

# 面向对象的3级数据模型\*

杨树强 王峰 陈火旺

(国防科技大学计算机系 长沙 410073)

**摘要** GIS(geographic information system)中的数据可以分为3种类型:几何数据、地理数据和图形显示数据.本文提出的面向对象3级数据模型对这3种数据进行抽象划分,用面向对象的模型描述它们及其之间的关系,并以此作为OOGDB(object-oriented geographic database)的数据模型.

**关键词** GIS(地理信息系统),地图数据库,面向对象,3级数据模型.

**中图法分类号** TP311

## 1 GIS 中存在的问题

GIS(geographic information system)是一个存储、管理、检索、处理、输入和输出地理信息的计算机应用系统. GIS处理的数据比较复杂,包括几何数据(空间数据)、属性数据、图形数据以及它们之间的关系,如何描述复杂的GIS数据是GIS重点研究的内容之一.从GIS的发展历史看,它已经从文件系统模型、关系模型、扩展关系模型发展到面向对象模型.虽然这些系统的描述能力越来越强,但是,所有这些系统的一个缺点是没有将模型和实现独立,它们之间的相互依赖性很强,导致系统的灵活性很差.面向对象技术虽然是一个比较好的分析和设计工具,但是面向对象的方法不只是简单的对象划分,而应该利用面向对象方法描述对象、对象之间的关系以及对象类型之间的关系,使系统具有层次性,简化系统的结构.从目前了解的GIS数据模型看,它们存在以下问题.

### 1.1 空间数据表示一致化

空间数据结构一直分为矢量和栅格两大类型.由于矢量和栅格数据各有其优点和缺点<sup>[1]</sup>,在GIS中可以互补,但是它们之间的操作又非常困难,因而,有许多研究工作是矢量和栅格数据的一体化.<sup>[2,3]</sup>目前,这些工作没有取得令人满意的成果,原因是矢量和栅格是完全不同性质的两种结构,硬从数据结构上将它们一体化是不行的,应该在模型一级一致化,这样有可能采用一种新的技术实现这种一致化模型.

### 1.2 多比例尺地图

\* 本文研究得到国家自然科学基金和国家863高科技项目基金资助.作者杨树强,1968年生,博士生,主要研究领域为数据库,软件工程,地理信息系统.王峰,1963年生,博士生,主要研究领域为软件工程,GIS.陈火旺,1943年生,教授,博士生导师,主要研究领域为软件工程.

本文通讯联系人:杨树强,长沙410073,国防科技大学计算机系

本文1996-08-26收到修改稿

地图表示中的一个问题是同一个地物在不同的比例尺中可能表示成不同的形状。<sup>[4]</sup>同一个地物在不同比例尺的地图中都保留一个备份是当前 GIS 实现多比例尺地图所采用的较普遍的方法。这种方法的数据冗余量很大,不易于维护地图的一致性,数据的检索和处理也不方便,在地图放大和缩小时将出现不连续的感觉。从概念上讲,不管处于何种比例的地图中,同一个地物对用户来说是一致的,只是输出的结果不一样。一个面状地物在大比例尺地图中可能是一个区域,在小比例尺地图中可能退化成一点,在更小的比例尺地图中可能不出现,但它们所表达的内容是一样的。另外,地图在进行比例尺变化时,地图所显示的信息也应该是渐渐地改变、渐渐地消隐和出现。

### 1.3 地图构造

由于用户的层次、水平、思维方式和爱好不同,以及地图输出的目的不同,同一个地理对象在不同的地图上将以不同的图形输出。它要求 GIS 能以多种方式输出同一幅地图。我们认为:在地图上输出的是图形,每个图形表示一个地理对象。每一个地理对象可以有多种输出形式,这要看它同哪一个图形对象联系,以及它们之间是如何联系的。

