

基于 COM 组件技术的 GIS 空间模型库研究

张文江¹⁾ 陈秀万¹⁾ 李京¹⁾ 李小娟²⁾ 吴欢¹⁾

¹⁾(北京大学遥感与 GIS 研究所, 北京 100871) ²⁾(首都师范大学地理系, 北京 100037)

摘要 已有的研究表明,空间分析功能是 GIS 区别于其他系统的本质特征之一,然而当前大多数的 GIS 都没有空间模型库,这在一定程度上制约了 GIS 空间分析能力的实现,而对于 GIS 中相同或相似的空间分析功能,在许多应用系统中则又分别进行了重复或二次开发。这样的重复工作,显然是对人力物力资源的浪费。通过引入软件工程的 COM 组件技术,在研究空间模型库构建的基础上,设计了空间模型组件库的总体框架,探讨了空间模型组件的实现技术。研究表明,基于 COM 组件技术的空间模型组件库,在增强 GIS 组件复用性的同时,也有助于 GIS 的空间分析功能的实现。

关键词 空间模型 COM 组件 可复用性 地理信息系统

中图法分类号: P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2003)01-0110-05

The Study on GIS Spatial Model Base Using COM Technology

ZHANG Wen-jiang¹⁾, CHEN Xiu-wan¹⁾, LI Jing¹⁾, LI Xiao-juan²⁾, WU Huan¹⁾

¹⁾(Inst. of RS&GIS at Peking University, Beijing 100871) ²⁾(Dep. of Geography, Capital Normal University, Beijing 100037)

Abstract One important advantage of Geographical Information System (GIS) is its spatial analyses. According to researches and applications, the best way to implement the spatial analyses is to use the tool of model. However, many GIS systems lack spatial model base in different degrees, which in a sense constrains the spatial analysis ability of GIS. But different from common models, the spatial models must cope with and operate complex spatial data that bring many specific difficulties. So the development of spatial model is very slow compared with that of GIS applications and the related requirements. Introducing the COM technology, this paper studies the reusable spatial model base that is independent to specific applications. Then, based on the study a model base frame is advanced and its implementation is discussed. Our study shows that introduction of COM technology into GIS spatial model base, not only can enhance the reusability of GIS software, but also can help the realization of GIS spatial analyses. Because of the complexity brought by the spatial data, more issues remain to be further studied.

Keywords Spatial model base, COM technology, Reusable, Geographical information system

0 引言

目前,大多数的 GIS 都是以数据库软件系统为驱动核心,而模型在系统中处于从属地位。由于这种 GIS 主要提供原始数据和有限的底层生成信息,其只能提供数据级的支持,因此面对复杂的、结构化较差的空间决策问题显得无能为力^[1]。虽然 GIS 在属性模型方面已有很大的发展,但在空间模型方面的

进展却比较缓慢,已滞后于应用的需要和发展。笔者在海洋渔业服务信息系统的项目研究中,对海洋渔业服务模型库系统进行了研究,同时通过引入关系型数据库的管理方式来对海洋渔业属性模型进行分类和维护,并支持模型的生成、存储、查询、运行和分析应用,进而完成了海洋渔况速报、资源量评估与预报等功能^[2]。本文在该研究基础上,通过引入 COM 组件技术来构建能够同 GIS 有效衔接的空间模型组件库,以增强 GIS 的空间分析能力。

基金项目:国家自然科学基金(40171074)

收稿日期:2001-10-17;改回日期:2002-04-28

1 GIS 模型库的发展

空间模型库是当前GIS 领域一个十分活跃的研究领域。Blanning 早在20 世纪80 年代初,便提出了模型库的概念,并用模型库查询语言(MQL)来管理模型^[3];之后,Dolk 等提出了基于框架和知识表达的模型抽象技术^[4];1987 年,Geoffrion 设计了结构化模型构造语言,并首次将结构化程序设计思路引入到模型生成问题^[5];1988 年,Muhana 等又将系统论的概念用于模型管理系统^[6];1993 年,Liang Ting Peng 在模型管理系统中,使用了同类推理知识学习方法^[7];Vanhee 建立了基于模型概念的模型运行环境系统^[8]。1996 年,Wesseling 设计了动态模型语言,用以支持空间数据结构^[9]。黄跃进等采用框架来进行模型库的构建和管理^[1],由于层次结构比较明显,因此便于模型的重建和组合。同时,他们将模型分为单独模型和合成模型两类框架。

