

石漠化土地退化时空数据库系统开发与应用

胡顺光^{1,2}, 张增祥¹, 夏奎菊³, 张委伟^{1,2}, 赵晓丽¹, 易玲¹, 左丽君¹, 徐进勇¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100003; 3. 中国地质大学, 河北 保定 071000)

摘 要: 面向对象的时空模型打破了关系模型范式的限制, 直接支持对象的嵌套和变长记录。把面向对象的优点引入对象关系型数据库将更好地支持复杂数据的查询、更新、存储。这一特性很好地适应了遥感石漠化信息的多源性、海量数据以及变化相对稳定等特点。石漠化土地退化时空数据库系统就是对象关系时空模型在建立复杂地物数据库系统的一次具体应用尝试。该系统参照 SQL Server 2000 体系结构, 在 Microsoft VB 6.0 环境下, 以 ArcSDE 数据引擎为接口, 采用 SDE Administrator Command 方法进行了数据的无缝集成入库。然后利用 ArcGIS Engine 9.2 组件对象模型库进行客户端 GIS 应用的系统开发。最终实现了: (1) 石漠化土地退化图形查询、空间分析和显示; (2) 石漠化土地退化的信息查询、统计分析、制表; (3) 石漠化数据库实时更新; (4) 石漠化的趋势预测。

关键词: 石漠化; 遥感; 数据库; 土地退化; 喀斯特

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2011)01-0132-05

中图分类号: P98

Development and Applications of Spatial-temporal Database System for Rocky Desertification and Land Degradation

HU Shun-guang^{1,2}, ZHANG Zeng-xiang¹, XIA Kui-ju³, ZHANG Wei-wei^{1,2},
ZHAO Xiao-li¹, YI Ling¹, ZUO Li-jun¹, XU Jin-yong¹

(1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100003, China; 3. China University of Geosciences, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: It is the object-oriented spatial-temporal model that breaks the limitations of relational models. The model directly supports object-oriented nesting and variable-length records. Therefore, with the incorporation of object-oriented database into object-relational database, the latter performs better in retrieving, updating and storing of the complex geographical data. In fact, the advanced characteristics of the object-oriented spatial-temporal model can be readily adapted for building geo-databases with a vast amount of information from various sources. For example, a rocky desertification database often includes multiple sources and massive data with relative little variability. The spatial-temporal database system for rocky desertification is developed as an object-relational database system. Referring to the system structure of SQL Server 2000, adopting the SDE administrator command method with ArcSDE data engine interface, and using component object model library of ArcGIS Engine 9.2, seamless integration of the spatial data warehousing and complete client-side GIS development and applications were realized in Microsoft VB 6.0 circumstance. As a result, a spatial-temporal database aiming at rocky desertification and remote sensing is built up with C/S operated mode. In conclusion, the database system achieves four major functions, including (1) map searching, spatial analysis and result displaying of rocky desertification land degradation; (2) information searching in regard to rocky desertification along with statistical analysis and data tabulation by using attribute database; (3) real-time database updating with remote sensing database; (4) forecasting rocky desertification and land degradation using algorithmic models.

Keywords: rocky desertification; remote sensing; database; land degradation; karst

收稿日期: 2010-02-27

修回日期: 2010-07-29

资助项目: 国家科技支撑计划课题“水土保持调节功能时空数据集成与分析”(2006BAC08B0405); 国家“十一五”科技支撑计划重大课题“喀斯特高原退化生态系统综合整治技术与模式”(2006BAC01A09)

作者简介: 胡顺光(1977—), 男(汉族), 山东省莒南县人, 博士研究生, 主要研究方向为国土资源遥感、数据库开发与应用。E-mail: hushunguang@126.com。

