

# 互操作 GIS 模型及其在空间信息基础设施 体系结构中的实现途径

易善楨 李琦 承继成

(北京大学遥感与 GIS 研究所, 北京 100871)

**摘要** 随着地理空间信息应用的不断增加,完成一个复杂的任务需要多学科多部门的参与与合作,因此有必要将目前孤立的 GIS 互操作、集成和融合。地理信息的互操作是集成和融合的基础。互操作可以在不同层次上实施,该文提出了 5 个层次的互操作 GIS 模型。空间信息基础设施为地理空间信息共享和互操作提供一个共享的地理空间信息框架和体系结构,为 GIS 提供互操作的实施环境;从 4 个侧面提出空间信息基础设施的体系结构,并认为互操作 GIS 模型理论与空间信息基础设施体系结构有对应关系。互操作 GIS 模型为空间信息基础设施体系结构提供理论基础,空间信息基础设施体系结构为互操作 GIS 提供实施平台和环境。

**关键词** 互操作 GIS 模型 空间信息基础设施 体系结构

## 0 引言

地理信息的应用在不断增加,完成一个与资源、环境、社会经济相关的任务需要多个学科的知识,目前孤立的 GIS 限制了这些要求。政府部门、工业界以及学术界正在致力于解决这个问题,目前国际上已开展的工作包括空间信息基础设施(NSII)计划,OpenGIS 规范,ISO/TC 211 地理信息/地球信息标准化组织等。其目的是解决地理空间信息的共享,关键的途径是地理空间信息的互操作。

互操作是一个信息系统的各构件的自由混合及匹配,而不是全面成功的折中方案。一个信息系统的构件包括:软件、硬件、网络、数据、工作流程、过程、人机界面、用户和训练<sup>[1]</sup>;互操作是指异构环境下两个或两个以上的实体,尽管它们实现的语言,执行的环境和基于的模型不同,但它们可以相互通讯和协作,以完成某一特定任务。这些实体包括应用程序、对象、系统运行环境等<sup>[2]</sup>。

互操作在软件工业意味着界面的开放。内部数据结构公开发表允许 GIS 用户从不同的开发者那里集成软件构件,允许新的软件厂商可竞争的产品进入市场,并可与已存在的构件互换。正如可互换的部件有助于汽车工业的竞争一样。OpenGIS 规

范是开放互操作方面的重要进展。互操作也意味着系统间的自由数据交换,交换标准如空间数据转换标准(SDTS)对系统间的数据转换有重要的作用<sup>[3]</sup>。

由于在数据格式、软件产品、空间概念、质量标准和模型等方面的不兼容性使“GIS 互操作对用户只是一个梦想,但对系统开发者却是一场恶梦<sup>[4]</sup>。”互操作是一个复杂的问题,需要地理信息基础理论以及形式化研究,需要不同组织和部门的协调一致,需要软件开发者开放其内部结构,需要系统开发者做大量的复杂的接口和集成规则方面的工作。

传统的 GIS 信息孤岛之间的交换是通过地理信息的转换和低层次的技术开发,缺乏效率。现在是要在信息孤岛间建立起互操作的桥梁和高速公路,这需要解决一系列的接口、规范和准入问题。空间信息基础设施为地理空间信息应用各部门提供互操作的体系结构和框架,同时互操作技术的进步可以促进空间信息基础设施的完善,为空间信息基础设施的体系结构提供理论基础。

## 1 互操作的准则

互操作问题同分布式系统、集成系统和信息融合既有区别,又有联系,往往相互交融,这使得对互操作的本质缺乏明确的认识,我们对这几个概念给

以描述,并对互操作给出几个假定。

分布式 GIS 数据库或系统存在着模式上的“总体设计”,是“自上而下”的全局考虑。虽然分布式 GIS 可以建立在异构的数据库上,但这些分布式系统通常是属于同一个部门或领域,没有考虑同其他不同领域的交互。

