境。以上研究大多或只能针对某个特定的领域进行建模或对建模空间尺度和时间跨度有相应的要求; 最终以框图与连线形式表达建立的模型, 建模过程难以形象直观地表达; 在多领域用户共同建模的情况下不能显示地表达、交流建模思想。

为了解决概念建模过程中建模思想隐式, 地理概念认知差异造成建模思想交流困难等

问题, 提供一个可视化、引导式的面向地理问题表达的概念建模方法, 本文试图从探讨基于地理概念元数据的地理概念建模(模型)语义表达规范入手, 延续传统地理学家研究地理问题的建模思路, 以地理概念场景作为地理概念模型的表达方式, 研究地理概念场景及概念场景中的地理概念实体、实体间相互关系的表达形式及描述方式, 探求具有语义的地理概念模型图标库构建方法, 设计开发基于语义引导的图标式地理概念建模环境。

2 地理概念模型构建过程

地理概念模型的构建是基于对地理问题本身的认知之上的, 地理问题的语义描述是对地理问题认知的形式化, 地理概念场景是地理问题语义描述的产物和可视化表达结果。但由于现阶段对地理领域问题认知及建模思想存在差异性, 本文并不企图设计出一种完备的概念描述规范, 而是在研究众多概念建模过程的基础上, 对概念场景进行界定, 研究规范化的描述机制, 提出一套可扩展的概念场景元数据描述方法, 一方面方便建模用户利用常用的概念建模思路进行可视化建模, 另一方面用户可以根据自己的需要, 自定义概念场景的元数据描述并在此基础上生成场景模版并保存, 这样有利于建模思想的重用与交流, 减少重复建模成本。

在研究地理概念场景元数据表达基础上, 本文将地理建模过程中所需的元素分为地理概念实体和实体关系两大部分, 研究两类元素的元数据描述规范, 以可配置的图标形式化地表达地理概念实体, 通过概念场景的组织展现概念实体之间的关系, 构建完整的地理概念场景。地理图标是地理概念实体及实体间关系的集合, 蕴含着地理模型、模型语义、模型所需数据, 及模型与模型、模型与数据间的匹配规则。研究者针对所要研究的地理问题、地理区域和时空尺度, 选择地理图标, 建立地理要素之间的相互关系, 利用实体之间关联规则构建地理概念场景, 通过数据、模型的引导式选择, 创建地理概念模型(图1)。

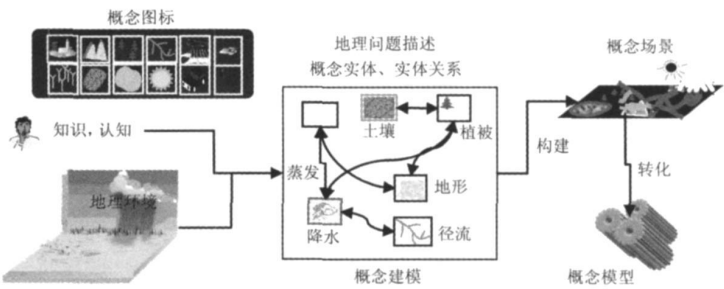


图1 语义引导的图标式地理概念建模环境

Fig 1 Framework of semantic driven geographic conceptual modeling environment

地理概念实体以形象直观的图标为展现方式, 每个图标具有地理数据、地理现象的内涵, 它关联了所要表达的地理概念实体的元数据描述。将图标通过拖拽的方式加入到概念场景中建模时, 建模者一方面通过具有语义的元数据信息了解或表达当前概念建模的思想, 另一方面可以根据图标背后所关联的地理概念实体的元数据说明, 选择相关的数据或者模型的类型、种类等, 从而达到可视化、引导式建模的目的。这些选择将通过匹配规则和匹配约束进行选择, 例如在适用领域、尺度匹配、耦合要求等方面的匹配约束。匹配规则和匹配约束也有自身的语义描述元数据, 通过建立规则库对这些规则进行管理, 为概

念场景构建时概念实体要素之间的匹配提供引导和规则检验。同时,建模者可以根据地理概念实体之间的关系自定义匹配规则与约束,充实规则库,为概念场景的再次构建提供支持。当一个地理概念场景构建完成之后,可以把该概念场景当作模板来保存。每个模板对应于一个概念模型,模板的建立有利于概念模型的重用和方便的修改,同时为相同模型的建立与可视化分析对比都提供了方便。