石漠化土地退化是中国西南喀斯特地区最主要的生态环境问题之一。遥感石漠化信息具有多源性、海量数据以及变化相对稳定等特点,为了准确及时高效地掌握石漠化信息,实现脆弱喀斯特生态环境的石漠化土地退化动态监测、评价与预测,以遥感和地理信息系统为核心技术手段,建立遥感石漠化时空数据库系统具有十分重要的现实意义。时空数据模型在石漠化土地退化研究中的应用,使得数据的更新管理和时态查询成为可能,并取得了一定的成效。但是,该项研究目前还处于理论和模型的研究阶段^[1]。首先,时空数据库的设计和实现是在遥感石漠化时空数据库系统中,石漠化土地退化相关信息的存储管理方式以及时空数据库模型应用的关键步骤索引机制需要进一步明确。其次,石漠化土地退化动态监测的重要应用方向之一就是对未来石漠化土地退化发展状况进行预测,强大的空间分析以及预测功能的实现应成为系统必不可少的组成部分。

石漠化时空数据模型复杂,开发的模型多但是实际应用的少,到目前为止还没有广泛应用于商用软件系统的石漠化时空数据库模型。时态 GIS 的组织核心是时空数据库,时空数据模型则是时空数据库的基础。尽管时空数据模型出现了时空立方体模型、时间快照模型、基态修正模型、时空复合模型以及面向对象模型,但由于空间、属性、时态 3 者之间的关系和结构组织的异常复杂性,目前的时空数据库系统仍然难以满足完整性、坚强性、多面性、有效性以及综合性的理想标准^[2]。另外,随着 GIS 应用向分布式管理系统领域的转移,传统的文件存储模式下的空间数据库由于在数据共享、网络通信、并发控制以及数据的安全恢复机制等方面出现了难以解决的问题。鉴于此,遥感石漠化土地退化时空数据库系统引入 ArcSDE 作为空间数据存储与管理引擎,利用关系型数据库管理系统 SQL Server 2000 可伸缩性、可用性以及可管理性等方面的先进技术手段,将海量空间数据有机地组织和管理,从而实现面向对象技术与数据库技术的有机结合,建立的对象关系数据库系统在对复杂查询的支持,扩充基类,增加复杂对象支持机制等方面体现了同时具备关系数据库管理系统的功能以及支持面向对象的特性^[3]。

1 系统设计与数据组织

1.1 系统总体设计

石漠化土地退化时空数据库系统整体结构上由客户端、服务器与数据源 3 个部分组成(图 1)。客户端安装 ArcGIS Desktop 应用程序和 SQL Server 2000 客户

端程序,用于向服务器发出请求,查询数据以及显示服务器处理后的数据;服务器安装 ArcSDE,SQL Server 2000 服务器端程序,接收客户端发出的请求并分析处理数据;数据源相当于大型数据仓库,按照一定规则存储所有各类相关数据便于服务器端随时调用。系统构架过程中遵循规范化与标准化、实用性、可移植性、可扩充性以及安全性的设计原则^[4]。

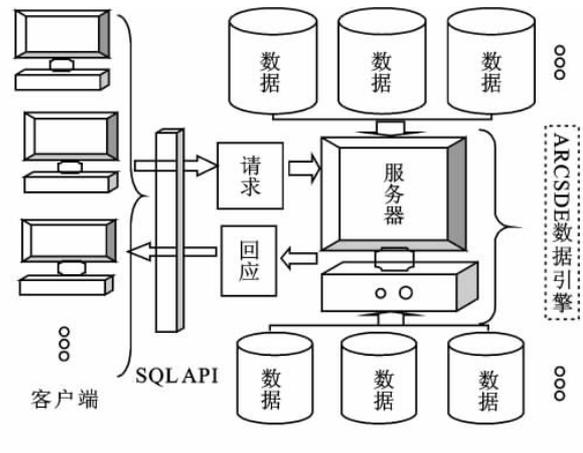


图 1 石漠化土地退化时空数据库系统结构

1.2 数据组织

石漠化土地退化时空数据库系统充分利用多时相、多波段遥感数据资源,依托中国科学院已建设的中国土地利用数据库、中国土地覆盖数据库,突显遥感数据的动态时效特征,实现了喀斯特石漠化的动态查询、分析、显示、再生产(图 2)。数据主要包括:数据时间段:1980—2000 年,2000—2005 年,2005—2008 年,2008 年至今;数据种类包括:卫星影像数据(CBERS, MSS, TM, ETM, MODIS);遥感石漠化数据(以县为最小行政单元统计);遥感石漠化背景数据(中国积温栅格数据、中国土壤类型栅格数据、ASTER 的 30 m 分辨率 DEM、社会经济统计数据)。