尽管模型的计算机表示和实现,可很大程度地加速问题的解决,但由于传统的程序表示存在如下两个缺点:一个是由于模型建立方法完全与实际应用联系,因此使模型难于修改,而只能用于具体的问题;另一个是由于存储和计算上的冗余,因而使每个模型都有一套完整的实现过程,即使同一个系统中,相似的应用也分别对应着一个模型,而这些模型只有细微的差别,这就造成了模型的开发与存储的不必要重复^[1]。

2 COM 组件技术的引入

2.1 组件式开发

面对软件挑战而发展的面向对象技术(Object Oriented),其基本出发点是尽可能按照人类认识世界的方法和思维方式来分析和解决问题,并以对象为中心综合了功能抽象和数据抽象。由于面向对象方法,以其特有的对象封装性和类的继承性,其开发的软件具可复用、易扩展、易维护、易集成等特性,因此能很好地满足系统的实际使用。在GIS 所解决的问题中,许多空间实体都可视为面向对象中的对象,而现在流行的GIS 软件也逐渐采用了面向对象的思想,如ArcInfo、MapInfo 等。而如今不少GIS 软件供应商开发的基于ActiveX 的可编程GIS 控件(如ESRI MapObjects、MapInfo MapX、方正智慧、

灵图嵌入GIS),则更加成熟地应用了面向对象的思想。

但随着软件科学的进一步发展,特别是随着20 世纪90 年代末,互联网的迅猛发展,要求软件能在更为广阔的环境中应用。鉴于面向对象的思想已经难以适应这种分布式软件模型,于是组件设计思想得到了迅速的发展。所谓组件化就是将复杂程序设计成一些小的、功能单一的组件模块,由于这些组件模块可以运行在一台或者多台计算机上,因此适用于不同的运行环境,甚至适用于不同的操作系统,如OMG(对象管理组织)和微软分别提出了CORBA(共同对象请求中介结构,基于UNIX 平台)和COM(组件对象模型,基于微软Windows 平台)^[5]解决方案。

COM 定义了组件程序之间进行交互的标准,也提供了组件程序运行所需的环境。在COM 标准中,组件(也称为模块)既可以是一个动态链接库(DLL,进程内组件),也可以是一个可执行程序(EXE,进程外组件)。因为COM 是以对象为基本单元的模式,所以在程序之间进行通信时,通信的双方应该是组件对象,而组件程序仅是提供COM 对象的代码载体。由此可见,协作的组件与组件或者组件与程序可以在不同的计算机上应用,即实现了分布式的应用要求。微软不仅定义了COM 规范标准,而且提供了具体的实现方法,同时COM 组件对象模型也采用了成熟的面向对象技术。在微软的系统平台上,COM 技术被应用到各个层次,即从底层的COM 对象管理到上层的应用程序交互,均提供了很好的COM 应用范例,同时也展示了COM 技术强大的生命力^[5]。另外,实践证明,COM 具有语言无关性、进程透明性和可复用性等特点^[5]。

2.2 组件技术在GIS 软件中的应用

GIS 应用软件的体系结构可用层次结构来表达^[11],其最顶层是用户界面,用于提供用户与应用系统之间的可视化交互;底层是数据的存储管理层,其负责属性和空间数据的输入、输出和显示等基本操作;中间层则是空间分析模块,用于提供(主要是基于空间的)各种分析功能的实现。可以认为,GIS 的系统功能是由基本数据处理管理功能和空间分析功能组成,其中,后者则因系统和应用目的对象不同而异,这是GIS 系统区别于其他系统的特色。

GIS 系统中,有许多功能是常用的,如空间查询、空间统计、缓冲区分析、数字高程模型创建等^[6],

但也有些不常用.研究和实践证明, GIS 的空间功能最好是通过建立模型的方式来实现,但是,由于空间模型需要操作空间数据,因此难度远大于一般模型的创建.

