

GIS 概念模型系统的理论探讨^①

曾广平

(中南工业大学信息工程学院, 长沙 410083)

鲍光淑

(中南工业大学资环建学院, 长沙 410083)

摘 要 讨论了 GIS(Geographic Information System) 的概念模型, 提出了多库互操作和构架基概念; 对 GIS 概念模型的几个基本问题: GIS 的本体结构, 地理信息驮载下的属性信息表达, 综合地理信息的互操作和 GIS 的构架基模型进行了较充分的阐述, 给出了 GIS 的理论框架。

关键词 GIS 概念模型 空间信息 多库连动互操作 构架基

中图法分类号 TP391 P98

GIS(Geographic Information System) 的理论研究与应用几乎是同步的, 当成熟的 GIS 软件商品化时, GIS 的概念模型则一直在扩充、修补和发展之中。近年的文献资料表明, 国内从 GIS 侧面和单面进行模型研究的有一些学者, 相关内容文章有地理遥感信息模型^[1,2]、地理专家模型^[3,4]、空间数据 OO 模型^[5]、地理 DSS 应用模型^[6]和 GIS 的系统集成^[7]等; 国外学者则对解决 GIS 具体操作实施问题^[8,9]感兴趣。本文就 GIS 概念模型的信息元表达至构架基等主要问题进行了较系统的论述, 利用智能管理和大系统理论等技术思想^[10-12]对 GIS 概念模型进行了理论设计与探讨。这一工作对 GIS 本身的研究和 GIS 的应用开发研究都具有重要价值。

1 GIS 的本体结构

GIS 作为多维复合空间的计算模型, 显然其本体结构模式对 GIS 的运行效率有相当的影响。最经济最优化的本体组织将决定着 GIS 的应用价值和再开发前景。以下讨论三种 GIS 的本体结构模式: (1) 普通关系模式, (2) 专用 GIS 结构模式, (3) OLE 模式。

1.1 GIS 本体结构普通关系模式

该模式采用类关系数据库模型, 即表-记录-字段存取的管理方式。就其存取结构讲, 记录-字段并无特殊的意义。全部的操作将墨守所用的 DBMS 支持系统。这里的 DBMS 不是通常的关系库管理系统, 其 DB 可以是元子数据也可以是块数据(如声音、图象)的集合, 是扩充的类关系型库管理。在这种模式中, 全部的数据管理都由 DBMS 来代理, 其信息的真正语义则由 GIS 使用者来解释以做出对应的呈现或操作。这种模式的优点是数据联系单纯, 数据管理交由 DBMS, 但其使用则全由用户程序来预定和解释; 数据与 GIS 的互动性差, 弱藕合; GIS 与 DBMS 的交互接口呆板, 数据使用与管理不顺畅。

1.2 GIS 本体结构专用关系模式

这种模式不依赖于专门的 DBMS, 数据组织作为 GIS 内核的一部分协调一段较大的内存区, 并随时与 GIS 的专门文件作数据交换。这种结构的好处是: GIS 与其数据溶为一体, GIS 既是 DB 的使用者又是 DB 的管理者, 属于单体系内部操作, 速度快, 易协调, 易管理。但是, 作为数据管理者其支持数据的能力肯定是有限的, 一致性和冗余性不易解决好。通常小型 GIS 采用这种模式, 此时 DBM 命令是 GIS 内部操作的一个子集。

① 收稿日期: 1998-07-08; 修回日期: 1998-09-01 曾广平, 男, 36岁, 副教授, 硕士

1.3 GIS 本体结构 OLE 模式

该种结构模式彻底打破了数据集独立的框架,取而代之以对象链接或嵌入。这样的对象可大可小,既可以是纯数据也可以是数据与行为的捆绑。对数据的操作由对象管理器来定义,数据的更改变成了对象间的消息传送。GIS 中则存放着多个对象堆,一切数据行为通过对象调用来完成,对于外部对象可以引入到 GIS 之内,也可以取其首地址链入其中。这种结构的 GIS,功能扩充方便,数据操作安全;但整体可操作性差,速度相对较慢。

2 地理信息驮载下的属性信息表达

2.1 空间数据元的理想模型

GIS 的最大特点是立体工作空间(不象一般数据是线性的或是平面的)。三维空间加时间指向而成四维时空,这四维数据都相互有确定的关联性,因而必须对其做共谐处理,任何隔离的单向数项处理都是破坏信息的一致性和忠义性的。以下定义几种常规的数据元模式。

