

# 海域使用时空数据动态管理技术研究

张新<sup>1</sup>, 赵雯<sup>1,2</sup>, 池天河<sup>1</sup>, 刘贤三<sup>1,2</sup>

(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 100049)

**摘要:** 运用面向对象方法的方法, 对 Geodatabase 数据模型进行扩展, 研究了海域使用时空数据的结构化存储技术, 实现了历史数据的回溯和海域使用数据的变化跟踪等功能。结合厦门市海域使用动态管理的需求进行了应用研究, 结果表明, Geodatabase 扩展数据模型研究成果很好地解决了宗海的历史回溯、变化跟踪、时态关系计算等问题。海域动态管理技术研究对海域管理具有重要意义。

**关键词:** 海域使用; 面向对象方法; 时空数据管理

中图分类号: P751

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)02-0107-05

空间、时间和专题属性是地理实体和地理现象固有的三个基本特征。传统的 GIS 主要侧重于描述瞬时状态下对象的空间和属性信息。然而, 地理对象的空间和属性特征并不是一成不变的, 随着时间的推移, 地理对象的特征会发生变化。海域使用数据就是典型的动态变化数据。海域使用信息管理需要有效地管理时空数据, 提供完善的时序分析功能, 以便对海域使用对象的历史和当前状态进行对比、分析和跟踪变化, 从而为海洋资源开发利用提供服务。

数据随时间变化的关键问题是时空数据模型的建立以及时空数据库的设计和管理。在这方面, 目前已进行了大量的研究并产生了许多成果<sup>[1]</sup>。有的 GIS 系统利用基态修正模型表达时空数据, 实现数据的时空动态管理<sup>[2]</sup>。但该模型不支持对象时态拓扑关系的运算, 无法保证时间数据的逻辑一致性。有的研究则通过版本和状态信息实现对时空数据库的多版本、多时态管理<sup>[3-4]</sup>, 然而版本机制只是隐含了时态信息, 没有明确给出时态概念, 是不完善的时空模型。面向对象思想由于具有封装、继承等特性, 能够很好地封装空间、时间和专题属性特征, 描述地理对象 what/where/when 三种语义, 成为支撑时空复杂对象建模的最有效手段。然而这些研究主要停留在理论阶段, 并没有在实际应用中验证其有效性和实用性<sup>[5-9]</sup>。针对地理现象变化的渐变性和连续性, 一些学者提出了时空过程数据模型, 但更多的是针对海洋或地理要素或现象, 不能很好地解决宗海数据的动态管理<sup>[10-11]</sup>。

为此, 本文以厦门市海域使用时空数据管理为例, 采用面向对象的方法, 对 Geodatabase 数据模型

进行扩展, 建立时空数据库, 完成海域使用情况的历史数据归档管理, 从而实现历史用海情况的查询和变化跟踪分析。

## 1 海域使用时空数据的组成与存储结构设计

### 1.1 海域使用时空数据的组成分析

海域使用数据的管理对象是每一块用海区域。随着时间的推移, 这些用海区域的使用范围、面积、用海类型、海域权属、使用年限空间、属性和时间要素会发生变化, 可以描述为:

$OBJ = \{Spatial, Attribute, Temporal\}$

其中, OBJ 是某一用海区域对象, Spatial 是海域使用对象的空间信息, 通过位置坐标确定; Attribute 表示非空间信息, 即专题属性信息, 如用海类型、海域权属等; Temporal 反映海域使用对象的时间信息, 用以描述对象的产生、改变, 直到消亡的整个生命周期。

### 1.2 海域使用时空数据的存储结构设计

海域使用数据是明显的时空数据, 每一次用海情况的变化都会导致新数据的产生。如果在数据变化更新时, 简单地用新数据代替旧数据, 就会不断丢失历史数据, 无法了解海域使用的变化过程, 更

收稿日期: 2011-09-01; 修回日期: 2012-12-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(61074132); 国际合作计划项目(2010DFA92120)

作者简介: 张新(1974-), 男, 河北保定人, 副研究员, 博士, 主要从事海洋空间信息系统关键技术及其工程实践研究, 电话: 010-64887892, E-mail: zhangx@irsa.ac.cn