1.2.1 定义特征类和关系 石漠化土地退化数据涉及面广,为了提高数据库中各要素的检索速度,便于数据的灵活调用、更新及管理,在进行空间数据组织过程中,将不同类、不同级的图元要素进行分特征类存放,每一特征类存放一种专题或一类信息。根据具体的应用侧重点把某些相关图元要素组合在一起形成特征类,用来表示地理特征以及描述这些特征的属性的逻辑意义上的集合^[2]。该数据库中的特征类有遥感影像、气候背景、地形背景、土壤背景、基岩背景等。另外,特征类之间的相互关系是数据库管理模型的基础,在该数据库中定义的土地退化指标因子库与石漠化特征分布数据库之间存在着父子关系,是多对多的关系。

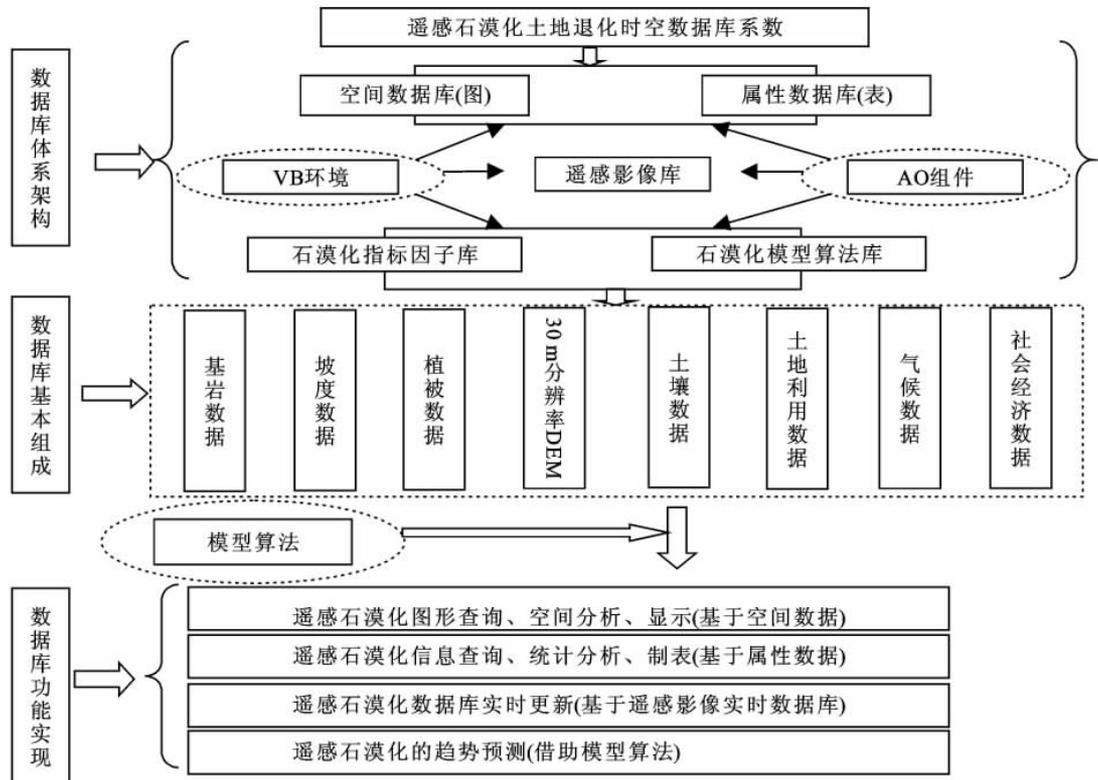


图 2 石漠化土地退化时空数据库 GIS 应用

1.2.2 选择地理表示 定义了特征类之后,需要选择一种表示地理特征的方式来对石漠化土地退化的成因、分布、规律进行描述。可以选择表达点、线、面的矢量方式表示,也可以用表达影像的栅格方式来表示,或者可以用表面(TIN)方法来表示等。遥感石漠化土地退化数据库系统中土地利用为面状矢量数据,遥感影像为栅格数据,DEM为表面数据。

