

建立土地资源信息系统的若干问题与对策^{*}

周 勇 汪善勤 王庆云

(华中农业大学资源环境与农业化学系 武汉 430070)

董元华 杨林章

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 地理信息系统(GIS)技术应用于土地资源的空间信息处理领域中,为宏观决策提供了强有力的科学依据。根据国内外对土地资源信息系统(LRIS)的研究及作者的实践和理解,讨论了在建立该类系统时应该得到重视和进一步研究的5方面的问题,并提出相应的对策。

关键词 土地资源信息系统,面向对象数据库,模糊空间分析,系统集成

土地资源信息系统(Land Resources Information System, 简称 LRIS)是一种能够采集、存储、管理、分析和描述某一区域的土地资源在时间和空间上与地理分布有关的各类数据的空间信息系统。LRIS 是以计算机软、硬件为物质基础,以地理信息系统技术(GIS)为核心,结合遥感(RS)技术,并吸纳相关学科的先进理论而集成的系统。这类系统正广泛地应用于国土规划、土地资源清查、城市建设等领域中,并且已经取得了巨大的社会效益和经济效益。但是从目前已建立的众多系统来看,都存在着种种问题。本文将针对这些问题进行探讨,并就当前国内外的研究动态,结合作者的观点提出解决问题的对策。

1 LRIS 的数据组织

LRIS 涉及的数据有描述资源空间分布的空间数据,描述资源属性特征的属性数据以及社会经济特征数据、图形图像数据等。为了对这些数据进行有效地管理,必须建立一个功能完善、能够适应多种类型数据的综合数据库管理系统。目前地理信息系统的数据库结构主要有两种:一是空间数据库文件结构,在对空间数据进行编码的同时,通过拓扑关系将地理属性和空间坐标联接起来;二是关系数据库(RDB)管理结构,它将空间数据与属性数据分别管理,并通过公共的数据项,实现两种数据的自动联接^[1]。这两种结构形式都以空间数据为重心,并通

过不同的方法实现属性数据的管理和两类数据的自动联接,其中后者提高了属性数据的管理效能,为 LRIS 开发者所推崇。

但是,由于 LRIS 的数据量非常庞大,采取 RDB 组织数据时,暴露出许多不足:不可避免地会产生大量的数据冗余,查询效率降低;缺乏多媒体数据的存储和操纵能力,诸如 GIS 漫游、空间检索等操作在关系模型中根本无法实现;新的应用环境要求获得比关系方案更多的抽象数据;采用面向数值,面向记录的数据模型,缺乏灵活的建模/模式演化能力,也不能提供版本管理,而这些对工程应用又是必须的。如果单纯采用空间数据库,则存在难以管理属性数据,查询效率低,开发代价高等问题。鉴于此,国内外的地理信息系统专家和开发者都已将目光投向了一种“新型”数据结构——面向对象的数据结构(Object-Oriented Data Structure)和面向对象的数据库(Object-Oriented Database, 简称 OODB)及其管理系统(Object-Oriented Database Management System, 简称 OODBMS)^[2]。

面向对象的基本思想是将现实世界看成一组彼此相关,可以互相通信的对象,用直观和自然的方法建立模型,尽可能达到直接求解问题的目的^[3]。用符合人们认识自然的方式描述方法,建立一种高度抽象的数据结构,即面向对象的数据结构。它一般包括对象(object)、类(class)、方法(method)和消息(message)4个基本元素。对象是类的实例(instance),

^{*} 本文得到国家自然科学基金(批准号:49801010)和中国科学院资源与生态环境研究重大项目(KZ951-A1-20262-01)的资助。

收稿日期:1997-12-23;收到修改稿日期:1998-08-24

相对于自然实体;类则是对自然实体的抽象描述,定义了数据结构和处理数据的方法;方法和消息同为类的一部分,描述各类对象间的联系和行为。

根据上面的一系列的定义,可以构造如下的数据结构:

Class = < ID, INH, AD, MdS, MsgS >

其中: ID 为类的标识码;INH 为类的继承描述(Inheritance);AD 为抽象数据(Abstract Data);MdS 为方法描述集(Method Set);MsgS 为消息描述集(Message Set)^[4]。

