

GIS

面向对象  
域

数据模型  
对象  
集成

25

91-94, 21

# 一种域和对象相集成的面向对象 GIS 数据模型

An Object-Oriented GIS Data Model Integrating Field and Object

李军 景宁 孙茂印

P9

(国防科技大学电子工程学院 长沙 410073)

**Abstract** The field-based model and object-based model are two classes of spatial information models. Many applications require that the two models should be integrated together. However, the integration of these two models causes many problems from high-level modeling, through data structure to system implementation. Based on investigating the problems in the process of integration, we propose an object-oriented approach for the integrated model in conceptual data model level, which solve many problems existing in integration.

**Keywords** Field-based model, Object-based model, Object-oriented model, GIS

## 1 引言

长期以来,地理信息系统(GIS)技术得到了稳定和快速的发展,在空间信息的采集、建模、管理和分析等方面取得了大量的成果。由于空间信息模型是GIS研究的基础,许多研究者对空间信息模型进行了深入研究。空间信息模型可以分为两类:基于域(Field-based)的模型和基于对象(Object-based)的模型<sup>[1,2]</sup>。基于域的模型将信息空间视为一定空间分布的集合体,每个空间分布可以视为一个从空间网格到空间属性的数据函数<sup>[2]</sup>。这种模型适合表示连续的空间特征,例如降雨量分布和气温分布等。空间网格可以由规则的栅格(如矩形、等边三角形)或不规则的栅格(如TIN,即不规则三角形网络)组成。基于域的模型的操作可以分为四类:“local”、“focal”、“incremental”和“zonal”<sup>[3]</sup>。

基于对象的模型将信息空间视为离散的可标识的对象的集合,每个对象各带一个与空间数据相关的空间参数对象<sup>[1,2]</sup>。这种模型适合表示离散的、不连续的空间特征。这种模型中,每个对象都有自己的属性和方法,更适合描述自然界的实体。基于对象的模型有着与基于域的模型截然不同的操作,如“merge”、“split”和“reproduce”等。

基于域的模型主要处理数据的空间分布,而基于对象的模型主要处理带空间参数的对象,它们各有自

己的优缺点和适用范围。但是,许多应用要求集成这两种模型,如在交通信息管理系统中,我们需要以基于域模型的三维地形为基础,在三维地形上分布房屋等各种地物,这些地物需要采用基于对象的模型。通过建立集成这两种模型的GIS系统,我们可以检索各种地物设施的信息,根据地形的匹配确定最佳的行进路线,并进行仿真。

在许多文章中提到的栅格模型与矢量模型和基于域与基于对象的模型在概念上是基本一致的。但基于域和基于对象的模型是较高层次的空间信息模型的划分方法,而栅格模型和矢量模型是一种实现手段的划分。根据不同的应用需求,两种空间信息模型既可以只用栅格模型实现,也可以只用矢量模型实现。

Chrisman 和 Peuquet 最先描述了这两类相互对立的空信息模型。1988年,Peuquet 提出了一种集成域和对象的概念模型<sup>[4]</sup>。1991年,Egenhofer 和 Herring 呼吁在 GIS 系统中集成这两种模型,在这两种模型中建立联系<sup>[4]</sup>。1992年,Kemp 讨论了采用面向对象方法来实现基于域的模型的方法<sup>[5]</sup>。Couclelis 讨论了这两种模型之间的关系,解释了对这两种对立模型进行研究的重要性<sup>[3]</sup>。1995年,Worboy 通过比较这两种模型的代表方法和处理过程,分析了这两种模型的属性、操作和各自的特征<sup>[2]</sup>。他指出这两种模型是相互对立的,描述了这两种模型进行集成的困难,并认为集成模型的出现是未来 GIS 的一个重要发展方向。1997年,

李军 博士生,专业方向:地理信息系统、面向对象数据库,景宁 教授,博导,专业方向:地理信息系统、数据库技术、计算机网络信息服务,孙茂印 教授,博导,专业方向:图形、图像处理和可视化技术。

