

基于面向对象的元数据库设计实现网络地理空间元数据管理系统

王永杰¹, 苗丽², 周新忠¹

(1. 武汉大学 遥感信息工程学院, 武汉 430079; 2. 郑州大学 环境与水利学院, 郑州 450002)

摘要:阐述了地理空间元数据的组织结构,分析了已有元数据组织和管理模式的不足。剖析了地理空间元数据的“对象”特性,然后以面向对象的思想对地理空间元数据重新加以认识和描述,提出了基于面向对象方法的地理空间元数据组织和管理模式,克服了已有模式的不足。在此基础上设计实现了一个B/S三层体系结构的水利地理空间元数据管理系统,实现了相应的浏览、录入、查询和编辑等功能,大大提高了元数据使用和管理上的效率。

关键词:地理空间元数据;面向对象;B/S;水利

中图分类号:TP311.13

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0278-04

Design and Realize the Net Management System for Geospatial Metadata Based on Object-Oriented Metadata Base

WANG Yong-jie¹, MIAO Li², ZHOU Xin-zhong¹

(1. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. College of Environmental & Hydraulic Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Framework of geospatial metadata is discussed, and shortcomings of existing organization and management modes of metadata are analyzed. “Object” hypostases of geospatial metadata are anatomized. Geospatial metadata is understood and described with the object-oriented idea, and its organization and management mode based on the object-oriented method is presented. It overcomes shortcomings of existing modes. The metadata management system for geospatial information of water resources is designed and realized based on three-tier B/S with functions of display, input, query and editing. It greatly improves the efficiency in using and managing metadata.

Key words: geospatial metadata; object-oriented; B/S; water resources

1 前言

在地理信息系统的快速发展和国家信息化建设大力推进的过程中,各行各业都积累了大量的地理空间数据。然而,管理和访问这些大型数据集的复杂性已成为数据生产者和用户面临的突出问题。一方面,数据生产者需要有效的办法来组织、管理和维护海量的地理数据;另一方面,用户需要能够有效地发现、访问和获取自己所需的空间信息^[1,2]。所以,空间信息的内容、质量和状况等元数据就显得十分重要。通过地理空间元数据,大大减少了管理和访问大型数据集的复杂性,使数据生产者能够高效地管理和维护数据,用户也可以更快、更加全面和有效地发现、访问、获取和使用现势性强、精度高、易管理和易访问的地理空间数据,实现了真正意义上的数据共享。

建立空间信息的元数据库并进行有效的管理,已经成为信息资源实现有效管理和应用的重要手段^[3]。通过建立各类空间信息的元数据库,在实际应用时,首先通过元数据来检索和访问空间数据库,便可以有效地利用计算机的系统资源,更好地满足社会各行业用户对空间地理数据的需求。因此地理空间元数据管理系统是管理好基础地理信息系统中

空间数据,并使之满足社会各行业用户对地理数据的应用需求的一个有效手段^[4]。

2 地理空间元数据的组织结构以及已有的组织和管理模式的不足

地理空间元数据是指地理空间相关数据和信息资源的描述信息,它是对于地理数据特征的概括和抽取。它可提供空间数据集的特征资料,使数据用户可据此来确定该数据的名称、来源、组织结构、适用范围等,在空间信息领域,它的作用日益突出。

2.1 地理空间元数据的组织结构

元数据一般以树状结构,按一定的层次进行组织。从层次上可分为:元数据子集、元数据实体和元数据元素。元数据元素是元数据最基本的信息单元,不可再分割;元数据实体是同类元数据元素的集合,是比元数据元素高一层的概念,它们之间是包含与被包含的关系;元数据子集则是相互关联的元数据实体与元数据元素的集合,用于说明地理空间信息某一方面的内容。在同一子集中的实体可以有两类,即简单实体和复合实体。简单实体只包含元素,复合实体既包

收稿日期:2006-10-11

基金项目:湖北省自然科学基金资助(2004ABA013)