2 系统开发关键技术

石漠化土地退化时空数据库是基于 C/S 模式下的数据库系统,从技术层面上分别涉及数据入库前的模型转换和无缝集成,以及入库后的应用开发。在构建遥感石漠化数据库系统过程中,涉及到如下 3 项关键技术。

2.1 时空数据入库

石漠化土地退化时空数据库是基于 SQL Server 2000 的 ArcSDE 多源空间数据库。入库前先将源数据经 ArcCatalog 转换为 Geodatabase 数据模型,再通过空间数据引擎 ArcSDE 加载到 SQL Server 2000 数据库中,保证了海量、无缝数据的可用性以及入库数据的正确性、完整性和一致性^[5]。

数据在 ArcCatalog 中以 .shp 矢量格式或 coverage 格式存放。为避免数据共享、网络通信、并发控制以及数据的安全恢复机制等方面出现问题,必须把这些文件数据存放到空间数据库中去^[6]。本研究采用

ArcSDE 提供的 SDE Administrator Command 方法^[7]。具体步骤为启动 ArcIMS 组件 ArcCatalog 后,该模块提供了 DataBase Connection 选项通过输入正确的用户名和密码可以连接整合了 SDE 的 SQL Server 数据库。这样在 ArcCatalog 下,可以很方便的将相应数据导入或导出空间数据库,同时对于存在于空间数据库中的数据,可以在服务器端做修改删除等操作。此外,该模块还提供了批量的数据导入功能和网络数据录入功能,可以一次对多个文件进行 SDE 数据库导入。而目标数据库可以是本地数据库,也可以是具有管理权限的网络数据库^[8]。

2.2 空间数据与属性数据的无缝集成

ArcSDE 是 ArcGIS 与关系数据库之间的 GIS 通道,它允许用户在多种数据库管理系统中管理地理信息^[9-10]。遥感石漠化数据中同样存在空间数据与属性数据 2 种数据类型,2 种数据是通过 Geodatabase 模型来存储的。具体过程为在对空间数据查询需求的基础上创建相关的属性表,这些属性表和 ArcSDE 中的空间数据表中都有一列属于相同编码的属性字段,通过这个属性字段可以将空间数据和属性数据联系起来,从而实现空间数据和属性数据的集成。ArcSDE 是目前系统集成中使用较广泛的空间数据库应用解决方案^[11-12]。虽然付出了附加中间层的额外代价,但它较好地解决了 GIS 应用与空间数据库集

成中数据提供与访问模式方面的制约瓶颈问题,是一种可行的方案。

2.3 组合开发

Microsoft VB 6.0 与 ArcEngine 9.2 组合进行 ArcGIS 应用开发面对海量的空间数据库资源,如何快捷有效地提取应用需求的信息成为数据库应用开发的关键技术之一。开发 GIS 应用的模式主要是使用支持 COM 的编程语言将 AO 所提供的 1 800 多个组件、几百个接口和数千个方法嵌入到具体应用中。应用这种模式的开发方式主要分为 2 类:第 1 类是安装了 ArcGIS 桌面系统后,利用 AO 开发,即利用 ArcGIS 桌面提供的 AO 组件对象模型库进行开发;第 2 类是利用 ArcGIS Engine 开发,也就是利用 ArcGIS Engine 组件对象模型库进行开发。

ArcEngine 9.2 本身包含一个软件开发包和一个可以重复发布的运行许可,它提供了 7 个控件,分别为 MapControl, Pagelayout Control, Reader Control, Globe Control, Scene Control, TOC Control, Toolbar Control。在 Microsoft VB 6.0 环境下可以实现非常友好的应用程序界面,而 ArcEngine 9.2 提供的灵活便捷的控件可以满足多元化的 GIS 需求。遥感石漠化土地退化时空数据库系统是基于 Microsoft VB 6.0 环境下,采用 ArcEngine 9.2 组件对象模型库的