Adam 和 Gangopadhyay 详细讨论了这两种模型的基本概念、数据表示方法、数据模型、数据存取方法和查询方法<sup>[1]</sup>,并介绍了一些集成这两种模型的方法。由于面向对象数据库已经在学术界得到广泛应用,而且面向对象建模方法是非常有效的建模工具,因此,Worboys 和其它许多专家都指出面向对象设计和实现是集成这两种模型的最佳途径。

虽然已有许多研究者在集成这两种模型的研究中做了大量的工作,但大都还只是理论上的成果,还很少有实用的系统出现,在集成模型的实现上还存在着许多困难。一些已有的集成系统也一般局限于这两种模型的同时显示等简单的功能,而且无法同时集成于数据库中,对于这两种模型的集成查询、集成计算等无法实现,还不能算真正的集成系统。

我们从面向对象 GIS 技术出发,考虑到具体应用,设计了一种新的集成型面向对象数据模型,并且在 CA 公司最新推出的商用面向对象数据库管理系统“Jasmine”中初步实现了这种集成模型。

## 2 域和对象相集成的面向对象数据模型

GIS 的面向对象数据模型经过多年的研究,取得了大量的成果<sup>[9]</sup>。我们在这些研究工作的基础上,采用面向对象建模方法集成基于域的模型和基于对象的模型,目标是建立一个集成这两种模型的地理信息系统。为了实现这两种模型的集成,我们首先讨论集成过程中存在的问题,然后,通过对这些问题的解决,我们提出了一种以面向对象数据库管理系统“Jasmine”为基础设计和实现的数据模型。

### 2.1 域和对象集成过程中存在的问题

我们的面向对象数据模型采用目前广为应用的层次体系结构,将地图定义为整个体系结构的最底层,每个地图又可以分为许多图层。

对于基于域的模型和基于对象的模型来说,图层的划分规则是截然不同的。对于基于域的模型,图层根据需要测量的属性划分,每个图层表示该属性的分布,如温度层、高度层。在每个图层中,每个栅格的位置和其属性都必须存储。一个空间对象根据不同的属性可以位于若干图层中。对于基于对象的模型来说,图层则根据对象的类型划分,通常一个空间对象只属于一个图层,如水系层、交通层。

我们可以采用基于对象的模型或基于域的模型表示同一个自然实体。例如,采用基于对象的模型,一个湖被定义成一个对象,并带有许多属性,如面积等,它属于水系层。而如果这个湖采用基于域的模型表示,我们将主要考虑它的属性的分布情况,如水位、温度等,则图层应分为水位层、温度层。在域和对象的集成过程

中,通常我们需要存储每个图层的空间数据和属性数据,所以我们将遇到根据哪种模型来划分图层的问题。

基于域的模型和基于对象的模型的集成应包含两种情况:

A. 在一幅地图中,既包含根据基于对象的模型划分的图层,又包含根据基于域的模型划分的图层。根据两种模型划分的图层应共存,并能共同进行操作,如同图层的联合查询。

B. 在同一图层中,既包含根据基于对象模型建模的空间对象,也包含根据基于域模型建模的空间对象。在同一图层中的各个对象应能进行同种操作,如在以基于域的模型划分的图层中,所有空间对象,包括采用基于对象模型建立的空间对象,都必须能共同进行基于域的操作。

因为面向对象方法是集成这两种模型的最佳途径,我们需要把所有数据存储在面向对象数据库中。采用基于域的模型时,我们将自然对象作为数据库中的对象,其在某一区域的每个属性的分布当成数据库中该对象的一个属性。对于基于对象的模型,自然对象作为数据库中的对象,而其形状的描述和该自然对象的整体性质作为数据库中该对象的属性。数据库中的这两类对象表示了两种不同的模型。

对于某些应用,这两种模型的对象必须集成在同一图层中。虽然一些对象是采用基于对象的模型建立的,但我们可能也需要关心它的属性,将它放在根据基于域的模型划分的图层中,和采用基于域的模型建立的对象共存。反之,采用基于域模型建立的对象也可能集成在根据基于对象的模型划分的图层中。当两种模型的对象共存于一个图层中,在某种意义上,可以说两种模型已经集成。然后我们的工作就是怎样在这两类对象之间将空间和属性信息综合在一起,使这两种模型能进行共同的操作。当然,两种模型之间的相互转换是必要的。