同时,对自然实体高度抽象化,并提取共同的特征来构造基类(Base Class);通过继承构造子类或派生类(Derived Class);通过多重继承构造复合类(Component Class)。由此,以类定义的数据结构为基础,建立的数据库即 OODB,其管理系统为 OODBMS。

在 LRIS 中使用 OODB,把空间数据和属性数据封装在类定义中,系统具有以下优点^[5]:

- (1) 实现了数据的集中管理;
- (2) 简化了空间查询过程;
- (3) 空间查询和属性查询并举;
- (4) 空间数据和属性数据的无缝联接;
- (5) 提高了系统的开放性;
- (6) 便于专业模型对数据的使用。

目前还没有成熟的 OODB 产品面世,OODB 不能完全取代 RDB,原因在于 OODB 本身还存在许多问题,建库方式和管理模式还需进一步研究。人们在建立诸如二维空间、三维空间、时间序列、图像等非传统数据类型时,往往将面向对象技术融入 RDBMS 中,这也是当前建立 Object-Oriented GIS 最有效的途径之一^[6]。所以,在建立 LRIS 时,做到二者并用,取长补短,是最符合 GIS 发展和现实情况的开发手段。

2 LRIS 的数据采集与更新

LRIS 是一种专题地理信息系统,其最终目的是提供决策支持服务,要求所获得的信息具有较高的准确性和现实性。因此,开发者在设计系统时,必须充分考虑系统是否能够以较高的精度输入和处理各类数据;同时,用户在采集数据时,也必须注意数据来源的可靠性、高精度性和现实性。

目前,数字化仪仍然是主要的空间数据输入设备,并且在建立县市级 LRIS 系统时,都以它作为基

本的输入设备。这种设备将地图上的点状地物、线状地物和面状地物转化为坐标输入计算机,直接以数字数据的形式储存,具有安装简便,不需专门的图形处理软件,代价低的优点。但是,手扶跟踪数字化的工作枯燥繁琐,操作者的经验和技能在极大的程度上决定了数字化的精度。而且数字化仪的分辨率、数字化方式、地图本身的误差和计算机软、硬件方面的限制等多种因素的影响,使得在后期的处理工作中无法弥补前期所产生的数字化误差。另外,由于图件的获取需要一定的过程和时间,所以数字化更新数据的效率较低。

利用 RS 与 GIS 相结合,对遥感图像进行处理来获取和更新地图要素数据,是 80 年代末期逐步发展起来的一种新兴技术。它利用专门的图像处理软件,对遥感图像进行分类和几何纠偏,并针对其现实性强的特点,直接进行屏幕数字化和矢量化,经人机交互判读、编辑、修改,从而获取不同比例尺的分层单要素地图数据;同时,从遥感图像具有的栅格数据结构向地理信息系统常用的矢量数据结构的转换已取得了明显的进展,达到实用化水平^[7]。因此,直接运用 RS 技术对地图数据和数据库进行更新已成为可能。将此技术应用于 LRIS 系统中,具有如下优点:

- (1) 提高了数据采集的自动化程度。随着图像处理技术的发展,并结合人工智能技术,对遥感图像进行计算机自动判读,自动生成地图数据将成为可能。
- (2) 提高了数据的精度。
- (3) 缩短了数据更新的周期,提高了数据的现实性。
- (4) 为实现土地资源动态监测与评价打基础。

RS 与 GIS 结合还处于初级的应用阶段。遥感图像只是反映了各种地物的差异,真正实现对地物边界的自动判读和点状地物的自动识别,需要进一步研究遥感影像的解译技术,需要各个相关专业工作者的通力合作。RS 的应用成本高,要求系统开发人员和用户具有多方面的专业知识。另外,由于遥感图像处理软件的独立性,大多数都不具备应用程序接口(API)和对象链结与嵌入(Object Linking and Embedding, OLE)的功能,很难与其它软件集成为一个无缝的系统,在实际应用中只是作为获取数据的手段。