这里通过引入 COM 组件技术来建立空间模型组件库,即通过分析 GIS 的功能来提取出最常用的功能,再采用组件技术,并以空间组件形式来实现,进而提供给不同的 GIS 系统使用.

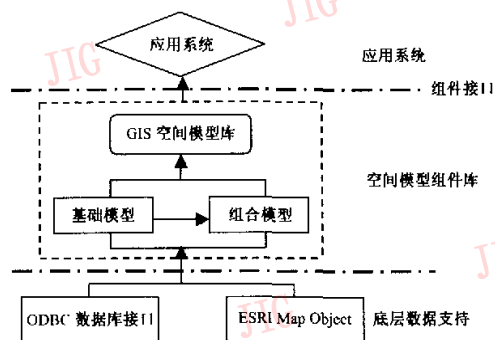


图1 空间模型组件库的层次结构

3 基于COM 组件技术的空间模型库构建

可复用的 GIS 空间模型组件旨在实现对地理空间数据的操作和提供复杂应用的功能组成,并辅助决策分析.基于构件的 GIS 应用软件开发模型应既能方便地描述客观系统,又能真实地反映客观世界.从功能方面讲,空间模型组件主要是用于完成从现实系统到软件系统的转变.其同传统软件开发一样,必须通过抽象化来将现实世界的客观系统用逻辑系统表达出来,进而才能提取出复用的构件,其主要工作分为:①提取 GIS 通用功能,作为组件创建的基础;②进行模型组件库设计与实现;③空间模型组件设计与实现.

3.1 GIS 空间模型组件建库方案

GIS 空间模型组件分为基本组件和自定义组件两类,可使用小型的组件库平台来管理和维护组件模型.实施时,首先借助于 ESRI MapObjects 来实现对空间数据的基本操作(如图层的显示、缩放、漫游等);然后选用一种或多种开发工具(如 VC、VB、Delphi、Power Builder 等)来进行模型开发.另外,模型组件库还可通过 ODBC 数据接口来访问属性数据源.

3.1.1 模型提取

COM 组件的特色是复用性,这就是说,要求模型组件是通用的.尽管组件技术的这个特点脱离了具体的应用,但客户程序能比较容易地对模型组件进行扩充,因为组件模型是可继承的.可复用构件的提取是一个复杂的过程.为了从领域中提取复用构件,必须先对系统的功能及数据流程进行分析和抽象,而后才能从抽象的模型中抽取复用部分,而每个模型分别表示一个功能或部分,模型的相互结合就组成了 GIS 核心的空间分析^[1].

笔者分析了国内外典型的 GIS 软件平台(ArcInfo、MapInfo、GeoMedia、GeoStar 和 MapGIS)以及 GIS 应用系统,首先抽取以下通用功能作为组件,包括

- (1) 量测分析 包括距离、面积周长量测;
- (2) 缓冲区分析、邻近度分析 包括点邻域、直线邻域、曲线邻域、多边形邻域等分析;
- (3) 多边形分析 包括多边形叠置、点包含分析、线穿越分析、多边形合并等;
- (4) 数字高程分析 包括高程等值分析、断面分析、容积分析;
- (5) 其他分析 包括最优路径、临近搜索、网络分析、投影转换、矢栅-栅矢转换、插值-抽样等分析.

然后以这些提取功能作为创建组件的依据,使每个功能由一个组件来实现,再通过接口,供用户调用.

3.1.2 模型组件库管理平台

在属性模型库的研究中,则采用数据库的管理方式来对属性数据文件进行管理.尽管空间模型同属性模型有较大区别,但仍有共同之处,如模型仍是数据库的基本单元,由于其对应一个或多个文件,并要求对接口、功能和实现技术进行描述,因此,仍然可以采用与关系型数据库的记录-表结构类似的管理方式来建立模型组件字典和支持组件的查询、创建、组合等操作.

组件库有如下两种库:一个是根据抽取的通用功能建立的基本模型组件库;另一个是用户定义模型组件库,对基本模型组件可进行继承开发或者组合成新组件库;属于应用层次的模型组件库,可面向具体的领域(如土地资源、市政设施管理、环境管理、灾害监测等)进行建模.其中,第2类模型组件库便于应用的扩展.