因为两种模型的对象可能属于同一图层,我们首先应该确定该图层是根据哪种模型划分的,然后我们的工作将集中在该图层中基于另一种模型的对象的操作上。也就是说,当一个图层中存在两种模型的对象时,我们需要确定哪一种模型为主要模型,这可以根据该图层的划分标准确定。因此,我们将两种模型在同一图层中的集成分为两种情况:

A. 基于域的模型是主要模型。我们应把重点放在处理采用基于对象的模型上,对于以基于对象的模型建立的对象,对象的边界信息应当作为一个特殊的栅格,该对象与该图层相关的属性应看成是该栅格的属性。

B. 基于对象的模型是主要模型。我们应把重点放在处理基于域的模型上,对于以基于域的模型建立的

对象,空间网格应当成一个整体的形状描述,其属性的平均值当成该对象的一个整体属性。

在两种模型的集成过程中还存在其它许多问题。由于两种模型的操作截然不同,集成模型需要适应不同类型的操作,一种模型需要能进行专属于另一种模型的操作,这在实现上还有很多困难。

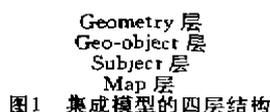
集成模型的数据表示也非常重要。在基于域的模型中,空间数据可以用四分树表示<sup>[10]</sup>。在基于对象的模型中,拓扑数据的表示非常重要,应该和几何数据结合在一起。目前已有许多拓扑数据的表示方法,如 NAA、DCEL<sup>[22]</sup>等。这些表示方法都需要能在集成模型中实现。

在本文中,我们将重点集中在集成模型的体系结构上,主要阐明两种模型的集成方法,对空间操作,数据表示等具体问题,则只讨论实现的思路。

## 2.2 集成模型的体系结构

通过对集成基于域和基于对象这两种空间信息模型的研究,并以面向对象数据库管理系统 Jasmine 为基础,我们设计了一种集成这两种模型的面向对象数据模型。Jasmine 是最新的商用面向对象数据库管理系统,它支持 ADT、继承、方法、封装等绝大多数的面向对象特性,适合存储空间数据、多媒体数据等具有多维特征的数据<sup>[9]</sup>,在许多领域得到了广泛的应用。

这种集成模型将所有数据无缝地集成在面向对象 DBMS 中,在纵向上采用了图层结构。整个模型从下到上可分成四个层次:Map 层、Subject 层、Geo-object 层和 Geometry 层,如图1所示。



2.2.1 Map 层 是整个数据模型的基础,包含类 Map,描述所有需要处理的地图对象,其基本的属性和方法如下所示:

```
Class Map{
    name: String;
    scale: Real;
    subject: bag of Subject;
    overlap();
}
```

其中,方法 overlap 代表该地图中图层之间的操作,符号“bag of”是 Jasmine 的专用符号,表示对象的集合,属性 subject 表示属于该地图对象的图层,在本文中,我们只列出了一些基本的属性和方法,用来阐明数据模型的结构。

2.2.2 Subject 层 如图2所示,Subject 层包含的类表示地图中的图层,可以根据域的属性或对象的类型划分。首先定义一个超类 Subject,用来表示图层的特性以及它与其它层次之间的关系。由于在“Jas-

mine”中,类和子类之间存在继承关系,子类可以继承其超类的所有属性和方法,因此,我们定义两个子类 Field-primarily 和 Object-primarily,分别表示上一节中提到的两种模型集成在同一图层的两种情况。子类 Field-primarily 表示基于域的模型是主要模型的情况,子类 Object-primarily 表示基于对象的模型是主要模型的情况,由于两种模型涉及的空间操作截然不同,我们需要确定根据哪一种模型来进行图层的划分,在该图层中这种模型则是主要模型。如果根据基于域的模型分层,则该图层定义为 Field-primarily 的实例,反之定义为 Object-primarily 的实例。