通过以上分析可知,地图数字化和遥感图像处理两种获取数据的方法各有所长。遥感图像能提供

大范围的影像信息,但它需要地图数字化获取的地理参考数据来完成分析工作,因此,地图—遥感—地理信息系统一体化成为目前普遍采用的模式^[8]。虽然如此,这种模式在一定程度上脱离了现实,仅仅凭借专家经验会人为地降低数据的精度,所以地面调查补测和修改也是不可忽视的。

总之,不管采取何种手段获得数据,首先应该制定适合于系统特点的流程和规范,从资料的获取到采集数据的具体实施,从室内判读到野外调查,从数据的初步组织到逐步更新都必须遵循这些流程和规范。这对于维护数据库的完整与安全,提高数据的精度和系统的可靠性,是极为重要的。

3 LRIS 的空间分析

空间分析(spatial analysis)是建立 LRIS 的核心技术,一般都借助于 GIS 基础软件来实现,如 ARC/INFO。空间分析的主要目的是如何获取更多的信息,如何从数据集中发现新的模式来扩展应用范围。空间分析一般分为 4 种:分类(reclassification)、叠置(overlay)、邻域(neighborhood)和连通(connectivity)^[9]。大多数 GIS 软件都能用这些功能对复杂数据进行分析。但是,目前实现这些功能都基于一种假设,即现实情况能够用精确的数学方式进行描述。这就要求对原始数据进行严格的区分,以获取十分准确、界限严明的信息。例如,对某一区域的土地分类时,首先必须确定明确的等级区间,然后对各项指标进行综合评定得到等级指数,根据这一指数所属区间即可决定该区域土地的等级。这种分析方式的直观表象是非常准确的,但不符合人们认识现实情况的模糊性特征,并且评定结果的精确度往往取决于数学描述的精确度。另外,用户在使用软件时,都希望用自然语言(natural language)进行人机交流,特别是那些不具备足够 GIS 知识和经验的高层决策用户,他们的这种需求尤为迫切。所以,扩充 GIS 的空间分析功能势在必行。

模糊空间分析(fuzzy spatial analysis)是运用模糊数学的基本理论,在原有的数理空间分析(numerical spatial analysis)的基础上,将定性和定量相结合的一种空间分析技术。它扩展了空间分析的功能^[10]。模糊空间分析在模拟人们对研究对象的认识过程中,通过模糊化(fuzzification)的方法、对不同的语言概念(linguistic notion)建立了 4 种基本的,曲

线不同的隶属函数: L -函数, Δ -函数, Π -函数和 Γ -函数(图 1)。 L -函数描述递减的语言值,如:“轻”、“差”或“小”; Δ -函数描述“略”、“约”等近似性的语言值; Π -函数则以中间值为描述对象,如“一般”“中等”; Γ -函数描述的是递增的语言值,如“高”,“陡”或“大”^[11]。

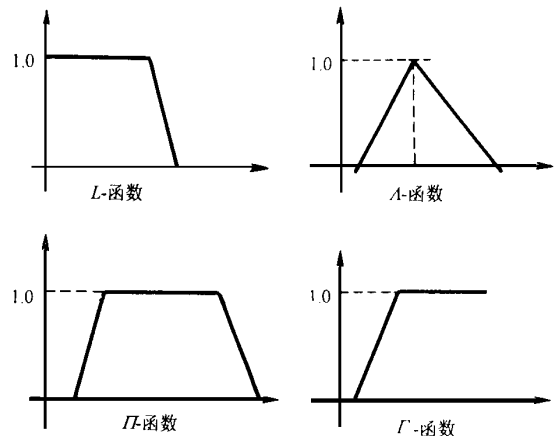


图 1 4 种隶属函数

Fig. 1 Four types of membership function

由此,通过研究人们描述土地资源某一特征语言值,确定隶属函数,就可以实现模糊空间查询、邻域分析、叠置分析等功能。例如,当查询污染程度低、森林覆盖度高的区域时,可以用下面的模糊查询语言:

Select coverages for (P = low) and (F = high)