无法预测海域使用情况的未来发展趋势。如果在存储新数据的基础上完全保留历史数据,又会造成大量的数据冗余。因为海域使用的变化大多只是发生在局部区域,且在海域使用中时空数据的时态拓扑一致性关系很重要。因此,需要有效地管理海域使用时空动态数据,保证数据的完整、无冗余存储,保证时间数据的逻辑一致性,支持对象的时态拓扑关系运算。

基于上述对海域使用时空数据管理的需求,结合面向对象的思想,对海域使用数据进行抽象封装,设计其数据库存储结构。

根据海域使用数据的时空组成,将空间信息封装成空间数据类,属性信息和时间信息共同保存在时间属性数据类中。其中,对象的时间信息用有效时间和事务时间共同表示。封装后的空间类和时间属性类之间通过对象标识实现数据的关联管理。在该存储结构中,现势数据和历史数据被保存在同一个数据库中。当数据发生变化时,只需根据对象标识对变化对象的空间、属性信息进行标识修改,并记录其发生变化的时间。对于新产生的数据,则以增量的形式实现存储。现势数据和历史数据之间主要通过事

务时间字段进行区分。

此外,对于历史数据的管理,不仅需要了解对象在各个时段的变化情况,对象之间的变迁关系也是十分重要的。一个对象是新产生的,还是由旧对象分割、合并而成的,这都必须在存储结构中得以体现。因此,在上述存储结构的基础上,建立记录空间对象之间关系的表单,表现对象间的变迁情况。

### 1.3 基于 Geodatabase 的海域时空数据存储

Geodatabase 是美国 ESRI 公司提出的一种全新的面向对象数据模型,是建立在数据库管理系统之上的统一的、智能化的空间数据库。为了解决历史数据的存储管理问题,Geodatabase 中引入了历史数据归档(Geodatabase Archiving)的概念。通过将数据完全版本化,在原始事务版本(Transaction Version)的基础上,为数据添加一个历史版本(Historical Version)。地理对象的变化信息将以增量的形式,和其历史信息一起被保存,并通过历史版本中的事务时间记录变化的时间,标记对象的生命周期。其存储结构如图 1 所示。