地图构造的一般过程应该是:选择所需的地理对象、选择将被可视化的属性、选择可视化参数、定义地图构造规则、产生地图、手工修饰。

这一过程要求 GIS 有一定的智能,自动化程度较高。目前的 GIS 还做不到这一点,目前的 GIS 只是已经输入的地图的再现或部分再现。对这种智能 GIS 要求是:可随意选择将被可视化的属性集合,并定义关联函数(见下文)将它们与图形要素联系;可以定义和选择可视化参数;地图构造应基于规则进行,用户可以按自己的爱好和要求选择规则。

### 1.4 多观点

文献[5]介绍了3种用户观点:基于地物(feature-based)的观点、基于层(overlay-based)的观点和几何(geometric)的观点。在本文中,TLDM(three-leveled data model)将 GIS 数据层次分得更详细,抽象层次更高。TLDM 的基本特征是 feature-based,同时定义了不同的 feature(几何、地理和图形)和不同的层(几何、地理和图形)。

### 1.5 开放性

· GIS 是一个涉及多学科和技术的计算机系统,它只能是各种先进方法和技术的集成,由于各学科和技术在不断发展,因而 GIS 本身必须能利用最新的方法和技术更新自己。

· GIS 作为一个开发环境或者应用系统,必须能适应相应领域的变化和发展,满足新的应用需求。

所有这些问题都体现了当前 GIS 的不足,本文旨在提出一个新的数据模型,该模型能充分地考虑这些问题,从模型的角度试图解决这些问题。

## 2 面向对象的3级数据模型 TLDM

TLDM 是一个面向对象的地图数据模型。在以往的 GIS 中,已经有许多采用了面向对象的技术和方法<sup>[2,4,6~9]</sup>,还有许多面向对象的数据库以 GIS 作为它们的应用实例<sup>[10,11]</sup>,一方面,这说明面向对象的技术比较适合 GIS,因为:

· 面向对象的方法允许根据对象的行为分类,即使它们的结构可能不同,如矢量和栅格的点可以分为一类 POINT;

- 在不知道对象特征的情况下,也可以操作对象(向对象发消息);
- 对象的属性可以是其它类型的对象;
- 可以将复杂的结构(如多边形)作为一个单元处理;
- 封装保证了数据的独立性;
- 对象标识独立于对象值.

另一方面,这说明目前面向对象方法和技术在 GIS 中的应用还不成熟. 从这些模型和系统来看,它们的基本思想是类似的,其区别是对象的划分和类层次结构的定义不同. TLDM 也不例外,TLDM 与上述 GIS 的区别在于它的抽象层次更高,对象的层次分明. TLDM 将 GIS 数据分成 3 大类,并定义了它们之间的关系,如图 1 所示.

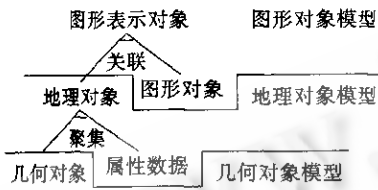


图1 TLDM数据模型

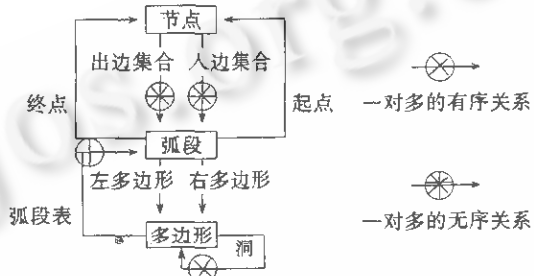


图2 几何对象之间的关系

### 2.1 几何对象模型

几何对象模型将地图看成几何对象的集合,这些几何对象描述了地物的形状、空间位置关系、空间拓扑关系以及几何度量信息,几何对象封装了所有的空间操作. 几何对象分为 3 个基本的类:节点、弧段和多边形,它们之间的关系(拓扑关系)表示如图 2 所示.

有了这 3 类几何对象,众多的其他几何对象(较具体的几何对象)可以定义成它们的子类进行扩展,如图 3 所示.