集成 GIS 数据库或系统是为一定目的把多个已存在的数据库进行合成和组装,是“自下而上”的考虑,并在顶层建立一个集成框架。集成是强调一个目的,一个特定任务而实现的多个异构数据库资源的合成。集成数据库或多数据库系统,广义上属于分布式系列。数据仓库是集成的一个特例。

互操作 GIS 数据库或系统是“客观已存在”的数据库的互联和相互访问。已存在的数据库或系统千差万别并有不同目的,在内容上、模型上、平台上以及所属于的部门或信息领域各不相同。互操作的各系统是平等的,相互间进行资源共享和相互交流以及输入输出。互操作依赖于标准接口和规范。互操作系统是分布式系统和集成系统的基础。集成是在互操作基础上的特定的和具体的应用,互操作更具有普遍性和基础性,是集成和融合的基础。互操作的研究常常融于分布式系统和集成系统的研究中,互操作的目的是建立分布式系统和进行系统集成。考虑互操作的基础性,提出互操作 GIS 的 6 条准则:

(1) 平等性:各 GIS 系统是平等的和自治的。对自身的信息和处理有控制权,有自己的模式规则。其开发和运行不依赖于其它系统,没有中心控制。

(2) 互利性:互操作 GIS 之间存在广泛的互利性,相互取长补短,一个系统的输出可以是另一个系统的输入,在广泛的应用中扮演不同的角色。在本领域 GIS 系统需要其它领域 GIS 系统的数据和处理资源,以便完成一个跨学科的问题。

(3) 共享性:各系统间存在交集,需要共享一些基础信息,如基础的空间信息框架数据。通过协议,也可以共享系统资源。

(4) 多样性:各系统有不同的学科规则,代表真实世界的多样性。各个系统有不同的模型内容和认知领域,对客观世界有不同的研究侧面。

(5) 独立性:各系统是平等的,是自身完备的,是完整的个体。

(6) 归属性:各系统属于一个信息领域或一个部门,有其相应的管理机构,有自己的政策、法律、文化和价值观。

互操作的意义是实现不同学科部门的交流和协

作,扩充本领域的知识边界,产生新的知识领域,进行知识创新,解决不断出现的资源环境和社会经济问题,其体现是在信息基础设施的基础上实现信息的集成和融合。

## 2 互操作 GIS 层次模型

为了实现不同 GIS 的系统间资源的交换和组合,需要在不同层次上的互操作。我们参考以往的互操作层次模型(Goodchild<sup>[3]</sup>, Yaser<sup>[5]</sup>),通过抽象和基于空间信息基础设施的考虑,提出 GIS 互操作的 5 个层次。如图 1 所示。

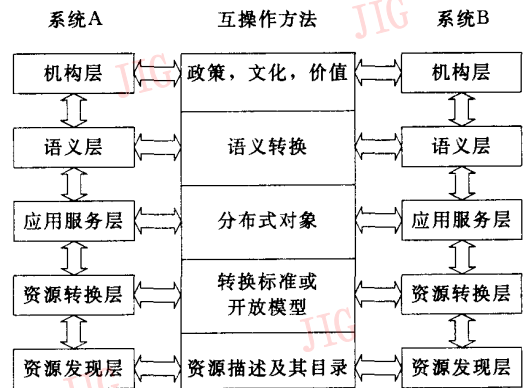


图1 互操作的5个层次

在资源发现层,通过资源描述及其目录,解决所需要的可互操作的对象或目标(What)在哪里(Where)。在资源发现层,对这些目标进行描述以及登记。美国联邦地理数据委员会(FGDC)在国家空间数据基础设施(NSDI)计划中实施的元数据(Metadata)和空间数据交换站(Cleinghouse)主要针对这些问题。元数据提供空间信息资源的描述,包括其内容、质量、位置、建议的用途等。空间数据交换站提供对各个地理空间元数据的登记,以及各个服务器节点的列表,作为空间数据提供者 and 用户之间的网关,提供发现空间数据的方法。OGC 组织在 OpenGIS 的规范中的 Catalog 服务中提供了类似的地理空间数据的发现和访问服务。