3 语义引导的图标式地理概念建模实现方法

3.1 地理概念场景的构建

3.1.1 地理问题域元数据描述方法 地理问题域的元数据描述是对地理模型拟解决的地理问题的语义进行描述的显示表达,它定义了地理问题的问题认知、问题描述、所属领域、模拟区域、时空尺度要求等,必要时还包含一些初步的数据和模型的需求信息。本文基于 XML 定义了一套可扩展的地理问题域元数据描述机制,用户可以在已有描述机制下添加自己对地理问题的定义。地理问题域的元数据定义可以显式地为多领域用户共同建模提供建模思想上的交流,为进一步进行概念建模研究提供框架性的定义和限定,同时也为将来概念模型模板的保存提供分类依据,图 2 给出了一个简单的地理问题域描述片段,其中 spatialScale 描述该模型研究的空间尺度是大尺度,而 timeScale 则说明该模型研究的时间尺度是中尺度,GeoModelMatch 和 GeoDataMatch 蕴涵了对当前地理概念场景的模型和数据的一些简单要求。

```

<GeoProblemDomain>
  <uuid>
    14F75F95-9513-41a9-A3AF-5A1BC1EA46AF
  </uuid>
  <description>
    This domain is to research on drainage area model in large-scale.
  </description>
  <spatialScale>
    large
  </spatialScale>
  <timeScale>
    medium
  </timeScale>
  <keyword>
    drainage area, large-scale
  </keyword>
  <GeoModelMatch>
    <Node>
      <Node type="match" name="model requirement" keywords="drainage area" text="large-scale model" description="model for large-scale simulation"/>
    </Node>
  </GeoModelMatch>
  <GeoDataMatch>
    <Node>
      <Node type="match" name="data requirement" text="large-scale data" description="data for large-scale simulation"/>
    </Node>
  </GeoDataMatch>
</GeoProblemDomain>

```

图 2 地理问题域描述片段

Fig 2 Metadata descriptions for geo problem domain

3.1.2 地理概念实体元数据描述方法 在概念模型所研究的地理问题确定之后,根据研究问题的需要,将地理概念实体添加到地理概念场景中,进一步构建针对具体地理问题求解的地理概念场景。每个地理实体以图标的方式显式地表达,通过拖拽图标的方式将具备元数据说明的地理概念实体加入到概念场景中。

由于地理实体包含的信息量较大,实体之间的关系复杂,不同信息的组成构成了不同的知识层^[11],所以地理概念实体的数据组织与表达方式是研究的难点之一。动态信息架构系统 (DIAS)^[12] 是美国 Argonne 国家实验室决策和信息科学部开发的一个面向对象的复杂建模和模拟问题的框架体系结构,它的特色在于能够封装大量异构的对象,形成表达现实世界中各种元素的可重用实体,从而允许多学科模拟模型及其他应用在一个共同的框

架下协同运行。DIAS 的设计框架主要包括了两个部分: (1) 软件对象 (实体对象), 这些实体对象表达了现实世界中组成复杂空间的实体。(2) 模拟模型和其他应用, 它们能够表达领域实体的动态行为。独特的 DIAS 框架, 使其能够很容易地创建和操作复杂的模拟场景, 在这种场景中成千的对象可以通过成百的并发动态进程进行交互。

本文借鉴了 DIAS 的设计模式, 将地理概念实体设计为一个具有多个切面的地理对象, 它的每一个切面对应于特定的应用领域, 拥有各自不同的参数、行为和事件, 参数描述了地理概念实体对数据的要求, 概念实体通过行为描述的约束与外界计算模型进行装配和卸载, 而事件则控制了行为的发生流程, 这样的设计使原先的独立模型就能参与进多学科的模型模拟。用户可以通过三种方法在概念场景约束下定制自己的地理概念实体: (1) 通过对已有概念实体添加不同应用侧面的元数据说明; (2) 修改已有概念实体的元数据; (3) 根据描述规范重新创建地理概念实体。图 3 左图是地理概念实体的组织方式, 右图给出了基于 XML 对地理概念实体 (以含水层为例) 元数据进行表达的一个描述片段。