(1) 纯空间定位:三元组(x, y, z)标定了空间位置,但此位置的实体属性是不知道的;由于空间实体与位置直接相关联,所以这种纯数学的空间定位是没有实际物理意义的。

(2) 时空定位:四元组(x, y, z, t)标定了历史序列的空间定位,时间元 t 正是客体运动变化的过程矢量;在这个矢量的演化过程中,客体勾画出自身的空间轨迹。同样,在时空位置上的实体属性也是不知道的,在我们研究的中观世界里,不与本体属性相联系同样是没有实际物理意义的。

(3) 物空定位:四元组(x, y, z, R)标定了客体定位,它既有空间特性又有本体属性 R 。 R 既可以是孤立特性又可以是组合特性,但总的来讲它只是一个单纯的物空定位,静止是其唯一的态势。这样的四元组在描述静

止世界是行得通的,因而在 GIS 上是首先用到的定位数据元。

(4) 物空时定位:五元组(x, y, z, t, R)标定了某一历史时刻客体在空间的定位。由于 t 元是离散性的,因而五元组的空间轨迹也是离散的。如果五元组符合某个解析式(客体是刚性的,且在 t 元的连续变化中不变形,这种解析式就存在),五元组是一个连续空间解析轨迹,对 GIS 的图像时空转换在处理上有较大的方便性。由于 R 可以是本体的一个属性子集,显然五元组是针对不同的应用而变化的。在 GIS 中,这种五元组在理论上应该是具备了全部的空间数据表达能力的。

2.2 空间数据元的实用物理模型

从上面理想数据元模型实例化过来的应用模型有三种,它们是:(a) 矢量数据结构,(b) 栅格化数据结构,(c) 矢-栅一体化数据结构,见图 1。

上述结构中, ID 为数据结点标识码,是访问的关键字。空间信息有两种,即几何空间定位数据和栅格定位数据,几何空间的时序与栅格空间的时序是可以不同的。

3 综合地理信息的互操作——多库连动

3.1 GIS 的多库构造

显然,基于地理空间定位的本体属性数据集,就其存取本质讲是多种多样的。受属性数据的特征支配,其数据结构不是单一的,除有限定长的元子值和构造值外,还包括声音、图像、颜色等块值,如果基于传统数据库来支撑其信息存取访问,是远不能满足要求的。为管理和应用的方便,应将信息分类存储,构筑专门操作算子或例程。这种多类库组合的综合信息库必须要有一种内存机制互相联系起来,才能保证操作的一致性和准确性。这种内存机制就是 GIS 多库集成驱动界面,其结构如图 2 所示。图中 MB(Model Base),WB(Way Base)和