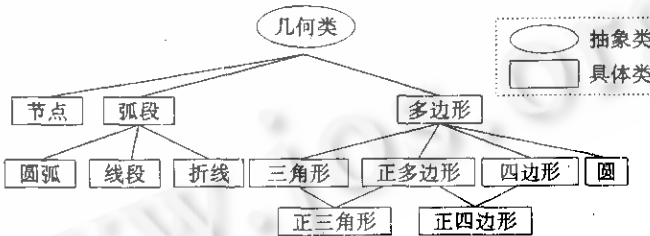


图3 几何对象类的层次结构

几何对象模型体现了矢量栅格一体化的思想,也是一种比较好的一体化途径,这一模型允许且支持多种几何对象表示,如图 4 所示.

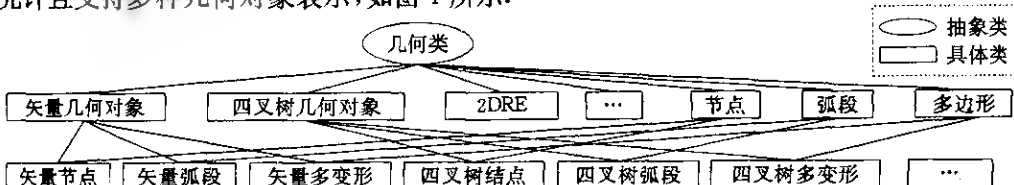


图4 几何对象以及多种实现之间的关系

### 2.2 地理对象模型

在几何对象中,没有对地物的地理意义进行定义和解释,主要是为了保持几何对象的独

立性,将几何对象的管理和操作以及空间关系的维护集中在几何层上.地理对象模型则专门定义和解释几何对象,给同一个几何对象赋予不同的属性,可以将同一个几何对象解释成不同的地物.地理对象被分成4种基本的类型:点状地物、线状地物、面状地物和复杂地物,复杂地物被定义成地图(在下面定义).地理对象和几何对象之间的关系定义如图5所示.

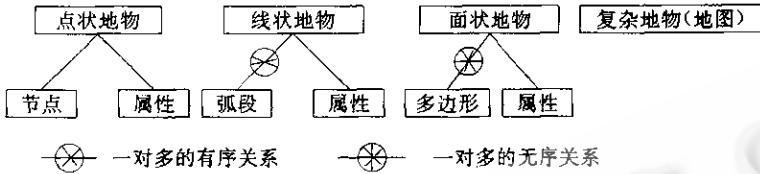


图5 地理对象和几何对象之间的关系

地理对象之间的空间关系由组成它们的几何对象推导,如面状地物是否相交(基于同一几何层),只需判断它们是否包含公共的多边形,地理对象之间空间关系(部分)定义见表1.

表 1

关系	点状地物	线状地物	面状地物
点状地物	=, ↔	⊂, ↔	⊂, ↔
线状地物	⊃, ↔	=, ∪, ≈, ⊇, ⊆, ↔	∩, ⊂, ↔, ⊗
面状地物	⊂, ↔	∩, ↔, ⊕, ⊃	=, ∩, ⊇, ⊆, ↔

=:对象相等;↔:对象可达;⊂:被包含;∩:对象相交;⊗:线状地物为面状地物的边界组成部分;≈:线状地物之间平行;⊇:包含;⊆:被包含;⊕:面状地物以线状地物为其边界的组成部分;⊃:包含.

点状地物、线状地物、面状地物和复杂地物只是给出了地物类的抽象定义,具体的地物类可以通过定义它们的子类实现,如图6.