作者简介:王永杰(1977—),男,河北河间人,博士研究生,主要研究方向为GIS、地理空间元数据以及并行空间数据库。

含简单实体又包含元素,同时复合实体与简单实体及构成这两种实体的元素之间具有继承关系^[5]。地理空间元数据的树状层次结构如图 1 所示。

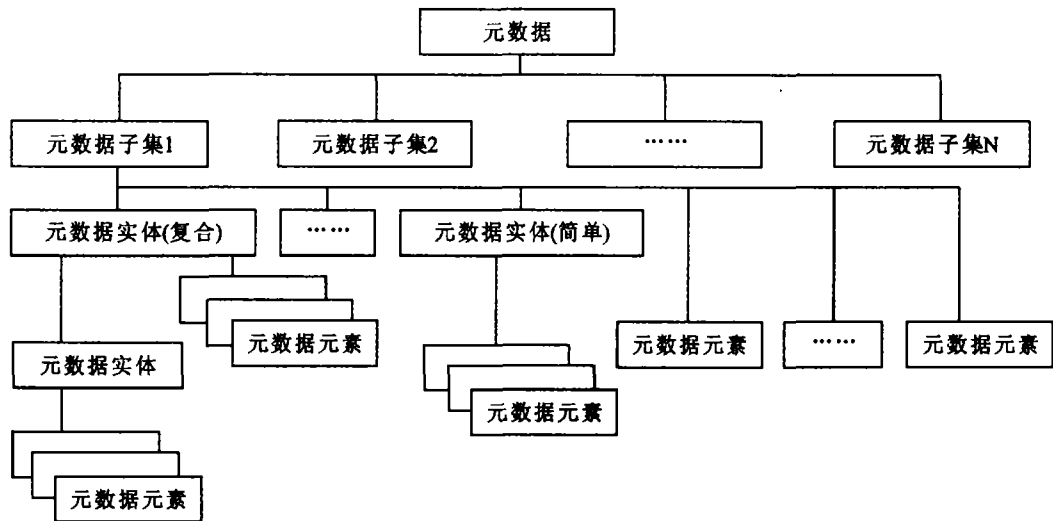


图 1 地理空间元数据的层次结构

每个元数据子集、实体、元素又有十分详细的定义信息(描述信息),如:编号、名称、定义、最大出现次数、数据类型、域等,主要用来保证元数据结构的统一和内容的完整。

2.2 已有的地理空间元数据组织和管理模式及其不足

地理空间元数据在空间信息领域发挥着越来越大的作用,人们对它的组织和管理模式的研究也越来越深入。目前广泛采用的元数据组织和管理模式主要有两种,即 XML 文档模式和关系数据库模式。虽然它们都有自己一定的优势,但也存在着明显的不足。首先,由于 XML 文档本身的一些局限性,使用它对元数据进行管理时的缺陷也是很明显的:存储组织效率低、索引查询技术不成熟、由于事务处理安全恢复机制不完善,无法保证数据的完整性和一致性、不提供并发控制、数据锁和恢复工具等。另外,利用 XML 文档也不适合进行空间数据及其元数据的统一管理。其次,地理空间元数据有着复杂的树状层次结构,而关系型数据库一般基于二维表,对树状结构的表达较弱,如果简单地将这种层次结构映射到关系型数据库,势必造成大量的冗余数据存在,从而降低系统的运行效率。同时,把具有树状层次结构的地理空间元数据在关系数据库中作为关系数据对待会提高系统开发的难度。地理空间元数据的层次性和整体性使得元数据内容之间存在千丝万缕的联系,将其存储于多个关系表中也必然会破坏地理空间元数据内容之间的有机联系。鉴于此,有必要根据地理空间元数据自身的特点,设计一种更加合理高效的元数据组织和管理模式。

3 以面向对象的方法组织和管理地理空间元数据及其优势

面向对象是一种认识客观世界和模拟客观世界的方法,它具有封装、继承、多态 3 个主要特点;面向对象的数据模型不仅支持变长记录,且支持对象的嵌套,信息的继承和聚集。它增强了关系模型不能支持或支持不好的复杂应用,也增强了程序的设计性能。将其应用于对地理空间元数据的组织和管理之中,可以克服 XML 文档和关系数据库在处理地理