其中,P 是污染程度变量,F 是森林覆盖度变量,low 和 high 分别是这两种变量的语言值。查询的基础是已经确定土地在各种特征条件下的隶属函数,或者是已经完成对土地的分类,所以实现模糊查询的方法较多,可视情况而定^[12]。

扩充 LRIS 的模糊空间分析功能,仍以现有的数据库为基础,需构建语言值、库、判定标准矩阵、模糊查询语言机等一系列基本的部件,从而实现模糊空间分析的各种功能。

在 LRIS 中,空间分析主要处理土地资源各种要素在地理空间的分布数据,获取各种土地资源的类型和等级的统计数据,完成空间数据的查询、增删,地形分析与三维模拟,同等级土地的合并和面积计算,多种逻辑组合的叠置分析,各要素的自然和人为发展的过程分析、预测与模拟,土地适宜性评价与利用规划等任务,实现土地资源管理的计算机可视化,为土地资源的利用与规划提供合理的决策建议。

4 LRIS 的系统集成

系统集成(System Integration)是以数据为中心,把应用模型和 GIS 软件系统协调统一的信息系统工程。国内外对该技术的研究已经取得了许多成果,对于建立操作界面统一、数据格式一致的 LRIS 是极为重要的。现在许多 GIS 基础软件的数据库所采用的数据格式是非公开的,其数据精度和质量不可知;GIS 基础软件缺乏对时空数据的支持,而这些数据正是许多专业模型所必须的;专业模型和 GIS 软件之间进行数据转换时,难以达成一致的协议;专业模型很难直接有效的嵌入 GIS 中等等问题^[13],使得系统集成异常困难。

LRIS 系统集成是以专业模型和 GIS 基础软件为主要对象,力求二者之间实现数据的共享。下面是开发系统所采用的 3 种系统结构,作为系统的开发者,从中可以寻找最合适自身情况的方法来完成系统集成的工作。

对等结构 它将 GIS 基础软件和模型软件互相独立起来,同等看待,通过各自的输出/输入功能交换数据(图 2)。

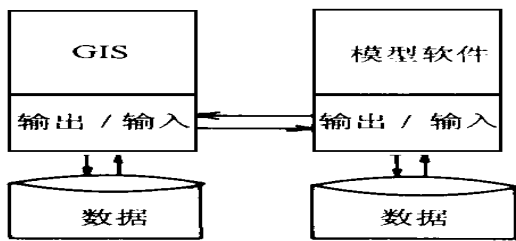


图 2 对等结构

Fig. 2 Symmetric configuration

显然,这种结构是一种松散的耦合系统,实现代价小,是目前普遍采用的集成系统的结构。缺点是工作效率低,对用户的专业要求很高。

嵌入式结构 这种结构以 GIS 基础软件为宿主系统,利用它所提供的宏命令语言(如 ARC/INFO 的 AML 语言)编写应用程序,激活宿主系统,构成一个无缝的系统(图 3)^[14]。实现的基本条件是 GIS 基础软件必须具有强大的命令语言和 API 支持。无疑这种结构比对等结构的集成度高,且充分利用了 GIS 基础软件的分析,统计的功能、数据的交换能力得到提高;同时,它也提高了对系统开发人员和硬件配置的要求,增加了系统开发的代价。

动态链接结构 这种结构是将 GIS 基础软件

的核心外部应用程序通过 OLE 技术,动态地链接起来,达到数据在不同的系统间转换和共享的目的(图 4)。与前二者相比,动态链接结构在数据转换方面,具有极大的优势;系统的集成度也进一步得到提高^[15]。尽管模型开发软件(如 C++, VB 等)具备