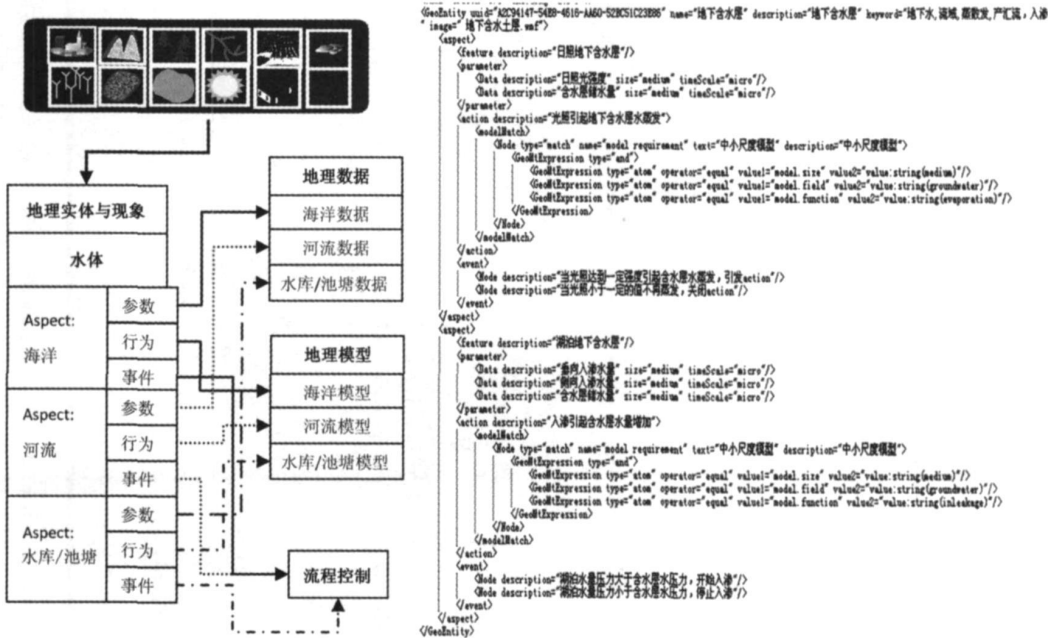


图 3 地理概念实体组织方式及 XML 描述片段

Fig 3 Organization of geographic conceptual entity and metadata description

3.1.3 实体关系元数据描述方法 概念建模过程中的另一类元素是概念实体间的关系。关系可以是简单的映射关系, 也可以是复杂的作用关系, 既可以存在于二元实体间, 也可以存在于多元实体间^[13]。关系元素分为双向关系与单向关系, 包括了作用关系、方位关系、从属关系等实体间存在的关系。针对地理模型的具体情况, 本文将关系分为多种与地理现象相关的关系类型, 如能量流、物质流、信息流等。关系的描述如下: Relationship (ID, Description, Type: {normal | flow}, SourceFeature, TargetFeature, IsBidirectional, Attributes)。关系可以在关系规则库中进行选择, 由概念/关系约束规则对其进行约

束,也可以由用户自己添加自定义约束。由于现实世界的不确定性以及复杂性,关系规则库中的关系描述难免缺乏完整性、没有错误,这需要人工进行辅助检验,对此需要另一套完整的体系来完善此工作。

因此,一个完整的地理概念场景的构建包括地理概念场景对自身的研究目的、研究领域、研究尺度等框架性信息的描述,添加进地理概念场景中的地理概念实体与实体关系的描述与图形化表达这几个部分。

3 2 地理概念模型引导式构建

在地理概念场景构建完成之后,就需要利用要素匹配与关联规则,通过概念/关系约束、模型/数据匹配、图形/概念交互三个引擎共同作用,创建地理概念模型。由可视化的地理概念场景向地理概念模型转变的关键技术是通过设定的模型匹配规则、数据匹配规则,逐步引导模型与模型、模型与数据的选择及配置,构建面向地理问题求解的地理概念模型。图 4 说明了基于地理概念场景语义描述的地理概念模型引导式构建方法。