图 1 中,数据的事务版本由业务表 DLG\_OCEANUSED、要素空间特征表 F 表、索引表 S 表以及记录事务版本的

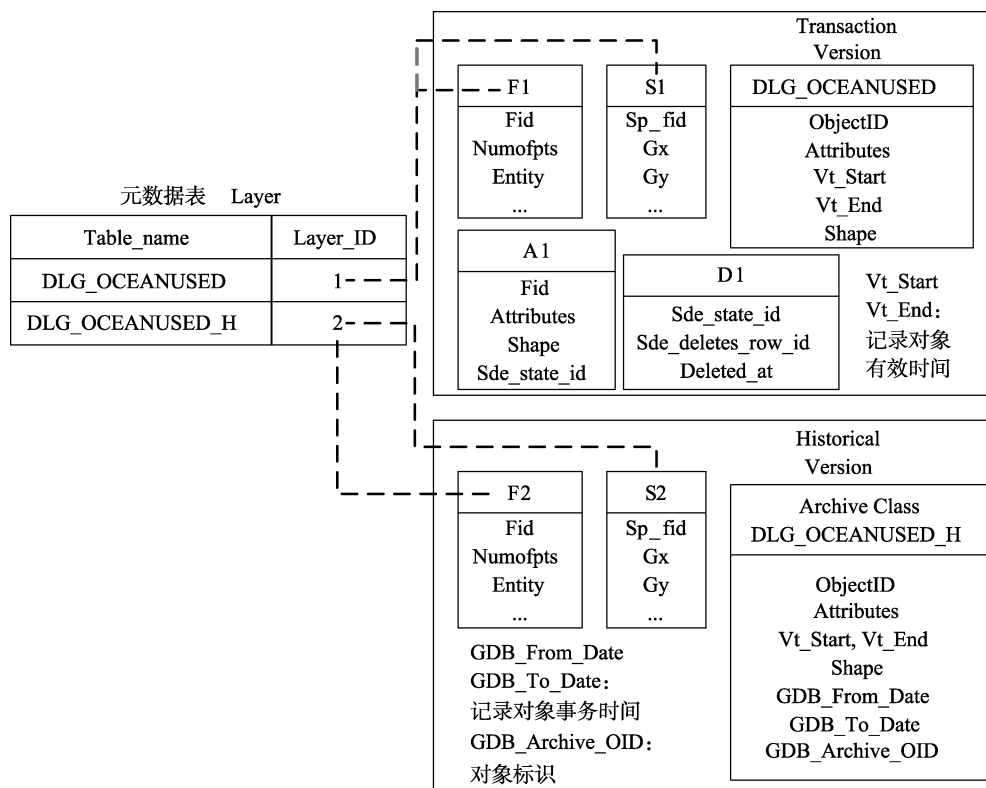


图 1 Geodatabase 模型中时空数据的存储结构图

Fig. 1 Storage structure for spatial-temporal data in Geodatabase model

A 表和 D 表组成。历史版本主要包括三部分, 即对象的归档类信息表(DLG\_OCEANUSED\_H 表)、空间特征 F 表和索引 S 表。其中, 空间特征 F 表即为封装后的空间类, 归档类表在继承业务 B 表的全部字段和数据信息的基础上, 添加了 GDB\_From\_Date, GDB\_To\_Date 和 GDB\_Archive\_OID 三个字段, 构成了时间属性类。GDB\_From\_Date 和 GDB\_To\_Date 是表示数据事务时间的字段, 分别用于记录对象的产生时间和消亡时间, 根据数据被提交至数据库的时间由数据库自动记录。GDB\_Archive\_OID 则用来唯一标识归档类中的一条

记录。

在 Geodatabase 模型中, 通过历史数据归档, 可以完整地记录数据随时间的变化过程, 但无法直观体现对象间的变迁关系。针对这一情况, 对 Geodatabase 模型进行扩展, 在数据的历史版本中, 添加用于记录对象之间变迁关系的表单 C 表。扩展后的历史版本存储结构见图 2。其中, ObjectID 字段记录图形变迁后, 新对象的标识 ID; FatherID 记录对象发生图形变迁前的标识号; 而 EventID 则用于表示引起图形变迁的事件编号。

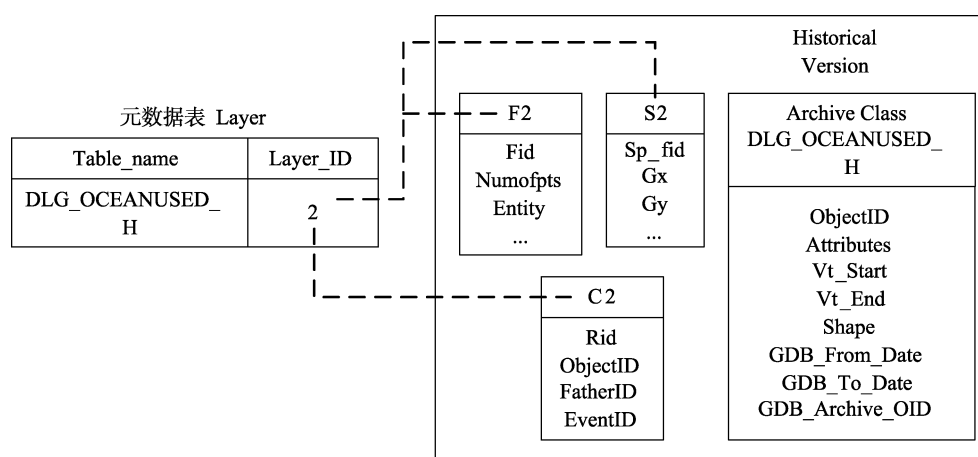


图 2 扩展后的模型存储结构图

Fig. 2 Storage structure of the model after extended

## 2 厦门市海域使用时空数据管理应用实验

在对海域使用数据进行时空存储的基础上, 利用 ArcGIS Engine 开发数据库管理平台, 提供对用海数据的历史信息管理, 方便用户了解历史不同时期海域的使用情况; 通过动画的方式实现历史数据的动态显示, 更直观地向用户展示海域使用情况的动态变迁过程。

### 2.1 历史数据回溯

回溯历史时刻海域使用的数据情况, 可以通过历史数据浏览功能, 选择某一历史时刻进行历史状态查看, 即对于用户指定的历史时刻  $T$ , 利用 SQL 语句, 对归档信息表中要素对象的产生时间  $T_{\text{from}}$  和消亡时间  $T_{\text{to}}$  进行检索, 查找出满足  $T_{\text{from}} < T < T_{\text{to}}$  的对象信息并显示。其中,  $T_{\text{from}}$  对应数据表中的 GDB\_From\_Date 字段,  $T_{\text{to}}$  对应 GDB\_To\_Date 字段。图 3 是海域使用历史数据的回溯图, 共描述了同一海域在 2 个不同的历史时刻的用海状况(图中阴影高亮部分表示某一时刻与其它时刻的海域使用区别)。通过图形对

