

基于三维时空数据库的地信时空过程可视化研究

欧阳斯达

(中国测绘科学研究院, 北京 100830)

摘要 随着 GIS 数据不断更新,大量的 GIS 历史数据也不断累积起来。本文即是着眼于如何有效利用累积下来的多个时期的数据,模拟地信时空过程,让人们能直观了解空间信息的发展变化过程。论文先介绍了由地理信息时空数据建立的三维时空数据库,然后阐述了在此数据库支持下的地信时空过程可视化的实现技术。本文的研究是一次时态 GIS 与 3D GIS 结合应用的尝试,实现了 4D 概念下更为逼真和动感的地理信息服务方式。

关键词 地信时空过程 三维时空数据库 可视化 时态筛选

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1672- 4097(2011)01- 0014- 03

1 引言

地理信息的时空过程可以理解为地理信息数据的形态或属性随着长期或短期时间推移而产生的连续或离散的变化过程^[1]。在时态 GIS 领域中,地信时空过程的可视化研究已取得了很多成果,例如利用动态符号所形成的动态地图^[2],ArcGIS 等商业软件中基于动态符号的时空分析模块。然而,现有的研究成果及应用多数仅局限于二维的动态地图,虽然有少数的研究是利用三维仿真计算^[3]进行模拟塌方、洪水等时空过程,却局限于短时期小范围内,且生成的视频缺乏三维交互;而利用 3D 三角网的关键帧插值来表达三维地理对象时态信息^[4]却受限于数据类型和地理对象个体。

另一方面,三维 GIS 的应用已十分炫目^[5],对大场景数据的支持、沉浸式的交互漫游、高精度的真三维仿真、虚拟地理环境^[6]等技术拓展了时态 GIS 在三维方面的应用,使得地信时空过程三维可视化的时空跨度更为宽广,用户体验更身临其境,三维效果更生动逼真。本文提出在三维时空数据库的基础上,将 3D-GIS 与时态 GIS 结合,发挥真三维仿真和动态地图模拟各自的优势,利用随时空变化的动态三维效果对地信时空过程进行可视化。

2 三维时空数据库

2.1 三维时空数据模型

地理信息时空数据由多个时态的地理信息数据组成,其数据形式多样,包含二维的遥感影像、DLG 矢量数据、DRG 地图扫描数据及 CAD 成图数据等,也包括三维的 DEM 数字高程、LIDAR 点云数据等。地理信息时空数据的特点是时态信息

丰富,每个时态数据拥有自己的时间属性,且各时态间并不独立,有着一对多、多对多、多对一等复杂的时间关联关系。针对如此复杂多样的时空数据,已有了序列快照模型、基态修正模型、时空立方体模型、时空复合模型、时空对象模型、时空属三域模型、基于事件的时空模型、版本增量式模型等时空数据模型^[7,8],不同的数据模型适用于不同的时态 GIS 应用范围。本文针对三维可视化的功能实现,在顾及模型对各种数据的通用性的基础上,提出了自己的三维时空数据模型,其模型结构如图 1 所示。

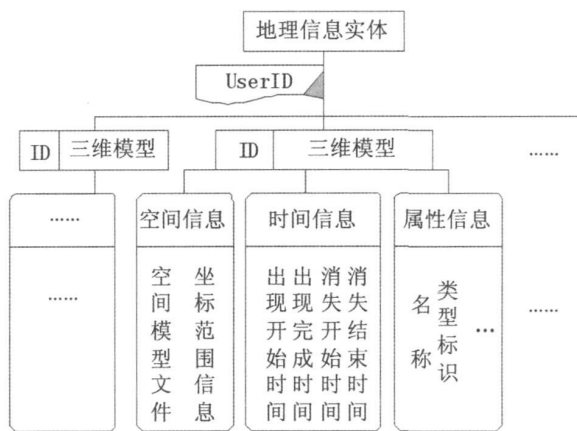


图 1 三维时空数据模型图

该三维时空数据模型以同一地理信息实体为对象,通过实体的唯一标识 UserID 来关联同一地理信息实体的多个三维模型。每个三维模型代表地理信息实体的某个时间段或空间范围内的形态,通过各自的 ID 作为标识。每个三维模型包含空间、时间、属性三种信息,其中空间信息主体是三维模型文件,时间信息主体是起始时间记录,而其他非时空相关的信息存储在属性信息中。