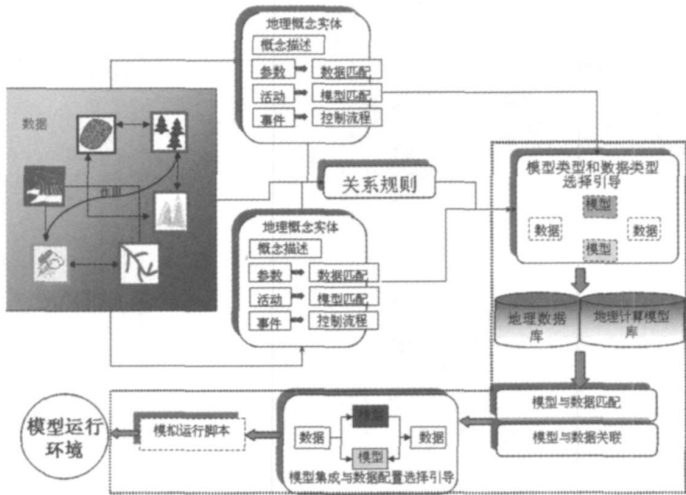


图 4 地理概念模型引导式构建

Fig 4 Inducement to build geographic conceptual model

3 2 1 概念/关系约束引擎 概念/关系约束引擎用以判断地理概念图标之间的约束与关联是否成立,即用来判断地理概念实体之间实体关系是否符合逻辑规范,例如森林不能长在湖泊上。但在前面提到过由于地理现象过于复杂,且规则库是开放的可扩展的,用户可以添加自定义规则,所以用来保存关系规则的关系规则库中的关系描述不可能是非常完备且完全正确的规则库,只能基于经验与常识建立,且需要人工参与规则检验、筛选与修改。

3 2 2 模型/数据匹配引擎

3 2 2 1 地理模型元数据与语义表达 由于现阶段地理模型存在种类繁多、数量巨大、语义差异性大、分散性等问题,无法收集、分析、整理和共享这些资源,地理模型在分类体系、适用范围、时空尺度、模型质量、模型性能、参数类型、运行条件、建模原理、求解方法、集成模式等方面还没有一个完整的元数据与语义表达规范。这也就导致了模型/数据匹配引擎在模型匹配时无法便捷、准确地筛选出符合匹配条件的计算模型。

在对现有的地理模型元数据相关成果^[14-20]进行深入研究和分析之后,南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室参考 OGC、ISO/TC211、FGDC 的地理空间元数据标准

和中国国家基础地理信息元数据标准, 在对地理模型分类的基础上, 确定地理模型的分类标识, 结合地理模型的特点, 抽象地理模型的共性要素, 建立了地理模型的元数据规范。该规范包括地理分析模型的分类标识信息、适用范围、模型质量、模型性能、参数类型、运行条件、建模原理、求解方法、集成模式及其他相关特征, 可用于地理模型数据集的全面描述、数据集编目及信息交换网络服务。该草案可以从虚拟地理环境教育部重点实验室网站 (<http://www.vgekl.com/>) 上下载。图 5 给出了二维地下水流有限元模拟模型的一个元数据描述片段。

```
<metaData>
  <idBHX>
    <HXZWC>二维地下水流有限元模拟模型</HXZWC>
    <HXZJC>二维水流模拟模型</HXZJC>
    <HXZWC>2-D groundwater flow finite element numerical model</HXZWC>
    <HXZJC>2-D FEM Model</HXZJC>
    <HXZB>78-10.0</HXZB>