比, 可以明显看出海域使用的变化, 从而将历史数据与当前现状进行对比、分析, 为进一步的辅助决策提供支持。

### 2.2 用海情况变化跟踪

通过历史数据回溯, 可以了解某一指定时刻海域使用的具体情况。而如果需要海域使用情况的变化进行跟踪, 掌握某一时间段内, 海域使用情况的整体变化过程, 则可以通过动画的形式实现。通过创建时间轨迹和动画, 提取用户设置的时间段内不同时刻的要素实体信息, 将其叠加制作成动画图层并显示。图 4 是以海域使用数据的有效时间为时间轨迹属性, 所构建的动画播放过程中两个不同状态的界面示意图。播放界面左上角显示的是动画播放过程中每一个历史状态相对应的时间信息。

### 2.3 宗海之间时态关系计算

根据宗海的产生和消亡时间, 参考 Allen 提出的 13 种时态区间关系定义<sup>[4]</sup>, 可以计算出各个宗海之间的时态关系。图 5 显示的是以编号 18 和编号 96 的宗海为例,

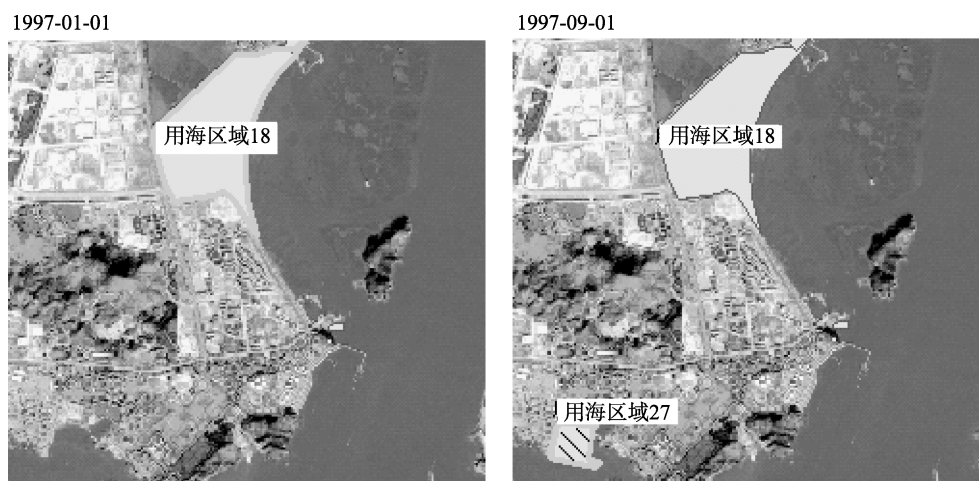


图 3 海域使用情况历史数据回溯示意图

Fig. 3 Tracing of the history data of marine region use

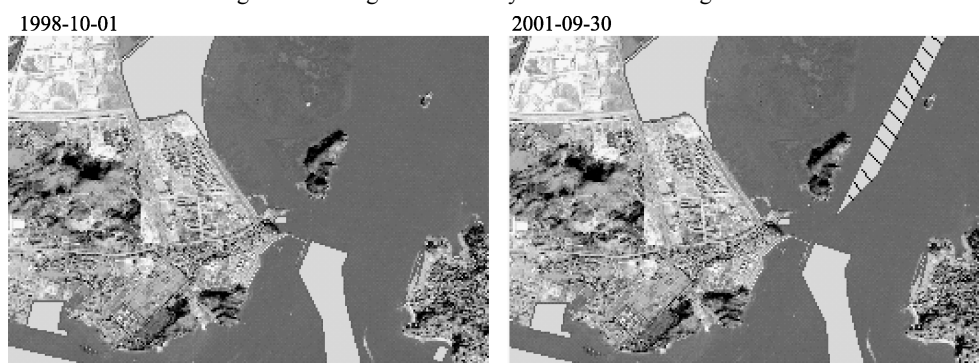


图 4 时间动画播放示意图

Fig. 4 Dynamic video display of marine region use objects



图 5 宗海之间时态关系计算示意图

Fig. 5 Spatial-temporal relationship calculation between two marine use objects

利用 SQL 语句获取其产生和消亡时间, 并与 13 种时态拓扑关系进行对比, 得出这两块宗海之间的时态关系满足如下条件:  $T_{18\_from} < T_{96\_from}$  并且  $T_{18\_to} = T_{96\_to}$ , 从而确定这两块宗海之间关系为“finished-by”关系。