空间元数据时存在的诸多问题,突出了地理空间元数据的层次性和整体性。

3.1 地理空间元数据的“对象”特性剖析

地理空间元数据具有很强的层次性和整体性,元数据子集和元数据实体在内容上也表现出一定的封装性和相对的独立性。将地理空间元数据的层次结构划分与面向对象的方法进行类比(如表 1 所示),可以发现,除因地理空间元数据标准作为静态文档而没有动态的消息、行为等对象特征外,地理空间元数据存在着许多面向对象的特性。剖析出地理空间元数据的这种“对象”特性后,本文以此为理论指导设计了面向对象的地理空间元数据库,用它来组织和管理元数据,可以克服已有模式的不足。

3.2 基于面向对象的方法组织和管理地理空间元数据及其优势

面向对象方法以客观世界中的实体为基础,将实体的属性及其操作封装成对象;在地理空间元数据标准中,以描述功能为基本依据,将具有内在联系的元数据元素(或元数据实体)封装成元数据实体(或元数据子集)。面向对象中的对象是直接面对问题域中客观存在的事物进行抽象的结果;地理空间元数据的不同形态是针对地理信息进行抽象和分类描述的结果。二者都来自但超越了客观世界本源,具有认识上的抽象性和灵活性,在认识、分析、解决问题的道路上殊途同归。基于以上认识,本文以面向对象的思想对地理空间元数据重新加以认识和描述,并以面向对象的方法组织和管理地理空间元数据,突出了它的“对象”特性。

面向对象的方法能够以直观的、符合人类思维的方式描述和存储地理空间元数据,这将减小系统开发的难度,提高系统运行的效率,并突出了地理空间元数据的层次性和整体性。其优势主要表现在:

(1)直接引用对象。对象模型支持对象的直接引用,不仅可以减少系统数据冗余,提高了数据共享能力,而且有利于数据完整性的维护。而关系数据库系统中复杂的数据集合必须由应用程序组成。

(2)继承性。在基于对象模型的数据库系统中,类的定义和类的层次结构体现了客观世界中对象的内部结构和对象之间的联系,尤其是类的层次结构能够很好地表达地理空

间元数据的树状层次结构,从而以更为直接的方式存储和操作地理空间元数据,降低了系统开发的难度。

表 1 地理空间元数据的层次划分与面向对象的方法的类比

面向对象的方法		地理空间元数据	一致性
抽象性	任何客观的事物、实体、过程都可以抽象为对象	元数据子集、元数据实体、甚至元数据元素都可从“对象”角度加以认识	✓
封装性	类具有封装性,对外隐藏内部实现细节	元数据子集、元数据实体对于同层级元数据项具有相对独立性	✓
继承性	类可以派生出子类。子类继承父类的特征,还可以有自己的新特性。	下级元数据实体可以继承上级元数据实体或元数据子集的元数据元素	✓
功能性	面向对象方法实质上是面向功能方法由功能重用发展到代码重用的回归和再现	不同元数据形态实质上是地理空间元数据以功能为导向发展的结果	✓
客体性(静态性)	由对象类的属性表征	元数据子集、元数据实体的内容本质上都由元数据元素组成,具有静态性	✓
主体性(动态性)	由对象类的行为(或称方法)表征	地理空间元数据标准为文档型规范,没有动态行为	×

(3)缩小了语义差距。基于关系模型的数据库设计往往是在问题空间采用某种语义模型(例如 E-R 模型),而在求解空间采用关系模型,于是就必须在两个空间的表示之间作一个转换,这样往往会丢失语义。而基于对象模型的数据库在这两个空间中采用了相同/近似的模型,从而使它们之间的语义差距缩小了,也会使得元数据文档到元数据库的映射变得简单高效。

3.3 面向对象的地理空间元数据库的设计准则

作为一种对象—关系型数据库,Oracle 8i 已经加入了非常丰富的对象数据库设计技术^[6],它提供了一些强有力的内建的面向对象能力,如:关系作为数据类型;继承;集合作为数据类型(包括嵌套表和可变数组);用户定义(可扩展的)数据类型。Oracle 数据库中的这些面向对象技术为面向对象的地理空间元数据库的开发提供了强有力的支持。以下为地理空间元数据描述和存储时的总体设计要点:

(1)将从逻辑上进行分类的各元数据子集通过对象类型来描述。(2)将各元数据子集中所包含的元数据实体用对象类型来描述。(3)通过对象类型嵌套的方式,以类似于 XML 树型结构的方式描述元数据。(4)对于由于元数据字典内容导致的变化,由 PL/SQL 存储过程或触发器来实现元数据对象类型定义的维护。

4 网络地理空间元数据管理系统的设计与实现

地理空间元数据标准的作用主要是定义了组成地理空间元数据的元素及其结构,但对元数据的组织管理、网络传输以及用户交互等并没有给出具体规定,如何快速地通过网络获取元数据,并从它所描述的地理空间信息世界中获取所需信息,则是地理空间元数据管理系统所要解决的内容^[7]。为此,本文设计实现了一个基于面向对象元数据库的网络地理空间元数据管理系统。该系统能够为用户提供友好的用户界面及方便快捷的手段,使用户根据自己的权限方便地对元数据信息进行浏览、录入、查询或者编辑等工作,大大提高了元数据使用和管理上的效率。

4.1 系统的总体结构设计

地理空间元数据的发布方与数据需求方之间有着特殊的关系和特点。首先,发布方与数据需求方要进行频繁的网络交流。为了操作与维护的方便,可以让发布方处于被动地位,即把要发布的信息和数据放在本地服务器上特定数据库中,等待用户查询并把用户想要的数据返回给用户,所以在地理空间元数据管理系统的结构设计上采用 B/S 模式。同时,考虑到系统的可扩展性以及层次化结构设计思想,本系统采用 B/S 三层架构。系统的体系结构如图 2 所示。



图 2 系统的 B/S 三层体系结构

客户端发出 HTTP 请求到 WEB SERVER, WEB SERVER 将请求传送给 WEB 应用程序,WEB 应用程序会将数据请求传送给元数据库服务器,元数据库服务器获得所需数据后将数据返回 WEB 应用程序,然后再由 WEB SERVER 将数据传送给客户端。本系统将服务器端划分为 Web 服务器和 Web 应用程序两部分。Web 应用程序实现三层体系结构中的商业逻辑部分,可达到封装源代码,保护知识产权等目的。

4.2 网络地理空间元数据管理系统的实现

在地理信息系统的快速发展和水利信息化大力推进的过程中,水利行业积累了大量的地理数据。在国家水利部的大力组织下,笔者参与开发了《水利地理空间信息元数据标准》(下文简称其为《标准》)。目前《标准》已通过技术专家组的评审,进入最后的报批阶段。待《标准》正式发布后,水利地理空间信息将实现真正意义上的数据共享。为了贯彻和执行该《标准》,本系统的元数据库设计以《标准》为元数据标准,在 Oracle 数据库服务器中建立了相应的面向对象的

理空间元数据库。

本系统采用 MVC(Model-View-Controller)模式进行开发。由 Servlet 接收浏览器发出的请求,Servlet 完成相关处理后传递给 JavaBean,JavaBean 通过 DBMS 提取请求所需要的数据,然后将控制权返回给 Servlet,Servlet 将请求发给 JSP,JSP 利用 JavaBean 获取数据和自己本身的 HTML 创建应答消息并发送到浏览器显示给用户。这种以 MVC 为开发模式的编程,使得各个层次的责任明确而且独立,开发和维护非常容易,系统的可扩展性也非常好。

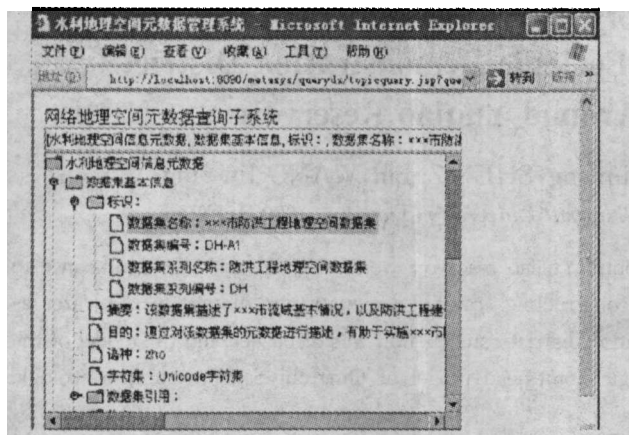


图3 地理空间元数据查询结果

图3是用户通过根据以上开发模式得到的地理空间元数据查询子系统进行模糊查询(该例中输入的主题查询关键词为“防洪”)后得到的界面。在此过程中,JavaBean 与数据库相连并进行查询,然后提取出相应的查询结果并通过 Web 服务器再次传递至客户端并显示。用户获取系统返回的元数据记录后,可据此从服务器上查找并获取自己感兴趣的空间信息,然后对其实施特定的操作。