该三维时空数据模型的地理信息实体可以是地形、河流、湖泊、道路、建筑物等实际存在的地物,也可以是地名、统计数据、注释等实地不存在的辅助地图标记。三维时空数据模型的时空颗粒度可以根据数据内容和详细程度来灵活变化,同一实体关联的三维模型的个数没有严格限制。不同地理信息时空过程中可以根据需要采用自己的时间语义与时间映射关系,采用自己的属性信息内容,采用自己的空间坐标系。

2.2 三维时空数据库

三维模型文件可以以大字段的形势存入数据库中,但为了提高数据读写与显示的效率,本文将三维模型文件以文件形式单独存储,将三维时空数据库分为数据库表和模型文件库两大储存部分。

在数据库表中,每一条记录对应的是一个三维模型,包含ID、时间属性、空间属性、属性信息以及USERID。其中“ID”为主键,同一实体的不同三维模型的“USERID”相同。每个时间节点有两个长整型字段组成,一个记录年月日,一个记录时分秒。“ZMIN”和“ELEVATION”记录空间坐标信息,不同应用中可以定制不同的空间信息内容。“NAME”和“CLASSID”记录属性信息,不同应用中可以拓展更多的属性信息。

在模型文件库中,对应每一个“ID”,存在一个三维模型文件或三维模型实体,“ID”的标识信息保存在模型节点的“Name”属性中。

利用“节点Name=数据库表ID”的关系,实现数据库表和模型文件库的关联,达到三维时空数据库的统一。

3 地信时空过程可视化

3.1.1 地信时空过程可视化方法

地信时空过程的可视化除了要实现单一时态三维地理信息的可视化外,更重要的是要实现地理信息数据随时间变化而变化的场景动态效果。

简单的三维地理信息可视化实现可描述为:从数据到三维模型,然后关联属性信息,再进行三维显示。由于空间信息已存在于模型中,在窗口缩放时,可以根据窗口的空间范围筛选所需显示的模型。将这种“筛选”的思路用于时间维,即根据窗口当前的时间,筛选该时间点的三维模型进行显示,便可以实现不同时间数据的灵活切换。于是带时空过程的地理信息可视化实现可描述为:从数据到三维模型,然后关联时间和属性信息,通过时间信息在模型数据库中筛选当前模型,再进行三维显示。

在程序设计中,利用图形渲染引擎产生的三维

视窗,除了定义基本的三维空间坐标系外,还需额外定义时间坐标系($T_0, \Delta T$)。其中时间轴方向是唯一的,需要定义窗口初始时间 T_0 和时间变化的颗粒度 ΔT ,时间颗粒度 ΔT 由数据的各时态间隔所决定。当窗口时间前进或后退一下,进入下一时态或上一时态的窗口时间计算如公式(1):

$$\begin{aligned} T_{-1} &= T_0 - \Delta T \\ T_1 &= T_0 + \Delta T \end{aligned} \quad (1)$$

如果当前窗口时间在数据库某一模型时间域中时,即当满足公式(2)时,则该模型数据被加载,等待窗口范围包含模型位置时,模型被渲染并显示。

$$T_{\text{now}} \in \{t_i\} \quad (2)$$

其中, T_{now} 为窗口当前时间, $\{t_i\}$ 为模型 i 的时间范围。

以上时态筛选方法解决了时空数据随时间变化的数据切换问题。数据的动态调度可由数据库管理实现,显示的切换可由模型节点的显示开关实现。当窗口发生连续时间变化时,便可以产生动态可视化效果;当窗口时间沿某一地理信息发展的时间顺序变化时,并开放三维空间的漫游控制,便实现了交互式的漫游地理信息的时空过程。

3.1.2 地信时空过程可视化的应用功能实现

对于地信时空过程可视化的应用功能可重点体现在时态分析上。而地学的时态分析可以利用时间差来求空间分布的变化,也可以是利用空间痕迹追溯时间变化的过程^[9]。本文在实现时态过程可视化方法的基础上,进一步研究了时空查询、双时态对比、时空过程演绎三种时态分析功能的实现方法。