图 3 嵌入式结构

Fig. 3 Embedding configuration

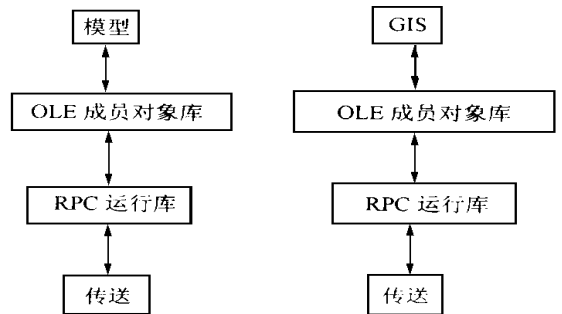


图 4 动态链接结构

Fig. 4 Configuration of dynamic linking

OLE 的功能,但是目前大多数用户所使用的 GIS 软件无此能力,因而,很难实现动态链接的系统结构。当然,随着 GIS 软件功能的增强和普及,遵循这种结构进行系统集成将成为开发 LRIS 的主要手段。

5 新理论、新方法的应用

5.1 全球定位系统、遥感和地理信息系统的一体化

全球定位系统、遥感和地理信息系统的一体化技术,又称 3S 技术(GPS, RS, GIS)。GPS 的组合技术系统为 RS 对地观测提供了实时的信息和地面高程模型;RS 对地观测的海量波谱信息为目标识别及科学规律的探测提供了定性或定量数据。GPS, RS 和 GIS 一体化技术的应用将使 LRIS 具有获取准确,快速定位的 RS 信息的能力,实现数据库的快速更新和在分析决策模型支持下,快速完成多维和多元复合分析。

5.2 计算机技术在 LRIS 中的应用

多媒体技术、专家系统、人工智能和网络技术代

表示了计算机的发展潮流。多媒体技术能够处理声音图像动画文字等多种信息,它使 LRIS 以最直观的方式表达信息;专家系统与人工智能使 LRIS 具有快速处理大量的地理地图和遥感影像信息的能力,对各种复杂的图形图像进行快速的识别;计算机网络技术为各地的 LRIS 用户共享信息数据提供了可靠的技术支持。这些技术的综合应用,对 LRIS,乃至 GIS 的发展都具有极为深远的意义。

5.3 相关基础理论的应用

LRIS 涉及地理学、数学、环境生态学、社会人文经济学等基础学科,它们为 LRIS 的建立和发展提供了坚实的理论基础^[16]。地理学和数学为之提供了解决具体问题的方法,环境生态学为之指明研究方向,社会人文经济学确定建立 LRIS 的必要依据,以及其它相关学科,都为 LRIS 提供着理论上和方法上的支持。同时,这些学科也在不断地发展,不断地提出新的理论和方法,给予解决问题的新思路和新工具。将这些新的理论与方法应用于 LRIS,会从质的意义上推动它迅速发展。

在建立 LRIS 的过程中,要在现有理论的基础上不断地探索,广泛地吸收其它领域的新理论、新方法和新技术,并善于在实验中用来解决实际问题。从这一起点出发,掌握国内外发展动态,了解用户的需求,不断完善技术手段,那么,设计和开发出来的系统才具有生命力和价值。

参 考 文 献 (References)

- 1 Huang Xingyuan, Chen Bingxian. A discussion on some trends of Geographical Information System. *Acta Geographica Sinica*, 1989, **44**(2): 230-236. (In Chinese) [黄杏元,陈丙咸.地理信息系统的发展趋势.地理学报,1989,**44**(2): 230-236.]
- 2 David Medyckyj-Scottetal. Discovering environmental data: Metadatabases, network information resource tool and the GENIE system. *int. J. Geographical Information Systems*, 1996, **10**(1): 65-84.
- 3 C. Webster. The Object-Oriented Paradigm in GIS. *International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1990b, 28.
- 4 Atkin, M. et al. The Object-Oriented Database System Manifesto. *Proceedings of the 1stDOOD*, Japan, 1989.
- 5 Huang Bo. GIS data model and its architecture. *Remote Sensing of Environment*, 1995, **10**(1): 63-68. (In Chinese) [黄波.地理信息系统的数据模型与系统结构.环境遥感,1995,**10**(1):