    <HXZLB>1-1</HXZLB>
    <HXZBQ>2003-5-27</HXZBQ>
  </idBHX>
  <idBHSXX>
    <HXMC>String</HXMC>
    <HXLX>国家自然科学基金项目</HXLX>
  </idBHSXX>
  <idFZDWXX>
    <DWMC>南京师范大学</DWMC>
    <KFZXM>String</KFZXM>
    <KFZZY>自主研发</KFZZY>
    <idLXFS>
      <GJ>中国</GJ>
      <ZZ>江苏</ZZ>
      <CS>南京</CS>
      <DZ>南京师范大学</DZ>
      <YZBM>String</YZBM>
      <WZ>String</WZ>
      <DZYJZ>String</DZYJZ>
      <DIDM>String</DIDM>
      <CZBM>String</CZBM>
    </idLXFS>
  </idFZDWXX>
  <idXHXXX>
    <HXKJCD>区域尺度中小尺度地下水模拟</HXKJCD>
    <HXKJCD>长序列时间步长</HXKJCD>
    <SJFWLX>分步长时间段模拟</SJFWLX>
    <HXKJCD>PROBES</HXKJCD>
    <ZY>应用有限元方法对饱和含水层地下水进行二维模拟; 边界条件包括一类、二类边界; 含越流补给项</ZY>
    <MD>二维饱和含水层地下水数值模拟</MD>
    <JZ>完成</JZ>
    <ZTFLMC>/>
    <GJC>二维地下水、有限元方法</GJC>
    <ZJXX>String</ZJXX>
    <FWZ>String</FWZ>
    <SYKHZ>String</SYKHZ>
    <SJZSM>String</SJZSM>
    <HXJDSM>精度主要受含水层概念模型(概化)方法限定</HXJDSM>
    <HXJWYL>(模拟于: 数值)数学方法(有限元方法)</HXJWYL>
    <QJZZTLX>平面坐标</QJZZTLX>
    <HXCSSM>包括空间离散数据、时间离散数据、含水层空间分布参数、含水层属性参数(导水系数、贮水系数)、含水层边界条件参数</HXCSSM>
    <HXQJFF>有限元方法</HXQJFF>
    <SJL>9.1415926</SJL>
    <QJZ>9.1415926</QJZ>
  </idXHXXX>
</metaData>
```