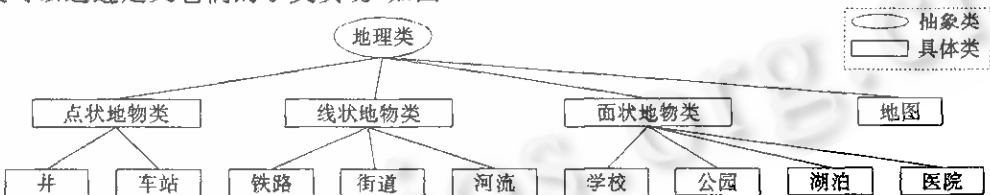


图6 地物类层次结构

### 2.3 图形对象模型

地图的构造和输出是GIS的重要组成部分,地理数据只有以图形方式(或其他可视方式)输出,才能被用户理解和接受.TLDM的图形对象模型描述了GIS所输出的图形对象和地理对象之间的关系,这种关系被称为关联.地理对象和图形对象的几何属性是自动关联的,而图形对象和地理对象属性的关联是用关联函数描述的.比如,在人口调查图中,用颜色表示各地区的人口密度,其关联函数定义如下:

设TGRAPHPOLYGON表示多边形图形对象类,TGEOGRAPHPOLYGON表示多边形地理对象类(地区类),则下式定义了TGEOGRAPHPOLYGON与TGRAPHPOLYGON的对象之间的关联关系:

```
associate(TGRAPHPOLYGON)with(TGEOGRAPHPOLYGON)by{
    TGRAPHPOLYGON. color = TGEOGRAPHPOLYGON. population/TGEOGRAPHPOLYGON.
```

area();

TLDM 定义的图形类为点状图、线状图和面状图,在它们之下定义具体的图形类作为它们的子类,如图 7.

TLDM 用关联函数将图形对象和地理对象联系起来,如图 1,并将它们的结果称为图形表示对象.

TLDM 将图形类抽象出来的目的是为了更方便地图构造,也解决了比例尺变化的问题.因为 TLDM 支持:

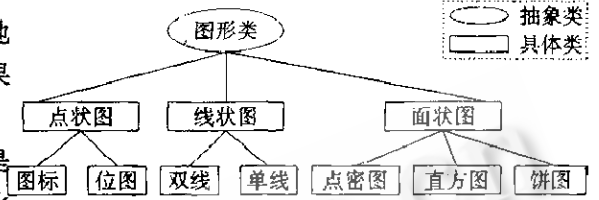


图7 图形类层次结构

• 定义动态关联

先给出一组离散的比例,从小到大为  $scale_1, scale_2, \dots, scale_n$ ,在地图构造的规则中可以定义如下基于比例尺的规则:当比例尺属于某一范围(如  $(scale_i, scale_j)$ )时,地理对象与何种图形对象关联,关联属性是什么,关联函数是什么.这些规则可以定义在对象或者类上,当关联的图形为  $\emptyset$  时,表示不显示.

• 定义显示规则

- 1) 定义显示的顺序,如先显示面状地物,再显示线状地物,最后显示点状地物;先显示面状图,再显示线状图,最后显示点状图;
- 2) 当显示的某类图形大小(对不同类图形大小定义不一样,如点状地物和面状地物的大小定义为其最小封闭矩形,线状地物的大小定义为线宽)小于某一范围时,不显示;
- 3) 符号化规则,如整幅地图的颜色要协调,各地物的大小要协调;
- 4) 地图综合规则,如名字的摆设、线状地物的光滑度等,它与具体的功能有关.

2.4 TLDM 下地图的定义

和传统的 GIS 一样,TLDM 将地图定义为层的有序集合,但 TLDM 的层和地图分为 3 种类型:几何层、几何图、地理层、地物图、表示层和表示图(简称地图).它们的关系如图 8.