根据 COM 规范,组件接口具有不变性,但类似

于C++中类的继承性,接口也可以继承发展。根据应用需求,客户程序可在模型组件的基础上,通过扩展新功能或集成多个组件来实现更高层次的功能。例如,一条河流发生某种污染,假设该污染只危害水稻作物,那么模型组件库就提供了线缓冲区模型组件和图层叠置模型组件,且可用的数据有河流、农田(未分类)栅格图和土地利用分类栅格图,据此,用户就可以构造新的应用模型,即首先使用线缓冲区组件来确定河流污染范围,然后使用叠置分析来得到最后受影响的水稻范围,以便为决策提供参考信息。这是典型的组件应用,由此可见,使用基本组件可很容易地构造应用模型。

王林等认为专家系统(ES)具强大推理能力,可先通过它使用基本模型来构造复杂模型,再由模型库管理系统与ES共同完成建模工作。在他们的研究中,ES作为模型管理器的下属模块,由ES负责模型的构建,而模型管理器则负责对建模过程的控制以及负责对新模型的解释运行,其优点在于推理机结构相对简单,适应性强,其缺点是模块性稍差。

但上述方法必然会造成组件库过于庞大,因为空间模型组件库的主要任务是提供基本的空间模型组件,所以组件库系统平台的功能应该仅是管理组件和便于用户对组件扩展,以便可通过一个小的系统平台来对组件进行管理,进而实现对组件库的管理和扩充。本文在原有研究工作基础上进行了改进,并设计了适用于空间模型组件库的管理平台。对于系统框架的实现,本文选用VC++开发工具(如图2所示)。

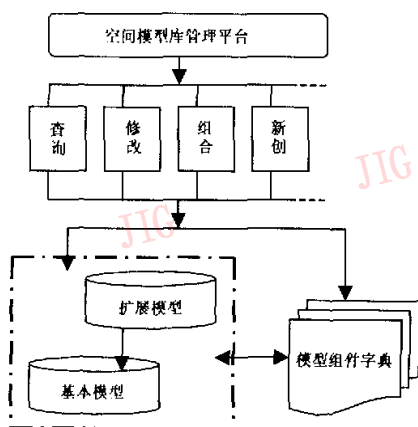


图2 组件库平台结构

3.2 模型组件

确定模型的表示形式是模型库的基础和核心,而不同的模型表示形式则对应着不同的模型库管理方法,如在空间模型组件库中,组件库的组成包括:①直接通过从功能抽象而创建的基本组件;②用户通过对基本组件进行组合或继承发展而创建的用户自定义模型库。

由Rumbaugh提出的对象建模技术是当前面向对象技术中较为普遍采用的一种软件开发方法,它用对象模型、功能模型及动态模型来描述整个系统。一般,建立一个应用系统的对象模型主要包括定义类与对象、确定对象之间的关系和完成对象模型。

基于对象的建模方法,首先将模型组件功能抽取出来,然后按照规范来设计基本组件接口,最后使用编程语言开发工具来实现组件,其中,基本组件接口的设计最为关键,这是组件技术规范的核心。另外,必须对当前的模型组件进行详尽的分析,同时需编写组件模型字典。该字典内容包括:输入参数的数量和类型、输出参数的数量和类型、模型实现技术、算法的引用文献、组件编制的单位和人员。例如对于线缓冲分析组件,需要输入的参数有线表示、缓冲区域、权重因子等,其分析结果为缓冲范围预警。这些参数是最基本的,因为它们负责客户程序同组件的数据交流。

在组件的功能实现中,本文选用微软的Visual C++ 6.0作为组件开发工具,借助ESRI空间数据操作组件MapObjects来实现空间数据的基本操作,因为Visual C++ 6.0开发工具可给予程序员底层的操作控制,并且能提供单步或者跟踪方式,用于运行程序。