资源转换层,互操作通过转换标准和开放模型等方法实现资源转换。不同来源的空间信息在数据结构和模式上是不同的,在资源转换层互操作要解决数据的异构性,FGDC 所采用的空间数据转换标准(STDS),OpenGIS 的开放地理空间数据模型(OGM)规范等做出了很大的贡献。数据库的研究领域内已作了大量的工作,主要为面向对象的数据库,

数据库的集成和多数据库系统等。

地理信息服务包括基本的服务模型以及不同的信息界的不同专业分析模型。应用服务层的互操作提供不同的部门和信息界之间交互地理空间信息的处理和分析功能,将采用分布计算技术和面向对象技术。已有的基础包括 CORBA 分布式对象标准和 OpenGIS 地理信息互操作规范。

许多社会经济问题需要不同学科的知识。语义层上的互操作提供不同信息界的语义交换,通过各个信息界的行业信息标准以及相互对应规则,以及基于对共同的基础地理信息及理论的认识,语义互操作是可以实现的。目前语义互操作还有很多问题需要解决。

机构层上的互操作是指不同的部门机构之间进行互操作的政策,它们有不同的价值和文化,对客观世界有不同的观察侧面,有其自身的利益和隐私。需要机构间的协调和一致,并对语义层的互操作产生影响。

互操作的各个层次的实施要比网络协议层次的实施复杂得多。如何有效地把互操作的各个层次有机地联系起来,保证较低层次的互操作与较高层次的互操作能协调一致,共同作用和相互促进,空间信息基础设施的建设是必要的,它为互操作 GIS 的各层次实施提供了一个基础。

### 3 基于空间信息基础设施体系结构的 GIS 互操作实现

不同的系统要求在不同层次上的互操作,为了有效地实现各个层次的互操作,实现地理空间信息为社会各界提供广泛的服务,不同国家和部门提出了实施空间信息基础设施的计划。通过对多种空间信息基础设施计划进行研究,提出了空间信息基础设施的体系结构。并认为互操作 GIS 模型理论与空间信息基础设施体系结构有对应关系,互操作 GIS 模型为空间信息基础设施体系结构提供了理论基础,而空间信息基础设施体系结构为互操作 GIS 提供实施平台和环境。

#### 3.1 空间信息基础设施的体系结构

空间信息基础设施是建立和维护一个地理空间信息框架所需要的宗旨、标准、体系结构、政策和人。体系结构是实施地理空间信息基础设施的逻辑模型。从不同的角度可将体系结构分为数据体系结构、

技术体系结构、操作体系结构和机构体系结构。

数据体系结构是从空间信息基础设施的地理空间数据组织方面来研究其构成,包括基础框架数据及其元数据,地理空间专题数据及其元数据,社会经济人口数据及其元数据,数据标准,元数据标准,数据模型以及空间数据交换站等内容。空间信息基础设施的数据模型可提供框架数据的不同视图。在大规模空间信息系统中,数据模型实际上是一系列模型的集合,包括企业级的逻辑模型、特定主题的逻辑模型、物理模型。空间信息基础设施数据模型的视图有数据集元数据视图:包括数据引用,数据质量,空间参考,特征内容,信息发布;特征专题视图:包括资源,生态环境,文化等特征;特征数据管理视图:包括定位,形状,精度,控制和发布信息;图象视图:包括图象类型,图象说明等。

操作体系结构是以信息流动为线索来研究其构成,由 5 个部分组成:需求分析和数据获取、信息生产、信息管理和分发、信息应用。

技术体系结构从空间信息基础设施所采用的技术路线来研究其构成,主要包括建模技术,分布式对象技术,网络协议。采用分布式对象技术对空间信息框架的信息和服务进行共享和互操作。因为面向对象技术有更好的重用性、部件化和互操作等特性,可采用基于 CORBA 和 DCOM 标准的分布式对象技术。

机构体系结构是从维护空间信息框架的机构组织来探讨其构成。围绕建设和维护空间信息基础设施的机构部门安排和职责,国家空间信息基础设施的建设要有总体规划和安排。需要国家层次上的空间信息基础设施领导小组。下设多个工作组。包括:基础制图工作组,元数据工作组,空间信息交换网工作组,空间信息标准工作组,公用设施、市政设施工作组,资源环境信息分析与模型工作组。以及广泛的参加部门和组织,他们也是讨论语义的互操作和机构间协调的重要因素。