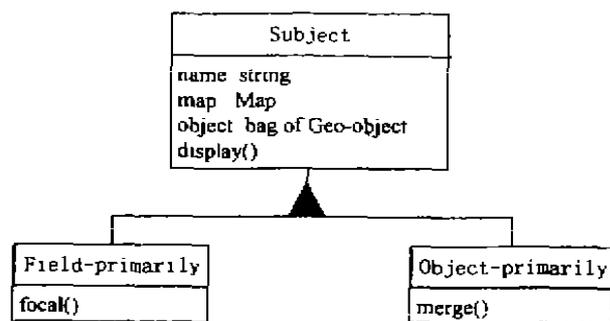


图2 Subject 层

在同一个层次中,我们采用了继承关系来表示类之间的关系,而在不同的层次间,类之间的联系通过属性的双向引用来维持,引用属性的数据类型是引用类或其子类的集合。这种双向引用便于在数据库中进行类的联合查询。例如,可以通过类 Subject 中的属性 map 查询到其图层位于哪个地图,通过类 Map 中的属性 subject 查询该地图中包含哪些图层。同样,在其它层次中也含有这种双向引用。

2.2.3 Geo-object 层 如图3所示,Geo-object 层中的类表示对自然界的实体的描述。首先定义了一个超类 Geo-object,属性 subject 表示该对象属于哪个图层,两个子类 Field-obj 和 Object-obj 分别表示采用基于域的模型和基于对象的模型建立的空间对象,为了使面向对象数据库能够集成基于域的模型,我们将基于域的模型中整个网格视为一个对象,行为类 Field-obj 的实例。在该网格中的属性的分布定义成一个类 Distribution,用来描述每个栅格的坐标和属性值,我们将它放在 Geometry 层中,在类 Field-obj 中,属性 attr1、attr2 分别代表属性在同一空间网格中的分布,当采用基于对象的空间信息模型时,将每个自然实体当成类 Object-obj 的对象,在类 Object-obj 中,属性 attr1 和 attr2 是对象的整体属性,当该对象处于根据基于域模型划分的图层时,该属性就是该对象在所占网格的

平均分布,根据实际对象的空间形状,类 Object-obj 又有三个子类 Point-obj、Line-obj 和 Polygon-obj 分别表示点状物体、线状物体和面状物体。

例如,要测量一个地区的温度和湿度,首先定义一个连续的网格作为类 Field-obj 的对象,并具有属性 temperature 和 humidity,分别表示温度和湿度在该网格上的分布。对于该地区的一些具有多边形边界的不规则区域,我们定义为类 Polygon-obj 的对象,这两个

对象属于两个以基于域的模型为主要模型的图层 temperature 和 humidity。

一些专用于基于域的模型的操作,如“local”、“focal”、“zonal”类型的操作,都定义在类 Field-obj 中,专用于基于对象的模型的操作,如“merge”、“split”等,定义在类 Object-obj 中。而一些两种模型都需要的操作定义在类 Geo-object 中。

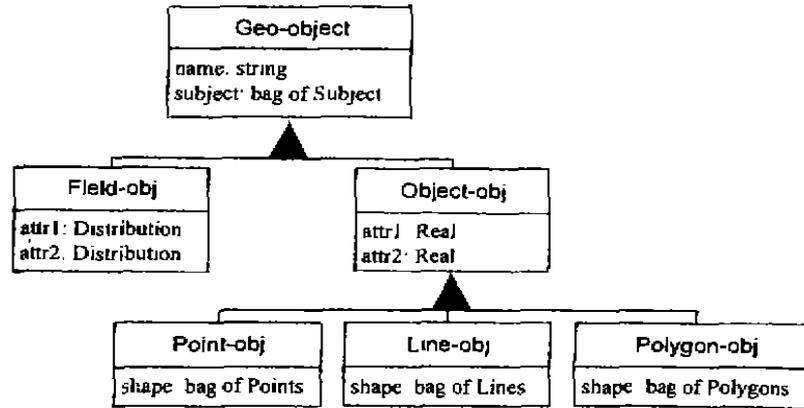


图3 Geo-object 层

2.2.4 Geometry 层 如图4所示,Geometry 层的类用来存储不同类型的具体的几何数据。四个子类 Points、Lines、Polygons 和 Distribution 分别存储点状物体、线状物体和面状物体的几何数据以及基于域模型中属性的空间分布数据。这四种类的表示便于基于