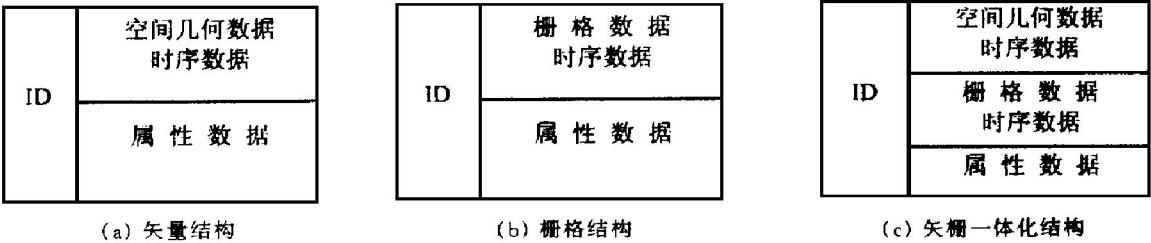


图 1 GIS 实例化数据结构

Fig. 1 Data structure of GIS

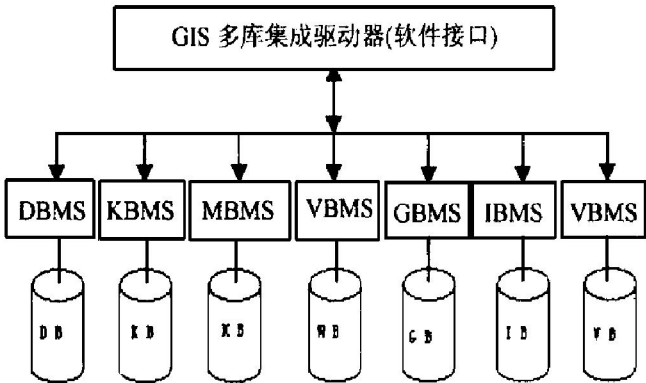


图 2 GIS 多库集成连接视图

Fig. 2 GIS connecting view of MultiBase

KB(Knowledge Base) 不是 GIS 所必需的, 但 GIS 不只是一个数据重现和简单的加工系统, 它应该还有人工智能和决策支持能力; MB, KB 和 WB 就是这一目标的支持基础。作为 GIS 的高级设计与应用, 还是把三库一并考虑进去, 使其系统更完美。以上各库的意义及接口如下:

- DB: 一般关系性数据库;
- DBMS: DB 的支撑管理系统;
- KB: 知识库, 存储产生式规则, 包括领域专家知识与经验事实;
- KBMS: KB 的支撑与管理系统;
- MB: 模型库, 包括系统的各种数学模型、物理模型、生物模型或化学模型, 这些模型将被 GIS 应用软件所调用;
- MBMS: 模型库 MB 的支撑与管理系统;
- WB: 方法库, 简单地讲就是被 GIS 应用软件所调用的各种例程, 如数值计算方法, 逼

- 近方法, 领域工艺处理过程等;
- WBMS: 方法库 WB 的支撑与管理系统;
- GB: 图形库, 存储矢量图和矢量汉字;
- GBMS: 图形库 GB 的支撑与管理系统;
- IB: 图像库, 存储点阵灰度图像;
- IBMS: 图像库 IB 的支撑与管理系统;
- VB: 声音库, 存储各种声音(包括语音)的模板或数据;
- VBMS: 声音库 VB 的支撑与管理系统。

3.2 GIS 的多库互操作

除了上述库之外, 空间定位数据存于何处呢? 一般说可以置于 DB 和 GB 以及 IB 和 VB 这四个库中, 构成时空、物空、物空时多元组形式的数据库结构, 而 DB 和 GB 以及 IB 和 VB 可作为 KB 及 MB 和 WB 的下层支持, 即 KB 及 MB 和 WB 不直接存取空间定位数据, 但可通过 DB 和 GB 以及 IB 和 VB 间接地使用空间定位数据, 于是在 GIS 中演生出来的分层信息支撑结构如图 3 所示。

从图 3 可看出: KB 是纯主动库, WB 和 MB 是半主动库; GB, IB, VB 和 DB 是纯被动库。上述各库在同一时域里的连动访问, 就使 GIS 里各库成为事实上的互操作系统。

现实成型的 GIS 把七库的数据装入一个库中, 其实现基础是构造统一数据库结构。这种解决方法是很勉强的, 无论其数据表达、物理存取或操作维护效率都是很难优化的。当前流行的方法有两种: 一是对传统关系数据库扩充(打补丁)使其对非关系数据库结构能处理; 二是采用面向对象方法, 将不同的数据库结构与其特

殊的操作行为捆绑在一起,使数据与方法溶为一体。不管怎样,上述处理都是破缺的,前一种硬将非关系数据纳入关系数据库中,后一种则完全破坏了数据的独立性原则,使处理行为紧随数据的类别而变更。

就 GIS 的整体性来讲,KB 及 MB 和 WB 是不可缺少的,尽管上述的两种实用方式解决了 GB 及 IB 和 VB 的支持,但对 WB 及 MB 和 KB 则是无能为力的,因而最完备的处理办法是用多库分离连动操作来解决 GIS 的综合信息支撑问题。