图 5 地理模型元数据及语义表达

Fig 5 Geographic model metadata and semantic representation

3.2.2.2 模型匹配引擎 在对已有的地理计算模型按元数据规范进行表达之后, 就可以根据其关键字进行分类, 例如研究领域、研究尺度等。在概念实体构建的过程中, 也提供了这些要素关键字对概念实体的活动, 即模型需求提供了约束和匹配要求, 当然这些匹配规则也可以在概念场景完整构建之后进行局部的添加和修改, 类似于设计模式中的修饰模式。这样就可以逐步地通过添加模型匹配要求去自动匹配已有的计算模型, 对计算模型进行筛选, 从而达到高可视化引导式建模的目的。图 6 是模型匹配引擎内部作为匹配规则的 XML 描述片段。

3.2.2.3 数据匹配引擎 数据匹配引擎的作用是从地理数据库中找出与地理概念实体数据要求相匹配的数据进行筛选。由于是概念层次上的数据匹配, 不涉及到地理数据的多源异构性问题, 所以要求数据也能够像模型一样拥有关键字的元数据说明。关于数据的元数据说明, 以及数据自身内部的结构和语义说明, 笔者所在的项目组正研究开发一套类

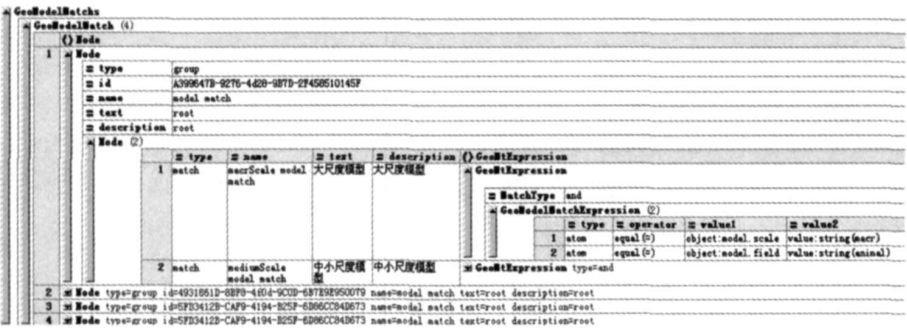


图 6 模型匹配 XML 片段

Fig. 6 XML for Model matching engine

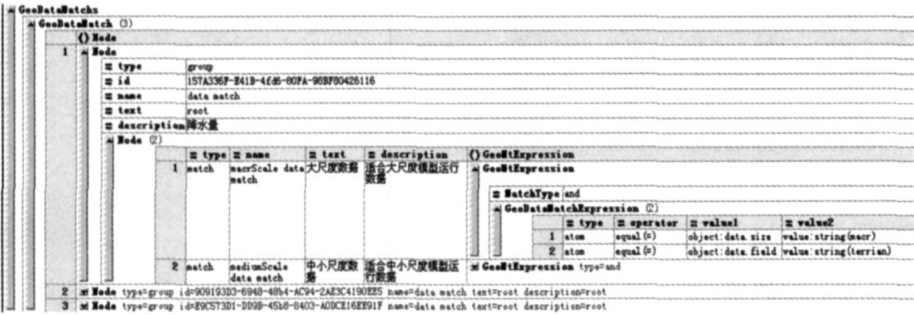


图 7 数据匹配 XML 片段

Fig. 7 XML for data matching engine

SEDRIES(<http://www.sedris.org/>)^[21]的数据表达规范,旨在数据能够在语义层和结构层都可以无歧异地表达自身。图 7 是数据匹配引擎内部作为匹配规则的 XML 描述片段。

至于数据与模型之间的匹配,笔者认为在模型元数据表达规范和数据表达规范完成的情况下,在同一体系下两者的匹配相对简单,至于实际计算模型集成时关于数据多源异构性引起的匹配集成问题,本项目组也正展开多源异构数据在模型集成方面的研究。

3 2 3 图形/概念交互引擎 图形/概念交互引擎提供了友好的图形交互环境,形象化地引导建模者进行地理概念建模。为了让用户能够根据概念场景的上下文含义显示化的构建概念场景,在场景中对实体与关系添加约束条件、匹配规则,并可以显示的筛选模型与数据,图形概念交互引擎的主要作用就是通过加标注、右击显示元数据、元数据修改、拖拽等方便用户认知与构建概念场景的提示与功能,引导用户构建概念场景,并达到建模思想的显示交流。

3 2 4 概念模型模版的保存和重用 经过概念场景构建与匹配引擎的共同作用,概念模型构建完成之后可以将概念模型进行保存,以实现建模思想的重用与共享,这对减少人力资源浪费,交流建模思想,方便建模过程都有重要的价值。概念模型的存储分为概念场景的存储和概念模型的存储,存储方式可以是局部存储,也可以是全局存储。当采用局部存储时,只存储选定范围内的约束规则,这样可能会丢失掉一些选定范围之外的全局的约束关系,在重用时对这些约束关联进行添加修改,并加以重构。

4 实例验证

本文以 .net2005 作为开发平台, 开发了基于语义引导的图标式地理概念建模环境原型系统, 以区域尺度下水文循环过程为案例, 进行地理概念模型的构建。整个水文循环过程包括降雨子过程、入渗子过程、蒸发子过程及地下水流运移子过程。建模者通过向概念场景中拖拽地理概念图标的方式添加地理概念实体并建立实体间关系, 利用空间数据表达规范与地理模型元数据表达规范逐步引导数据与模型的选择与匹配, 建立完整的地理概念模型。逐步完善的数据、模型匹配选择将帮助概念模型向计算模型的映射, 最终实现区域水文过程的模拟。