对象模型的拓扑表示方法和基于域模型的编码组织方法的实现。如对于基于对象的模型,将 Points、Lines、Polygons 三类联合表示可以实现 NAA、DCEL 等拓扑数据表示方法。而在类 Distribution 中,四分树等基于域的数据表示方法可以直接应用。

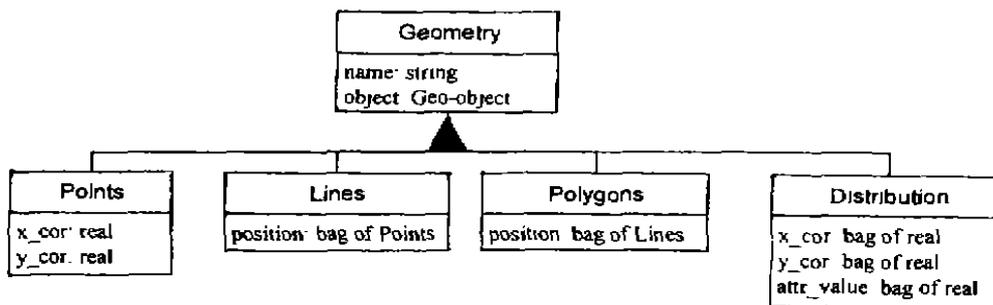


图4 Geometry 层

### 2.3 集成模型的优缺点分析

该集成模型详细考虑了两种空间信息模型集成过程中出现的各种情况,将这两种模型通过面向对象数据库中的层次结构以及继承、方法等特点真正地集成在一起,从而获得数据库管理的优越性,能适应一些复杂的应用需求,有利于两种模型的联合查询和联合计

算。由于以面向对象数据库为基础,且综合了传统的 GIS 图层划分技术,该模型的可扩展性较强,建模能力较强,对于其它数据具有一定的兼容性。同时,由于在对象中引入方法,使得各种空间操作内嵌于集成模型中,两种模型的空间操作容易融合在一起。

(下转第21页)

互),这意味着:

1)这些场景是同一类的场景,也就是说是在同一基本场景的不同变种。同一类场景群束在同一个构件下被认为是一个好的设计,这也预示着系统的功能分配比较合理。换句话说,这一类场景在体系结构方面的内聚性比较高。

2)场景交互可能意味着场景是不同类的,而且构件可以进一步划分,但是在原始的体系结构描述中没有这种划分。正如我们在前面讨论时,体系结构的描述层次是否合适是由场景描述决定的,即以出现尽可能少的场景交互为原则。

3)交互的场景可能属于不同的类,而且不可进一步划分。这样的话,则预示着软件体系结构在这个领域上存在潜在的问题,因为不同类的场景却影响着同一个构件。

上面讨论的场景交互体现的内涵,不仅指出场景交互对于体系结构分析的意义,实际上也说明了体系结构的描述和表示必须遵循的一些原则。这正是基于场景的软件体系结构分析方法的真正的动机,也是场景描述在体系结构分析中的真正意义所在。

#### 4.4 决定场景集

在基于场景的软件体系结构分析方法中,场景是核心。那么,对于一个软件系统来说,到底该有多少场景才可以充分分析软件的体系结构呢?我们认为:新场景的开发已经无益于设计,则应该停止开发新场景,这就和测试一样,无论什么时候,都不能说测试用例已经非常充分了,但是在新的测试用例加入且已经无法改进软件时,我们可以将其定为一个测试充分点,减少场景的数量,一个有效方法是进行场景的等价类划分。

#### 4.5 进一步的工作

(上接第94页)