1) 时空查询

时空查询的实现方法与上节所描述的筛选机制类似。本文在实现时空查询时将筛选条件从当前窗口时间和空间范围换成查询条件中的时间和空间范围,然后从模型数据库中筛选出符合时空范围的查询结果。

2) 双时态对比

双时态对比的功能设计为将两个不同时间点的同一地点的相同视角下的三维景观进行直观对比。本文的实现方法是先定义两个空间位置和相机姿态相同且漫游控制统一的窗口,以保证任何漫游运动下两个窗口所见的地点与视角都一致;然后两个窗口均根据各自的当前时间筛选对应的时态数据,即可在两个窗口进行直观的联动的对比显示。



图 2 双时态对比可视化效果图

3) 时空过程演绎

当窗口发生连续时间变化时,便可以产生动态可视化效果,但三维场景只是简单的随时间变化而切换,其效果类似于快照播放的三维可视化,时间的跳跃前进方式使得可视化极大失真,无法平滑地反映时空过程。

时空过程演绎的目的在于实现逼真三维交互环境中的平滑动态可视化。本文在保证仿真效果的前提下,对模型及纹理进行压缩,以减小数据量;然后利用数据分页、动态缓存等多种数据库技术,来提高数据传输和显示效率;在演绎时空过程时,利用轨迹模拟和帧动画插值等技术,实现时间间隙的动态效果,以平滑整个时空过程。



图 3 时空过程演绎组图

4 结束语

本文在三维时空数据库的基础上,结合 3D-GIS 与时态 GIS 的理论方法,实现了地信时空过程的可视化。所实现的三维可视化环境是支持沉浸式的交互漫游的真三维环境,同时又是支持随时间变化的动态环境。成功尝试了真三维 GIS 的多时态动画,也将时态 GIS 的研究与应用进一步延伸向动态的三维,实现了四维时空下的地理信息数据的可视化方式。

但是,地信时空过程可视化还有很多有待研究的地方,比如更逼真的三维仿真效果、更多样的时态分析功能、更强大的海量数据支持等,可在后续工作中进行进一步研究和开发。

参考文献

- 1 张祖勋,黄明智.时态 GIS 数据结构的研讨[J].测绘通报,1996(1):19-22
- 2 艾廷华.动态符号与动态地图[J].武汉测绘科技大学学报,1998,23(1):49-53
- 3 P.W. Cleary, K. Rothauge, M. Prakash. Modelling of Realistic Three Dimensional Dam Collapse and Landslide Events[C]. Beijing: GSEM2009, 2009
- 4 谷云凤,崔希民,谢传节等.虚拟地理环境中时态信息可视化表达方法研究[J].现代测绘,2004,27(1):11-13
- 5 李青元,林宗坚.真三维 GIS 技术研究的现状与发展[J].测绘科学,2000,25(2):52-56
- 6 龚建华,肖乐斌.地学可视化探讨[J].遥感学报,1999,3(3):78-81
- 7 翟亮,李霖,唐新明等.时空数据模型的研究[J].测绘与空间地理信息,2005,28(4):26-22
- 8 汪汇兵,唐新明,洪志刚.版本增量式时空数据模型研究[J].测绘科学,2006,31(5):132-134
- 9 陈述彭.遥感地学分析的时空维[J].遥感学报,1997,1(3):3-13

Visualization Study for Geo Information Space-Time Process Basing on 3D Space Time Database

OU YANG Si-da

(Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China)

Abstract As the continuous updating of GIS data, large amount of GIS historical data has been accumulated. This paper is focused on how to effectively use the accumulated data of multiple periods, to inverse the Geo information space-time process, so that people can intuitively understand the process of development and changes of spatial information. This paper first introduced the 3D space-time database found on the Geo information space-time data, then described the technology of visualization for Geo information space-time process in this database supported. This study is an attempt of Temporal GIS application integrating with 3D-GIS, and achieved a more realistic and dynamic approach of geographic information services.

Key words geo information space-time Process, 3D space-time database, visualization, temporal filter.