- 63-68.]
- 6 Biaha, R. B., Premerlani, W. J. Relational Database Design Using an Object-Oriented Methodology. *Communications of the ACM*, 1988, **31**(4).
- 7 Xu Guanhua. Application and prospect on Remote Sensing and Resource and Environment Information. *Remote Sensing of Environment*, 1994, **9**(4): 241-247. (In Chinese) [徐冠华.遥感与资源环境信息系统的应用与展望.环境遥感,1994,**9**(4): 241-247.]
- 8 Zhao Rui. An experiment on the integration of Map, Remote Sensing and GIS-taking the dynamic mapping of the Delta Area of Changjiang as an example. *Acta Geographica Sinica*, 1995, **50**(1): 67-72. (In Chinese) [赵锐.地图-遥感-地理信息一体化的应用试验.地理学报,1995,**50**(1): 67-72.]
- 9 Berry J. K. Fundamental Operations in Computer-Assisted Map Analysis. *int. J. Geographical Information Systems*, 1987, **1**(2): 119-136.
- 10 B. Jian, W. Kainz. Fuzzification as a Basis for Fuzzy Spatial Analysis, Integration, Automation and Intelligence in Photogrammetry. *Remote Sensing and GIS. Third International Colloquium of ARS. IAL '94*, 294-302.
- 11 Wang Peizhuang. Fuzzy set theory and application. Shanghai: Scientific and Technological Press of Shanghai, 1983, 45-57. (In Chinese) [汪培庄.模糊集合论及其应用.上海:上海科学技术出版社,1983,45-57.]
- 12 Tang, H. J., J. Debavye, D. Ruan, E. van Ranst. Land Suitability Classification Based on Fuzzy Set Theory. *Pedologic*, 1991.
- 13 Zhang Li. Theoretical and practical view of GIS system integration. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(4): 306-314. (In Chinese) [张梨.GIS系统集成的理论与实践.地理学报,1996,**51**(4): 306-314.]
- 14 Ding Y., Fotheringham AS. The integration of spatial and GIS. *Computers. Environment and Urban Systems*, 1992, **16**: 3-19.
- 15 Zhang Li, Management of complex objects and multimedia data in GIS. *Geo-Information-Systems*, 1995, **8**(1): 34-40.
- 16 Zhang Chao. On theoretical reseach and new techniques in the Geography Science. *Acta Geographica Sinica*, 1995, **50**(1): 83-88. (In Chinese) [张超.论地理科学的理论研究与新技术手段.地理学报,1995,**50**(1): 83-88.]

作 者 简 介

周 勇,男,1964年生,副教授,1989年毕业于南京农业大学,获硕士学位,1997年毕业于华中农业大学,获理学博士学位,现从事土地资源调查与评价、土壤信息系统和环境遥感等方面的教学与科研工作,已发表论文、专著20余篇(部)。

Several Problems and Contermesuers about Establishment of Land Resources Information System

ZHOU Yong WANG Shan-Qin WANG Qing-Yun

(*Department of Resource Environment and Agrochemistry, Central China Agricultural University Wuhan 430070*)

DONG Yuan-Hua YANG Lin-Zhang

(*Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences Nanjing 210008*)

Abstract The technology of Geographic Information System (GIS), applied to process the spatial information of land resources, provides powerful scientific basis for macro decisions. According to the foreign and domestic studies on the Land Resources Information System (LRIS), the paper discusses five problems which should be paid great attention to and need better research when the system of this type are established. These problems are as follows:

1. The establishment of synthetic Database Management System, which can be adapted to several types of data, is important in data organization of LRIS.
2. In LRIS, when data is collected the reliability, high accuracy and actuality of data must be taken into account, and the combination of Map, Remote Sensing and Geoinformation is the main means for updating data.
3. Spatial Analysis is the core of LRIS, the design of Fuzzy Spatial Analysis will make the function of spatial analysis more powerful in LRIS.
4. The integration of application models and GIS software is important in the integration of LRIS system, and three kinds of system structures such as Symmetric Configuration, Embedding Configuration and Configuration of Dynamic Linking are adopted to integrate data together in different modules in developing LRIS.
5. The integration of advanced techniques such as GIS, RS, ES and Artificial Intelligence is becoming increasing evident.

Key words Land resources information system, Object-oriented database, Fuzzy spatial analysis, System integration