5 结 语

地理空间元数据的目的在于实现对地理空间信息的有效管理和合理共享,对它的组织和管理将贯穿于空间信息的整个生命周期。但是,目前已有的元数据组织和管理模式存在着诸多问题,不能很好地满足系统开发的要求。对此,本文将地理空间元数据的层次结构划分与面向对象的方法进行类比,发现地理空间元数据存在着很多面向对象的特性。基于此,本文以面向对象的思想对地理空间元数据重新加以认识和描述,并以面向对象的方法组织和管理地理空间元数据,从而以直观的、更接近于人类思维的模式对地理空间元数据进行存储和操作,既合理又高效。为了贯彻和执行《水利地理空间信息元数据标准》,本文设计实现了一个 B/S 三层体系结构的水利地理空间元数据管理系统,并论述了它的体系结构、开发模式以及运行流程。该网络系统的发布必将有助于实现真正意义上的空间信息共享,推进水利信息化的建设与发展。

参考文献:

- [1] 国家基础地理信息中心. 中国可持续发展信息共享元数据标准[DB/OL]. 2002. <http://nfgis.nsdi.gov.cn>.
- [2] 周成虎,李军. 地球空间元数据研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2000,25(6):579—585.
- [3] 邬伦,刘瑜,张晶,等. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [4] 王泽根. 海量空间数据组织及分布式解决方案[J]. 地球信息科学,2000,(1):67—70.
- [5] 蒋景瞳. 中国地理信息元数据标准研究[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [6] Oracle 8i Application Developer's Guide-Fundamentals [M]. Oracle Corporation,1999.
- [7] 汪小林,罗英伟,丛升日,等. 空间元数据研究及应用[J]. 计算机研究与发展,2001,38(3):321—327.

(上接第277页)

1986年 $2.9 \times 10^3 \text{ km}^2$ 和 $2.6 \times 10^3 \text{ km}^2$ 减少到2000年的 $1.3 \times 10^3 \text{ km}^2$ 和 $1.2 \times 10^3 \text{ km}^2$,减少了55.4%和53.9%。水土流失面积增加的城市有东营、淄博、滨州、莱芜和聊城,以淄博市水土流失面积增加最多,由1986年 $1.6 \times 10^3 \text{ km}^2$ 增加到2000年的 $2.9 \times 10^3 \text{ km}^2$,增加了87.5%。

3 结 论

2000年山东省水土流失面积 $3.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,占土地总面积的22.9%,主要分布在鲁西北黄泛平原区与滨海地带、胶东半岛地区和鲁南山地丘陵区。从发展强度来看,大多数属于强度和中度水力侵蚀,这两种类型的面积分别为 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 和 $9.8 \times 10^3 \text{ km}^2$;在山东全省17城市中,水土流失面积最大的城市为临沂市,有 $6.1 \times 10^3 \text{ km}^2$,水土流失面

积最小的城市是枣庄市,有 $1.2 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。经过近十几年来坚持不懈地植树造林、封山育林以及兴建水土保持工程等对水土流失进行综合治理,山东省水土流失状况明显好转,水土流失面积大幅下降,不同侵蚀强度的水土流失面积均有所减少。

参考文献:

- [1] 李运学,邓吉华,黄建胜. 水土流失是我国的头号环境问题[J]. 水土保持学报,2002,16(5):105—107.
- [2] 徐世晓,赵新全,孙平,等. 水土流失及其影响分析[J]. 水土保持学报,2002,16(5):31—34.
- [3] 张国亭. 山东省生态环境现状与对策研究[J]. 山东商业职业技术学院学报,2003,3(4):4—7.