短期快速开发。具体包含 2 个大类(细分为 8 个小类),并实现 4 大主要功能。

3 典型区域的系统功能应用

以中国西南喀斯特石漠化土地退化典型研究区广西壮族自治区平果县为例,实现该系统在研究区土地退化时空数据的无缝集成入库、存储管理、检索查询以及趋势预测等功能。

3.1 功能模块描述

整个系统包含 3 个主要功能子系统:土地退化指标定量反演子系统,石漠化土地退化评价子系统,石漠化土地退化预测子系统(表 1);数据库包含影像库、背景库、属性库以及基于 3 大数据源的空间分析主模块。

(1) 遥感石漠化土地退化影像库。主要包括 30 m 分辨率 TM 数据, CBERS-02B 数据, MODIS 16 d 250 m 的 NDVI 数据等。

(2) 遥感石漠化土地退化背景库。主要包括水文地质数据, 1:10 万土地利用数据, ASTER 30 m 分辨率 DEM 数据等。

(3) 遥感石漠化土地退化属性库。各土地利用类型的编号、面积;各石漠化等级的编号与面积;各空间分析子系统设计计算所得的指标值等。

表 1 石漠化土地退化时空数据库功能描述

石漠化土地退化预测子系统	土地退化指标定量反演子系统	石漠化土地退化评价子系统
影像资料添加、查询、更新 基岩裸露率反演求算、更新 植被覆盖率反演求算、更新 地表生物量反演求算、更新 土壤覆盖率反演求算、更新	轻度石漠化土地退化显示、制表 中度石漠化土地退化显示、制表 重度石漠化土地退化显示、制表	石漠化土地退化动态显示、制表 动态变化均值方差预测 动态变化分形特征预测 动态变化变异系数预测

3.2 具体步骤

借助于本文研发的石漠化土地退化时空数据库系统对平果县石漠化土地退化进行评价预测的具体步骤如下。

3.2.1 石漠化指标因子的集成入库 平果县覆盖喀斯特与非喀斯特地貌形态,并涵盖了目前石漠化土地退化分类体系中的各个级别。借助于数据库系统的基岩裸露率、植被覆盖率、地表生物量、土壤覆盖率子系统功能模块将该县的各石漠化指标因子实现集成入库以及反演求算。以基岩裸露率子系统功能模块为例。首先,借助于 ArcCatalog 向数据库中添加平果县 2 期遥感影像数据,同时实现数据影像库的更新;其次,启用模型库中的基岩裸露率分析模块对输入影像进行基岩裸露率的运算并更新基岩裸露率子

数据库。其它石漠化指标因子也分别调用各石漠化子系统功能模块进行数据集成入库与求算。并将 1:10 万土地利用数据输入背景数据库。

3.2.2 遥感石漠化信息的提取 首先,定义 K 为石漠化综合指标度,当 $K=0$ 时,定义为无石漠化,当 $K=1$ 时,为完全石漠化,石漠化指数根据隶属函数的取值而定。那么:

$$K = K_0 \frac{RTH}{VS}$$

式中: R ——岩石因子; T ——地形因子; H ——人为因子; V ——植被因子; S ——土壤因子; K_0 ——石漠化指标系数。石漠化信息的参考指标是一个综合体系,调用石漠化模型库中的石漠化指标度求算函数式实现遥感石漠化信息的求算。

3.2.3 石漠化土地退化的结果评价与预测 调用数据库的空间分析模块,在结果显示与动态预测子模块中分别实现石漠化土地退化各级别的分析评价与预测。按轻度石漠化、中度石漠化以及重度石漠化 3 个等级进行全县石漠化土地退化分布的图斑显示输出以及属性制表;采用基于 1990 年和 2000 年 2 期卫星影像计算的石漠化土地退化动态,对 2008 年的石漠化土地退化进行均方差预测、分形特征预测、变异系数预测,并与 2008 年实际遥感监测值进行对比^[13-14]。