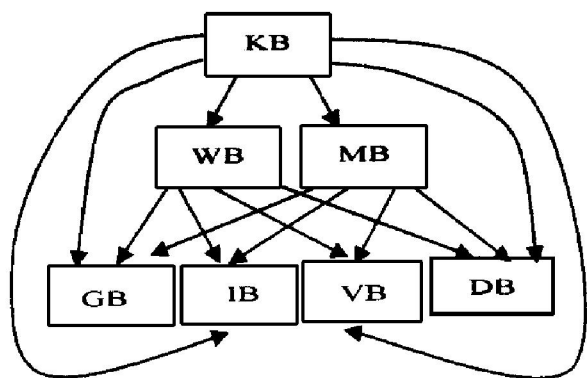


图 3 GIS 系统分层信息支撑结构

Fig. 3 Straticulate supporting structure of GIS information

4 GIS 的构架基模型

数据-结构-支持-应用是一种有机的集成。集成的基础是可以选择的。数据基集成或知识基集成是从两个应用方位来考虑问题的。一般的信息系统、管理系统和办公自动化系统是数据基集成系统;而 AI 的领域问题求解系统如专家系统(ES)与决策支持系统(DSS)则是知识基集成系统。二者不同的是,前者的底层平台是一个 DBMS,其中心是 DB 的数据,正是通过 DBMS 来调用所有其它库和应用例程;后者的底层平台则是一个知识求解 KBMS,其中心是 KB 的推理规则,通过 KBMS 来调用所有其它库(包括 DB)和应用例程(高级语言的目标码)。那么,除了 DB 和 KB 外其它五库支持系统能否作为集成基呢?理论上讲都是可行的,

但实施起来则很难,这里有历史的原因。因为 GB, IB, VB, MB 和 WB 五库的值型都是单一的,其支持操作的种类很少;使这样一种“瘦库”成为一种集成基是很难胜任的,除非对其进行大规模的功能扩充,显然得不偿失。DB 和 KB 在集成方面就强大多了,是集成基自然而然的选择(见图 4, 图 5)。除了用某个库作为集成基外,能否有其它的选择呢?有的,这就是 GIS 专用复合集成环境,其本质是用 C 或其它高级语言开发一个支撑系统(通常称为 GIS 开发运行环境)。这个系统能够容 DBMS, KBMS, WBMS, IBMS, GBMS 和 VBMS 的全部功能为一体,从而实现对所有库类的支持。这是一种 GIS 的整体解决方法,这样建立起来的 GIS 应用系统永远不能脱离 GIS 运行环境。此集成基的构造视图如图 6。