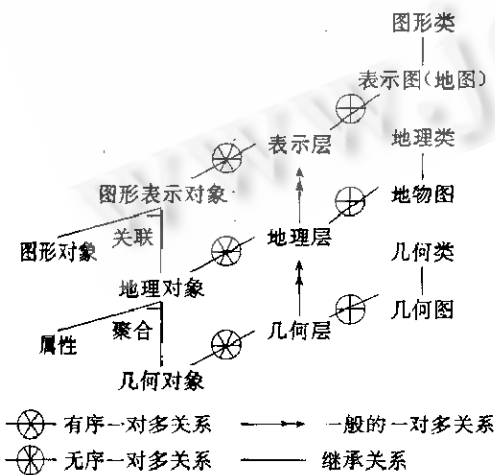


图8 TLDM的地图以及图层的结构

具体的定义如下:1)表示层为图形表示对象的集合.2)地理层为地理对象的集合.3)几何层为几何对象的集合.4)地图为表示层的有序集合.5)地物图为地理层的有序集合.6)几何图为几何层的有序集合.7)地图(几何、地理和表示图)作为基本对象(几何、地理和图形)类的一个子类,用于表示复杂的 GIS 对象(几何、地理和图形),如:学校是由教学区、生活区和娱乐区组成的地图,而学校又是城市规划图中的独立对象,这时,学校可看成城市规划图中的复杂 GIS 对象.

TLDM 尽可能将同一区域的几何对象组织在一个几何层内,基于该几何层可建立多个地理

层,在地理层之上又可定义多个表示层,通过上述对地理类和表示类的定义,通过共享几何对象和地理对象,可减少或消灭数据冗余,比较容易推导不同地理层或表示层(基于同一几何层或地理层)上的地物之间的空间关系,便于空间分析,也易于维护地图数据库的一致性。

### 3 总 结

TLDM 是为解决文章开始所提出的问题而设计的一个面向对象的 3 级数据模型。该模型层次结构清楚,在面向对象的环境下很容易实现。OOGDB 借助于 DBC++ 已经部分地实现了这一模型。TLDM 具有很大的灵活性,基于 TLDM, GIS 的问题将转变成比较独立的子问题,如地图的几何数据结构、地图构造和输出等。该模型也显示出 GIS 的主要问题不在 GIS 的知识表示,而在其他学科和技术,如地图 I/O、模式识别、制图等的发展与突破。

### 参考文献

- 1 Egenhofer M J, Frank A U. Object-oriented software engineering consideration for future GIS. In: Proc. of the Second International Symposium on Geographic Information Systems, Baltimore, USA, 1986.
- 2 龚健雅. GIS 中矢量栅格一体化数据结构与面向目标数据模型的研究[博士论文]. 武汉:武汉测绘科技大学, 1991.
- 3 Burrough P. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Clacendon Press, 1986.
- 4 Andrew U Frank, Sabine Timpf. Multiple representations for cartographic object in a multi-scale tree——an intelligent graphical zoom. *Compute. & Graphics*, 1994, **16**(6): 823~830.
- 5 Roberts S A, Gahegan M N. An object-oriented geographic information syatem shell. In: *Information and Software Technology*, 1993, **35**(10): 561~572.
- 6 Egenhofer Max J, Frank Andrew U. Object-oriented modeling in GIS: inheritance and propagation. Ninth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, April 2~7, 1989.
- 7 Choi Amelia, Luk W S. A Bi-level object-oriented data model for GIS applications. *IEEE*, 1990.
- 8 Roberts S A, Gahegan M N, Hogy J *et al.* Applications of object-oriented databases to geographic information systems. In: *Information and Software Technology*, 1991, **33**(1): 38~45.
- 9 Peter Van Oosterom, Jan Van Den Bos. An object-oriented approach to the design of geographic information systems. *Comput. & Graphics*, 1989, **13**(4): 409~418.
- 10 Peng Zhiyong. An object deputy model for advanced database applications[Ph. D. thesis]. December 1994.
- 11 冯铃. 分布式面向对象数据库的基本原理与实现技术[博士论文]. 武汉:华中理工大学, 1995.

## OBJECT-ORIENTED THREE-LEVELED DATA MODEL

YANG Shuqiang CHEN Huowang WANG Feng

(Department of Computer Science National University of Defense Technology Changsha 410073)

**Abstract** GIS (geographic information system) data can be divided into three sorts: geometric data, geographic data and graphic data. TLDM proposed in this paper describes these three sorts of data and their relationships with object-oriented model. TLDM is used as the data model of OOGDB implemented.

**Key words** GIS (geographic information system), geographic database, object-oriented, three-leveled data model.

**Class number** TP311