4 结论

石漠化土地退化时空数据库系统在整体物理构架、具体的系统应用开发以及数据入库前的空间数据与属性数据的无缝集成等方面都采用了目前最先进的空间数据库建设理念和模型。

(1) 基于 SQL Server 2000 体系结构的面向对象模型(Geo-database)更好地支持遥感石漠化信息的查询、更新与存储。SQL Server 的可伸缩性既可以适应很小的兆字节个人数据库,也可以适应数以百万用户使用的巨大的太字节数据库。通过使用其扩充规模的伸缩样式,SQL Server 2000 达到了任何数据库系统在任何平台上所能达到的顶级 TPC-C 性能,对象关系型数据库的这一面向对象特性更好地适应遥感石漠化信息的多源性、海量数据以及变化相对稳定等特点。

(2) 石漠化指标因子的无缝集成入库与基于综合指标度算法的石漠化信息提取。在 ArcSDE 引擎下进行空间数据与属性数据的集成,该方法借助于 GeoDatabase 模型,为每一个矢量元素自动创建属性表信息,其目的是实现空间数据和属性数据拥有公共字段,从而实现二者之间的无缝连接。该方法避免了数据共享、网络通信、并发控制以及数据的安全恢复机制等方面出现的问题。基于 ArcEngine 组件模型库下的算法录入与运行更为方便直观,在综合评判分析石漠化信息的时空规律方面相比传统的开发方式具有明显优势。

(3) 石漠化土地退化时空数据库的具体应用。针对研究室数据库现有数据信息,该系统在 4 个方面实现了具体的应用需求:石漠化遥感数据图形查询、空间分析、显示;石漠化遥感数据信息查询、统计分析、制表;石漠化遥感数据库实时更新;石漠化土地退化评价。

在今后的研究中,一方面,基于该数据库系统,可以进一步增加完善空间分析功能,从而提高数据利用效率。另一方面,可以利用这种数据库建设的理念进行相关专题的分区域数据库开发应用。

[参 考 文 献]

- [1] 樊雅婷,杨建宇,朱德海,等.地籍管理中时空数据模型研究[J].测绘科学,2009,34(5):139-141.
- [2] 刘纪远,张增祥,庄大方,等.20世纪90年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M].北京:科学出版社,2005:3-19.
- [3] 鞠时光.对象关系型数据库管理系统的开发技术[M].北京:科学出版社,2001:16-33.
- [4] 鞠建华,戴传固,况顺达,等.岩溶石漠化遥感监测与防护规划[M].北京:地质出版社,2006:151-162.
- [5] Allen Sharon,李化.数据建模基础教程[M].北京:清华大学出版社,2004:56-66.
- [6] De Freitas D M, Tagliani P. The use of GIS for the integration of traditional and scientific knowledge in supporting artisanal fisheries management in Southern Brazil [J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90(6): 2071-2080.
- [7] 覃开贤,胡宝清.基于 ArcObjects 的喀斯特石漠化动态监测与驱动诊断信息系统开发研究[J].地理信息世界,2006,4(5):48-55.
- [8] 文小岳,范冲,周树林,等. GIS 二次开发中空间数据库技术解决方案研究[J].昆明理工大学学报:理工版,2007,32(3):5-18.
- [9] 赵攀,胡斌,王献勇,等.基于 GIS 的城镇土地定级信息系统的数据库设计[J].工程地质计算机应用,2007(2):19-22.
- [10] Ciminale M, Gallo D, Lasaponara R, et al. A multi-scale approach for reconstructing archaeological landscapes: Applications in Northern Apulia (Italy) [J]. Archaeological Prospection, 2009,16(3):143-153.
- [11] 傅仲良. ArcObjects 二次开发教程[M].北京:测绘出版社,2008:3-8.
- [12] Christensen V, Walters C J, Ahrens R, et al. Database-driven models of the world's large marine ecosystems[J]. Ecological Modelling, 2009,220(17):1984-1996.
- [13] 吕红梅,安裕伦,杨广斌,等.喀斯特地区 CBERS 02 植被覆盖度的分形研究:以贵州毕节地区为例[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2009,27(2):34-39.
- [14] Ehlers M. Geoinformatics and digital earth initiatives: A german perspective[J]. International Journal of Digital Earth, 2008,1(1):17-30.