#### 3.2 基于空间信息基础设施的体系结构的互操作 GIS 层次模型

互操作 GIS 层次模型在空间信息基础设施的基础上实现,互操作层次模型和空间信息基础设施的体系结构的关系如图 2 所示。

资源发现层和资源转换层可以在空间信息基础设施的数据体系结构的基础上进行,应用服务层对应技术体系结构,互操作语义层可以基于空间信息基础设施的操作体系结构,机构层互操作通过机构

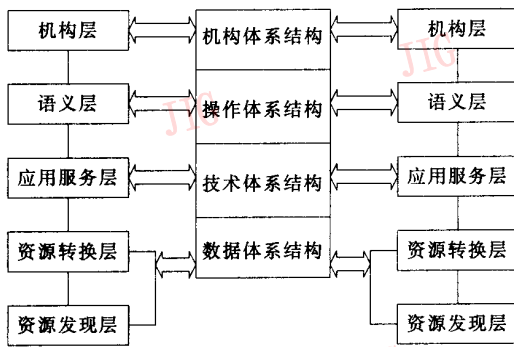


图2 互操作GIS的层次结构与空间信息基础设施体系结构的关系

体系结构来实现。

互操作的资源发现和资源转换通过数据体系结构实现,其中大多数问题已经解决。数据体系结构解决空间信息基础设施的地理空间数据组织,为各种单一库存不同类型的以及多库存不同模型的地理空间数据的发现、访问、生产、发布提供互操作和集成的基础。空间信息基础设施的数据模型可提供框架数据的不同视图。元数据和目录服务提供数据的发现方法,空间数据转换标准(STDS)提供中间桥梁,实现不同数据的转换。OpenGIS 规范提供了空间信息资源转换的中间件。在多数据库集成、联合数据库、虚拟世界数据库和数据库模式集成方面也提供了好的方法。在资源转换层中,要解决空间数据的水平一致性和垂直一致性,即空间数据库的集成。

应用服务层对应技术体系结构,采用分布式对象技术对空间信息框架的信息和服务进行共享和互操作。提供的分布式对象服务有:① 空间查询服务,包括:属性查询,几何查询,拓扑查询,距离查询,方位查询,图象显示;② 空间分析服务,包括:空间信息提取,特征分析,图象理解,图象开发,图象综合;③ 空间制图服务,包括空间坐标转换,注记,图象处理,特征综合,影像地图生产和地理特征处理;④ 空间数据管理服务,包括地理信息生产,地理信息管理,分布式空间事物处理,符号管理,用户支持等。

操作体系结构描述地理信息提供者(服务)到地理信息需求者(客户)的信息流动,在这个流动中,两者需要协调和理解才能实现互操作,不同信息界之间的信息流动和交换需要语义层次上的互操作,空间信息基础设施的操作体系结构由5个部分组成:需求分析和管埋、数据获取、信息生产、信息管理和分发、信息应用。从这5个部分中抽取语义方面的问题,定义语义翻译器,开发共同的地理信息形式化系统。信息界要定义本行业的空间信息标准和元数据

标准,不同的信息界之间可实现标准间的翻译。

机构体系结构是空间信息基础设施的组织部门和参加部门,以及他们的职责和协调关系。机构层次上的互操作将是最困难的,因为不清楚不同组织间互操作和共享是否是期望的。实现互操作的自发性将依赖于许多因素。行为因素:如开放和共享的愿望,通过说服和宣传,除去传统的概念和利益保护,实现共同进步和繁荣。经济因素:如实现互操作的附加值,通过跨越不同领域的互操作,比较产生的利益和互加值,产生的社会效益。法律问题:如法律权利,知识产权保护和隐私。空间信息基础设施的机构体系结构可以进行这些问题的讨论和解决。