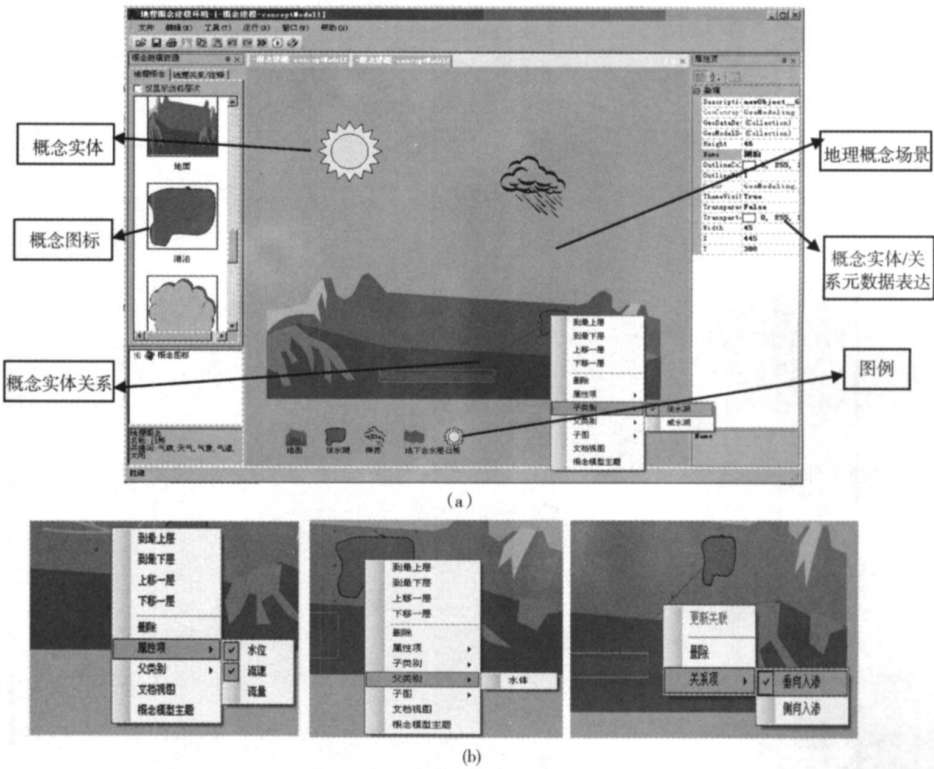


图 8 区域尺度下水文循环过程概念建模

Fig. 8 Results of conceptual modeling of regional hydrological circle

图 8 (a) 展示了原型系统中概念场景的构建。最左边是地理概念图标列表, 左下侧是当前概念图标所关联的基本元数据。中间是地理概念场景构建主窗口, 通过拖拽进具有元数据说明的地理实体图标和关系图标, 在右边属性窗口对元数据进行相关修改与扩充, 从而构成概念场景。同时, 用户也可以通过切换主窗口上面的选项卡直接进入概念场景的元数据描述片段, 遵循元数据的描述规范对概念场景进行修改。图 8 (b) 显示了逐步的引导过程, 引导过程通过右击图标, 显示概念实体所拥有的属性等匹配条件, 通过上面提到的三个匹配引擎的作用, 逐步引导概念建模。

实验表明本文的解决方案能够显式地引导地理研究者进行概念建模, 便捷地构建概念场景, 显式地交流建模思想, 重用建模结果, 为概念模型向计算模型方便地转化提供了

基础。

5 结果与讨论

本文研究了地理概念场景的构建和元数据表达, 利用空间数据表达规范与地理模型元数据表达规范逐步引导数据与模型的选择与匹配, 构建地理概念模型, 实现了地理概念建模的可视化过程表达, 为多用户多领域地学专家的进行地学概念建模提供了方便。

但本文的研究还存在着一些不足与需要改进的地方。首先是一些规则库的建立, 例如实体关系规则库, 当我们规定云层必须在大地上面的时候, 现实世界的多样性可能证明在某些地区的海拔高度足以让地面高于云层, 而当将这些地区作为研究领域的时候, 我们的规则库可能就约束了概念场景的构建, 需要修改规则库。这是一个没有办法完全解决的客观性问题, 先验经验与常规理论都无法支撑一个完善规则库的建立, 这就需要人工干预, 一旦人工干预, 又导致规则的检验问题, 这有待进一步解决。

本文存在的另一个问题就是一些规范性的描述, 虽然是对现有研究现状深入分析的基础上提出的解决方法, 但其可实用性与科学性还有待进一步验证与完善。

参考文献:

- [1] Westervelt J. 流域管理的模拟建模. 程国栋, 李新, 王书功, 译. 郑州: 黄河水利出版社, 2004.
- [2] 徐迪. 基于相似理论的系统仿真可信性分析. 系统工程理论与实践, 2001, (4): 49~ 52
- [3] Smith B, Mark D. Geographical categories: an ontological investigation. Geographical Information Science, 2001, 15(7): 591~ 612
- [4] Fonseca F, Egenhofer M, Davis C, *et al.* Semantic Granularity in Ontology-Driven Geographic Information Systems [EB/OL]. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2002
- [5] Frederico T, Egenhofer M. Ontology-driven geographic information systems. Medeiros C B 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems. Kansas City, MO, 1999 14~ 19
- [6] Chari K, Tarun K. Sen. An implementation of a graph-based modeling system for structured modeling (GBMS/SM). Decision Support Systems, 1998, 22: 103~ 120
- [7] Smith N. A academic War over the Field of Geography: The Elimination of Geography at Harvard, 1947 1951. Annals, Association of American Geographers, 1987, 77: 155~ 172
- [8] 鲁学军, 承继成. 地理认知理论内涵分析. 地理学报, 1998, 53(2): 132~ 140
- [9] 鲁学军, 周成虎, 龚建华. 论地理空间形象思维——空间意象的发展. 地理学报, 1999, 54(5): 401~ 408
- [10] 万庆, 万洪涛, 丁国祥. 基于图形的可视化地学建模环境. 遥感学报, 2003, 7(5): 412~ 417
- [11] 付炜. 地理专家知识表示的框架网络模型研究. 地理研究, 2002, 21(3): 357~ 364
- [12] Simunich K L, Sydelko P, Dolph J Christiansen. Dynamic information architecture system (DIAS): multiple model simulation management. 2nd Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, NV (US), 07/28/2002~ 08/01/2002
- [13] 薛领, 杨开忠. 复杂性科学理论与区域空间演化模拟研究. 地理研究, 2002, 21(1): 79~ 88
- [14] 宫辉力, 李京, 陈秀万, 等. 地理信息系统的模型库研究. 地学前缘, 2000, 7(8): 17~ 22
- [15] 王桥, 吴纪桃. 空间决策支持系统中的模型标准化问题研究. 测绘学报, 1999, 28(2): 172~ 176
- [16] 苏理宏, 黄裕霞, 柯正谊. 资源与环境应用模型方法元数据初步探讨. 资源科学, 2000, 22(6): 14~ 21
- [17] 刘昌明, 岳天祥, 周成虎, 等. 地理学的数学模型与应用: 1934~ 1999 年(地理学报)中的数学模型及公式汇编. 北京: 科学出版社, 2000
- [18] 岳天祥. 资源与环境模型标准文档库及其与 GIS 集成. 地理学报, 1999, 56(1): 107~ 112
- [19] 岳天祥. 资源环境数学模型手册. 北京: 科学出版社, 2003

- [20] 毕建涛, 吴洪桥, 曹彦荣, 等. 资源与环境信息系统中模型方法元数据及其集成. 地球信息科学, 2002, 4(2): 11 ~ 16
- [21] 阎国年, 张书亮, 王永君, 等. 地理信息共享技术. 北京: 科学出版社, 2000

Semantics guided geographic conceptual modeling environment based on icons

CHEN Min, SHENG Ye-hua, WEN Yong-ning, TAO Hong, GUO Fei
(Key Laboratory of Virtual Geographic Environment (Ministry of Education),
Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: There are many problems in conceptual modeling process, such as difficulty of modeling conception sharing, complexity of modeling method, difficulty in cooperative modeling by experts from different domains, and so on. In order to solve those problems, we study the metadata and semantic of geographic conceptual scenarios, geographic conceptual entities and relationships among them. In this paper, geographic conceptual entities are represented by the configurable icons, the relationships among entities are represented while geographic conceptual scenario is organized, and finally the geographic conceptual scenario is built. As the manifestation of geographic conceptual entities and relationships among them, those icons contain the meaning of geo-model, geo-semantics, geo-data, and the match rules between models and data. According to the geo-problem domain, geo-study area, and temporal and spatial scale, geographic icons are chosen to represent geographic conceptual entities and relationships, and match rules are used to build geographic conceptual scenarios. During this process, spatial data specification and geographic model metadata specification are designed as its induction and matching rules, and conception/ relationship constrain engine, graphics/ conception constrain engine and model/ data match engine are designed to guide the model match and data match process.

In this paper, the geographic conceptual model of hydrological cycle at regional scale is applied to validate the geographic conceptual modeling environment. By the experiments, it is shown that our research is a new attempt for geographic conceptual modeling, and that this environment is flexible for geographic conceptual scenario building, modeling conception sharing, and modeling result reusing. As a result, it provides a convenient and visualized modeling method for experts in multi-domain of geographic fields.

Key words: geographic conceptual modeling; modeling environment; geographic conceptual scenario