模型组件的开发,可以根据开发者的需求来选择,而模型组件最后以动态链接文件DLL或以可执行文件形式入库,由于这种基于二进制代码级的标准与开发语言无关,因此拓展了模型组件的应用范围。众所周知,空间数据不同于属性数据,其存储、管理和操作的难度都比较大,因为对空间数据的各种操作是建立在一定的空间数据文件格式基础上的,所以模型组件的空间数据文件格式,应该使用流行格式。本文设计的模型组件库选用ESRI shape空间数据格式,并在ESRI MapObjects的基础上来实现空间模型组件,这不仅可以利用MapObjects的空间数据基本操作,还可以很好地兼容许多空间数据格式。其实,这也是在利用组件开发的思想。因为

MapObjects 本身就是一组供应用开发人员使用的制图和 GIS 功能组件,而且它也是建立在微软的 ActiveX(COM 技术的一种形式)基础上,一个用于管理空间数据的基础基本操作(显示、读取、缩放、漫游等)包含了 35 个对象的功能组件。

4 讨论

本文通过引入基于软件的组件开发技术来研究 GIS 空间模型,其设计开发的空间模型组件库还利用了组件技术独特的优势,主要体现在:

- (1) 通用性,可以供不同的地理信息系统使用;
- (2) 可扩充性,对基本组件,可将基本组件组合成复合组件,也可以继承基本组件进行扩展开发;
- (3) 语言无关性,基于二进制代码的组件,可以供各种语言开发工具使用;
- (4) 透明性,组件通过标准的接口封装,可独立完成一定功能,客户程序仅需要通过接口,即可进行数据通信。

在组件的实现过程中,使用了 ESRI MapObjects 来完成空间数据的基本操作,在此基础上,组件即可完成自己的空间分析功能。尽管 MapObjects 和本文设计的组件库都是基于 Windows 的 GIS 组件,但二者有本质的区别:前者仅提供空间数据的基本操作,没有扩充性;后者由于利用了前者的空间数据基本操作功能,因此其提供的空间分析功能,可以通过组合和继承两种方式进行扩充。

有待进一步研究的问题:

(1) GIS 同模型库的无缝衔接,即两者如何很好地融为一体,以实现功能上的相互访问,一直是研究得比较多的问题。而本文则试从软件复用的角度来研究空间模型库,但由于模型库的管理平台仅实现了组件一般管理和维护功能,因此这一问题尚有待进行深入研究。

(2) 组件库如果实现了用户自定义组件的生成,那么提供一个智能型的辅助手段是很实用的。本文在属性模型库研究中,实现了这一点,由于空间数据操作的困难,因此对空间模型组件的智能化创建,尚需进一步地研究。

参考文献

- [J]. 信息与控制,2000,29(3):219~225.
 - 2 肖劲锋,宫辉力,李京. 面向海洋渔业可持续发展的海洋渔业服务模型库系统[J]. 水产学报,2000,24(3):235~239.
 - 3 David A B. A framework for the integration of geographical information systems and model base management[J]. Geographical Information Science,1997,11(4):337~357.
 - 4 马金平. 基于 ActiveX 组件技术的模型库系统的开发研究[J]. 计算机应用,2001,21(5):33~35.
 - 5 潘爱民. COM 原理与技术[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
 - 6 张超,陈丙威,郭伦. 地理信息系统[M]. 北京:高等教育出版社,1995.
- 

张文江 1976 年生,北京大学遥感与 GIS 研究所硕士研究生. 主要从事遥感图像处理、土地利用变化动态监测等领域的研究,发表论文 3 篇。



陈秀万 1964 年生,北京大学遥感与 GIS 研究所教授. 主要从事水文水利资源遥感、GPS 应用和土地变化监测等领域的研究. 发表的论文 30 余篇(多篇被 SCI、EI 等收录)。
- 

李京 1954 年生,北京大学遥感与 GIS 研究所教授,博士生导师. 主要从事海洋遥感、农业遥感等领域研究工作. 编著或参与编著著作 7 部,发表学术论文 30 多篇。



李小嫻 1965 年生,博士,首都师范大学地理系讲师. 研究兴趣包括时空数据模型与时态 GIS、3S 技术资源环境动态监测. 发表学术论文 10 余篇。
- 

吴欢 1978 年生,北京大学遥感与 GIS 研究所硕士研究生. 主要从事遥感图像处理、洪水遥感监测的研究。