### 3.3 空间信息基础设施的实现

基于对空间信息基础设施体系结构和地理信息互操作模型的研究,基于目前流行的软件技术,提出空间信息基础设施的初步设施方案,如图3所示。

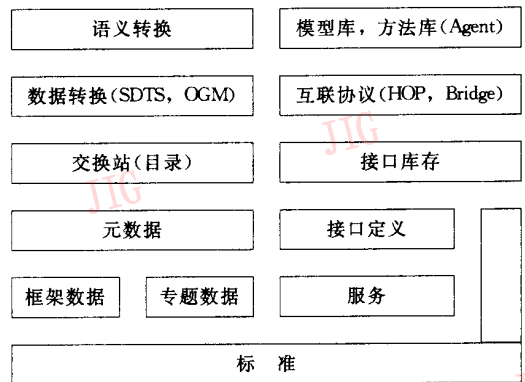


图3 空间信息基础设施实施构成

图3的下半部分是空间信息和基本对象服务资源、有关标准、定义和描述方法,以及资源定位。图3的上半部分是空间信息和处理服务资源的交换、应用模型和语义上的互操作。

标准是指基础框架数据、专题数据和地理空间服务的有关标准。基础框架数据包括地形、水文、交通、大地测量控制等数据,专题数据包括各种自然资源、生态环境、社会经济等数据。基本地理信息处理服务包括查询、制图、数据管理、空间分析4类服务,这些服务以对象或函数的方式提供。

元数据及其目录提供对地理数据的描述和定位;接口定义和库存提供对地理信息服务的描述和定位。数据转换和互联协议提供异构环境下地理数据和服务的转换。语义转换提供语义的互操作,模型库和方法库提供各个应用领域的模型和方法。

## 4 结 论

互操作模型是一个复杂的问题,涉及很多的内容。不同研究者就其不同侧面进行研究,在 GIS 系统应用中也是在不同的层次上实现互操作。基于空间信息基础设施的互操作模型,把各个层次的互操作贯穿在一起,使互操作模型研究自成体系。但是模型内各个层次的细节还须作大量的研究,在模型的低层次上,例如资源发现和资源转换层,已经取得了实质性的进展,在模型的较高层次,特别是语义层和机构层,还处于探索阶段。

### 参 考 文 献

1 Cliff Kottman. Geodata interoperability: What does it mean for

business geographics? <http://www.opengis.org>

- 2 丁俊华等. 软件互操作研究进展. 计算机研究与发展, 1998, 7.
- 3 Goodchild M F, Egenhofer M J, Fegeas R. Interoperating GISs. Report of a Specialist Meeting Held under the Auspices of the Varenus Project Panel on Computational Implementations of Geographic Concepts, December 5~6, 1997, Santa Barbara, California. <http://www.ncgia.ucsb.edu>
- 4 Robert Laurini. Spatial multi-database topological continuity and indexing: A step towards seamless GIS data interoperability. INT. J. GIS, 1998, 12(4): 373~402.
- 5 Yaser Bishr. Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability. INT J GIS, 1998, 12(4): 299~314.
- 6 Federal Geographic Data Committee, Framework: Introduction and Guide. National Spatial Data Infrastructure, 1997. Prepared by Rebecca Somers, Somers-ST. Claire.

## Interoperability GIS Model and It's Implementation Approach on the Architecture of Spatial Information Infrastructure

Yi Shanzhen, Li Qi and Cheng Jicheng

(Institute of Remote Sensing & GIS, Peking University, Beijing 100871)

**Abstract** Increasing application of Geospatial information requires integration, fusion and interoperability of current monolithic GIS, especially of more complex and multidisciplinary application. Interoperability is the base for information integration and fusion. A five-level GIS interoperability model is given. The spatial information infrastructure (SII) provides a sharing spatial information framework, architecture and an interoperability platform for geographical information system. This paper studies architecture of spatial information infrastructure, and gives the relationship between GIS interoperability model and spatial information infrastructure architecture. We consider GIS interoperability model provides theory base for SII, and SII provides an implementation platform for GIS interoperability model.

**Keywords** GIS interoperability model, Spatial Information Infrastructure, Architecture