但该集成模型也存在一些缺点。虽然该模型详细地考虑了两种模型集成的各种情况,但没有考虑该模型对系统性能的影响,许多地方还有待进行优化,因此,以这种模型为基础的应用系统效率不高,而且由于该模型考虑的主要是一些通用的情况,对于一些特殊的应用背景未做考虑,因此,对于真正的应用系统的开发,还需要许多额外的工作。

#### 参考文献

- 1 Adam N R, Gangopadhyay A. Database issues in Geographic information systems. Kluwer Academic Publishers, 1997
- 2 Chrisman N R. Concepts of space as a guide to cartographic data structures. In: Proc. of the first interl. advanced study symposium on topological data structures for geographic information systems, 1978. 1~19
- 3 Couclelis H. People manipulate objects (but cultivate fields); Beyond the raster-vector debate in GIS. In: Frank A U, et al. eds. Theories and Methods of Spatial-Temporal Reasoning in Geographic Space, Berlin: Springer-Verlag, 1992. 65~77

基于场景的软件体系结构分析方法充分地利用了场景的上下文相关性,从场景的开发过程中不断地提取软件的体系结构信息,形成了一系列的场景交互。通过场景和体系结构中的构件耦合进行相应的场景评估,根据体系结构中质量因素的重要程度分配相应的权重,最终得出体系结构的评估结果。按照这样的思路,基本上可以比较客观地评价待分析的软件的体系结构的静态质量属性,而且还可以有效地度量其动态质量属性,即进一步演进的可行性及代价。

但该方法的某些活动上的不确定性使得可操作性存在一定的局限,如场景集的确定会因人而异,从而评价结果很可能不一致。另外,总体评估未能给出较通用的数学模型(和质量度量模型吻合),使得执行该方法时缺少必要的尺度。这些正是作者进一步研究的兴趣所在。

#### 参考文献

- 1 Dardenne A. On the Use of Scenarios in Requirements Acquisition. [CIS-TR-93-18]. Department of Computer and Information Science, University of Oregon, 1993
- 2 Kruchten P B. The 4+1 view model of architecture. IEEE Software, 1995, 12(6): 42~50
- 3 Kazman R, et al. Scenario-Based Analysis of Software Architecture. IEEE Software, 1996(Nov.): 47~55
- 4 Cartiere J, Kazman R. SEI CMU, Assessing Design Quality From a Software Architectural Perspective. Available at: <http://www.sei.cmu.edu/publications/articles/>
- 5 Kazman R, et al. SAAM: A Method for Analyzing the Properties of Software Architecture. Available at: <http://www.sei.cmu.edu/publications/articles/>
- 6 Brown A, et al. A Case Study in Assessing the Maintainability of a Large, Software-Intensive System. In: Proc. of the Intl. Symposium on Software Engineering of Computer Based Systems, Tucson, Az., IEEE Computer
- 7 SafeProC 用户手册. 北航软件所
- 8 Egenhofer M J, Herring J R. High-level spatial data structures for GIS. In: Maguire D J, et al. eds. Geographical Information Systems: Principles and Applications, Longman, 1991. 227~237
- 9 Ishikawa H, et al. An object-oriented database system jasmine: Implementation, Application, and Extension. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1996, 8(2)
- 10 Kemp K K. Environmental modeling with GIS. A strategy for dealing with spatial continuity. In: Proc. of GIS/LIS Annual Conf. Bethesda, MD: ASPRS and ACSM, 1992. 397~406
- 11 Peuquet D J. A conceptual framework and comparison of spatial data models. Cartographic, 1984, 21(4): 66~113
- 12 Peuquet D J. Representation of geographic space: toward a conceptual synthesis. Annals of the Association of American Geographers, 1988. 375~391
- 13 Roberts S A, Gahegan M N. An Object-Oriented Geographic Information System Shell. Information and Software Technology, 1993, 35(10): 561~572
- 14 Samet H. The Design And Analysis Of Spatial Data Structures. Addison-Wesley, 1990
- 15 Tomlin C D. Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice-Hall, 1990
- 16 Worboys M F. GIS: A Computing Perspective. Taylor & Francis, 1995