### 3 结语

海域使用数据具有较强的时空特点, 合理处理数据随时间的变化情况, 提供历史时刻的用海数据回溯、变化跟踪、可以方便地对用海的历史和现状进行对比分析, 从而为海域使用管理提供辅助决策。针对这一应用需求, 本文采用面向对象的方法, 对 Geodatabase 数据模型进行了扩展, 讨论了时空数据的数据库存储结构, 构建了海域使用时空数据库。该存储结构采用面向对象的方法, 封装了地理对象的空间、时间和专题属性特征, 较好地描述了地理对象的 what/where/when 三种语义。在存储过程中, 仅是以增量的形式记录了变化后的数据情况, 对未发生改变的数据没有重复记录, 有效地避免了数据冗余, 节省了存储空间。在此存储结构基础上, 利用 ArcGIS Engine 开发了数据库管理平台, 实现了对海域使用任一历史时刻的回溯和信息查询, 对海域使用任一时间段的动态变化进行了跟踪, 从而清晰直观地反映宗海的随时间变化, 并能够通过时态区间计算出宗海间的时态拓扑关系, 具有一定的实用性。

海域管理除了具有二维空间特性还有三维特征, 所以考虑三维空间特征的海域管理技术及其过程分析是未来研究的重要方向。

参考文献:

- [1] 姜晓轶, 周云轩. 从空间到时间-时空数据模型研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(3): 480-485.
- [2] 梁娟珠, 涂平. 海域使用管理系统中宗海时空数据组织与查询研究[J]. 测绘信息与工程, 2006, 31(6): 3-5.
- [3] 刘茂华, 杨伦, 王峰. 时空数据库及其版本化管理[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 26(增刊): 62-64.
- [4] 姜晓轶, 周云轩, 蒋雪中. 基于 Geodatabase 的面向对象时空数据模型[J]. 计算机工程, 2005, 31(24): 27-29.
- [5] 舒红, 陈军, 杜道生, 等. 面向对象的时空数据模型[J]. 武汉测绘技术大学学报, 1997, 22(3): 229-233.
- [6] 龚健雅. GIS 中面向对象时空数据模型[J]. 测绘学报, 1997, 26(4): 289-298.
- [7] 曹志月, 刘岳. 一种面向对象的时空数据模型[J]. 测绘学报, 2005, 31(1): 87-92.
- [8] 林宁, 王江涛, 徐文斌. 海域使用时空数据管理模式研究[J]. 海洋技术, 2005, 24(1): 82-85.
- [9] 宋玮, 王家耀, 郭金华. 面向对象时空数据模型的研究[J]. 测绘科学技术学报, 2006, 23(4): 235-238.
- [10] Reitsma F, Albrecht J. Implementing a new data model for simulating processes[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005, 19(10): 1073-1090.
- [11] 薛存金, 周成虎, 苏奋振, 等. 面向过程的时空数据模型研究[J]. 测绘学报, 2010, 39(1): 95-101.

## Study on spatial-temporal data dynamic management technology for marine region use

ZHANG Xin<sup>1</sup>, ZHAO Wen<sup>1, 2</sup>, CHI Tian-he<sup>1</sup>, LIU Xian-san<sup>1, 2</sup>

(1. Institute of Remote Sensing Applications, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;  
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Sep., 2011

**Key words:** marine regions use; object-oriented; spatial-temporal data management

**Abstract:** The object-oriented approach can express the semantics of what/where/when accurately because of its encapsulation and inheritance. It has become the most efficient way to implement spatial-temporal modeling. Based on object-oriented approach, the Geodatabase data model was expanded and the spatial-temporal data storage structure is studied to achieve history data tracing and marine regions use changing information tracking. These technologies were applied to meet the requirement of marine regions uses management of Xiamen city. The results show that these technological achievements can be used to well solve the problems of history data tracing, change tracking, spatial-temporal relationship calculation and so on. The dynamic management technology is of great importance for marine area management.

(本文编辑: 刘珊珊)