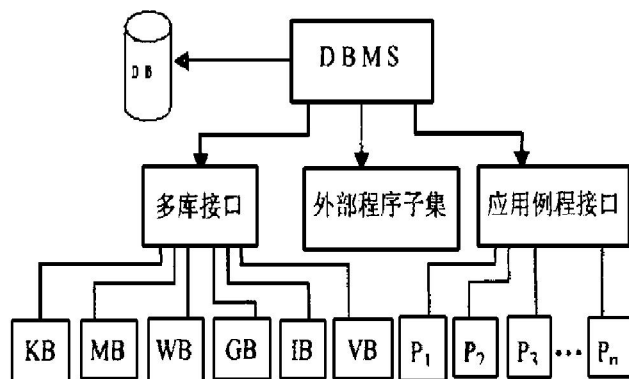


图 4 数据基集成 GIS

Fig. 4 GIS based on DataBase fundament

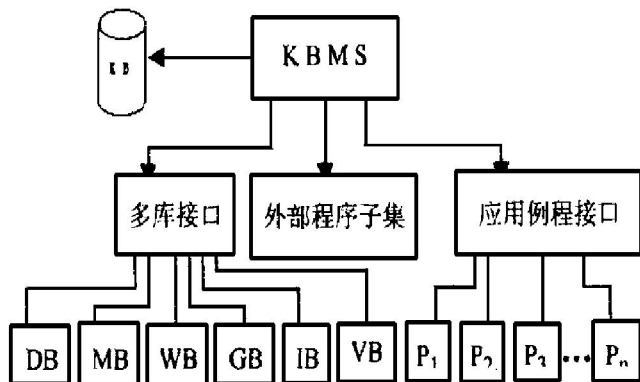


图 5 知识基集成 GIS

Fig. 5 GIS based on TechnologyBase fundament

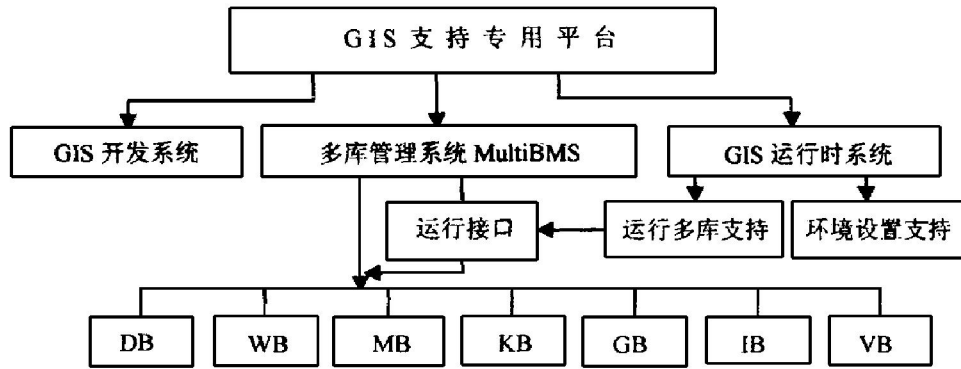


图 6 专用复合集成 GIS

Fig. 6 Special compound GIS

图 6 中, GIS 开发系统是用户进行应用软件编程和调试的工具, MultiBMS 是综合信息库(包括 7 个子库)的管理支持模块, 并且后者提供操作综合库的运行接口(一组 I/O 例程); GIS 运行时系统是应用软件的翻译执行模块, 在运行时需要多库操作支持和环境设置支持。

现今 GIS 的库支持大部分是单库后援支持(如 SICAD/ORACLE, ARCINFO/SYBASE 等)或是自备的小型数据库。无论哪种方案, 速度是首先要考虑的, 尤其对于 GIS 支持下的影视图象呈现与多库连动操作, 需要高效的多库访问算法与高速 CPU, 内外存也应相当大。

5 结束语

GIS 系统早已投入开发应用, 其模型也在不断地深化, 新的模型在不断原型化, 但近 10 年来的历史证明, 还没有一个完全让设计者和开发应用者十分满意的模型, 因而对 GIS 理论模型的研究还会进一步深入下去。本文是这方面的一点探索, 提出了数据基、知识基和复合专用基 GIS 三种概念模型, 相信会有更完备的 GIS 概念模型系统问世。

REFERENCES

1 Ma Ainai(马蔼乃). Acta Geographica Sinica(地理学

报), 1996, 51(3): 266.

2 Chen Shupeng(陈述彭). Acta Geographica Sinica(地理学报), 1991, 46(1): 1.

3 Ma Ainai(马蔼乃) and Zhou Changfa(周长发). Acta Geographica Sinica(地理学报), 1992, 47(3): 252.

4 Li Deren(李德仁) and Cheng Tao(程涛). Acta Geographica et Cartographic Sinica(测绘学报), 1995, 24(1): 37.

5 Zhang Wei(张魏) et al. Acta Geographica Sinica(地理学报), 1995, 50(1): 18.

6 Huang Xingyuan(黄杏元) et al. Acta Geographica Sinica(地理学报), 1993, 48(2): 114.

7 Zhang Li(张犁). Acta Geographica Sinica(地理学报), 1996, 51(4): 306.

8 Lee Y C, Chin F L. Int J Geographica Information System, 1995, 9(1): 25.

9 Emmanuel Stefanakis et al. Int J Geographica Information Science, 1997, 11(6): 529.

10 Tu Xuyan(涂序彦). Large System Cybernetics(大系统控制论). Beijing: National Defense Industry Press, 1994: 296- 318.

11 Zeng Guangping(曾广平) et al. J University of Science and Technology Beijing(北京科技大学学报), 1995, 17(5): 459.

12 Zeng Guangping(曾广平) and Bao Guangshu(鲍光淑). J Central South University of Technology(中南工业大学学报), 1998, 29(5): 409- 413.

THEORETICAL ANALYSIS OF CONCEPTUAL MODEL SYSTEM OF GIS

Zeng Guangping

College of Information Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

Bao Guangshu

College of Resources, Environment and Civil Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

ABSTRACT The conceptual model system of GIS(Geographic Information System) was discussed, which includes the analysis, investigation and resolvents of GIS conceptual constructure and its inner mechanism such as the fundamental constructure of GIS, information expression of 3-d geographical space, inter-operation of Multi Bases management and the architecture base of GIS and so on. Three new types of conceptual model system of GIS were produced.

Key words GIS conceptual model spatial information expression inter-operation of Multi Bases management
architecture base of GIS (编辑 彭超群)