引文格式：文宁,麻战洪,项广鑫,等. 基于自然资源业务事件驱动的国土空间信息模型框架[J]. 地理空间信息, 2024, 22(12): 16-19. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.12.004

基于自然资源业务事件驱动的国土空间信息模型框架

文　宁[1,2,3]，麻战洪[1,2,3]，项广鑫[1,2,3*]，周　健[2]，陈瑗瑗[2]，张一雯[2]，李家宝[2]，谈　超[2]
（1. 湖南省国土资源规划院，湖南 长沙 410007；
2. 国土资源评价与利用湖南省重点实验室，湖南 长沙 410007；
3. 自然资源部南方丘陵区自然资源监测监管重点实验室，湖南 长沙 410007）

摘　要：为解决自然资源业务系统相对独立、关联度低，业务与数据尚未实现实时动态更新等问题，提出基于自然资源业务事件驱动的国土空间信息模型。总体框架为国家、省、市、县四级分别在现有业务系统上建设事件数据库，各类国土空间数据库以事件为依据进行更新。基于自然资源业务特点，设计了事件描述方法和事件数据库字段结构，整体上包含事件编号、时间、决策者、行为、涉及的空间位置、影响者6部分。厘清了事件与国土空间数据关系，提出了国土空间数据依据事件更新的方法路径和矛盾冲突解决方法。以湖南某市协议出让某地块为例进行实验分析，结果表明，所提出的模型框架有效、可行，为提高自然资源管理效率和水平提供了解决思路。

关键词：自然资源；事件；国土空间；信息模型
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）12-0016-04

Territorial Space Information Model Framework Based on Natural Resources Business Event Driving

WEN Ning[1,2,3], MA Zhanhong[1,2,3], XIANG Guangxin[1,2,3], ZHOU Jian[2], CHEN Yuanyuan[2],
ZHANG Yiwen[2], LI Jiabao[2], TAN Chao[2]
(1. Hunan Planning Institute of Land and Resources, Changsha 410007, China;
2. Hunan Key Lab of Land & Resource Evaluation & Utilization, Changsha 410007, China;
3. Key Lab for Monitoring and Supervision of Natural Resources in Southern Hilly Areas, Changsha 410007, China)

Abstract: To address issues related to the relatively independent and low interoperability of natural resource business systems, as well as the lack of real-time dynamic data updates, we proposed a spatial information model driven by natural resource business events. The overall framework involves the construction of event databases at the national, provincial, municipal, and county levels, integrated with existing business systems. Various spatial databases are updated based on events recorded in these event databases. Considering the unique characteristics of natural resource operations, we designed an event description method and event database structure, which comprised event identification, timestamp, decision-maker, action, associated spatial location, and stakeholders six key component. We clarified the relationship between events and territorial space data, and put forward a method and path of updating territorial space data based on events and the solution of contradictions and conflicts. Taking a land parcel in a city in Hunan Province being assigned through an agreement for example, we conducted an experimental analysis. The result indicates that the spatial information model is effective and feasible, offering a promising approach to enhancing the efficiency and effectiveness of natural resource management.

Key words: natural resource, event, territorial space, information model

目前，自然资源各业务系统相对独立、关联度低，尚未形成横纵联通[1]。究其原因，主要是没有业务和数据关系的整体认知和统筹。部分学者提出一些信息模型尝试解决该问题[1-6]。但是这些模型仍然局限于国土空间信息数据本身，对业务需求的动态性和实时性考虑不足[7-9]。

本文基于自然资源业务和数据系统建设的现状，研究设计了基于事件驱动的国土空间信息模型框架，旨在探索一种切实有效、低成本的业务数据协同耦合的自然资源治理信息化模式。

收稿日期：2023-08-28。
项目来源：湖南省自然资源厅科技资助项目（2022-01）；自然资源部调查监测技术体系试点资助项目（2022）；湖南省自然资源科技计划资助项目（2021-46）。
第一作者简介：文宁（1975—），硕士，正高级工程师，研究方向为国土空间规划，E-mail：1105039146@qq.com。
通信作者：项广鑫（1988—），硕士，高级工程师，研究方向为国土空间规划，E-mail：csuxiang@qq.com。

1　基本概念和框架

1.1　基本概念

吴正升[10]于1992年提出描述和表达时空变化的时空数据模型，成为TGIS（Temporal GIS）的雏形。时空数据模型可分为在空间模型的基础上扩展时间维[11]、在时间模型的基础上增加空间维[12-13]两类。其中，基于事件的时空数据模型最为典型[14]，其目前的主要不足为：①记录的是栅格数据变化后的状态，没有对如何变化进行记录；②大多是基于栅格数据，不符合自然资源业务实际的点、线、面、体数据需求。本文尝试按以下原则构建一种实际应用于业务环境的基于事件驱动的国土空间信息模型。

1.2　总体框架

本文研究构建的基于事件驱动的国土空间信息模型整体上以事件数据库为核心，各类国土空间数据库以事件为依据进行更新（图1）。国家、省、市、县四级分别在现有业务系统上建设本级的事件数据库；本级事件数据库更新后，归集到上级数据库或广播至下级数据库，同时各级土地、产权、规划等数据进行实时的增量更新或定期的全量更新。事件数据库之间存在申报、归集、审批、广播4种通信类别：①申报：主要针对需要逐级审批的场景。②审批：作出审批决定后逐级通报给下级。③归集：下级事件数据库实时逐级汇报到上级。④广播：上级事件数据库实时广播给下级。

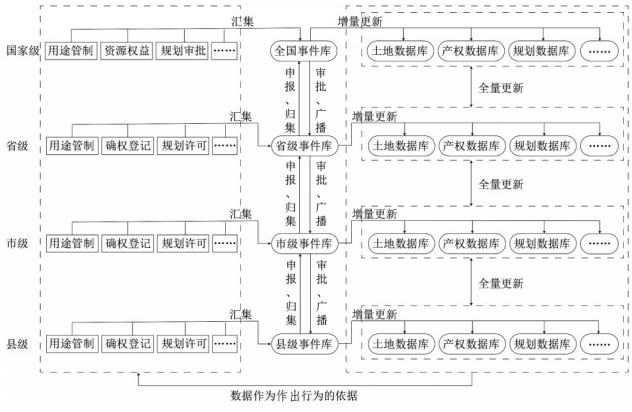


图1　基于自然资源业务事件驱动的国土空间信息模型总体框架

2　事件处理系统

2.1　事件数据库设计

2.1.1　事件分类

从对空间对象影响的角度，将事件分为以下两类：

1）空间对象属性变化事件：不改变空间对象实体，仅对其属性造成影响的事件。

2）空间对象结构变化事件：改变空间对象实体，同时也可能对其属性造成影响的事件。空间对象实体的改变包括灭失、分割、融合等多种类型。

2.1.2　事件数据库字段结构

事件数据库字段包含事件编号、时间、决策者、行为、涉及的空间位置、影响者等6部分。

1）编号：包括事件系统编号（number_system）、临时编号（number_temp）。事件系统编号（number_system）是全网唯一的。事件系统编号由系统生成，不可更改、删除。临时编号（number_temp）是正在发生事件的编号，事件结束或取消即删除临时编号。

2）时间：包括事件起始时间（time_starting）、过程标志事件时间（time_ flag）、事件终止时间（time_final）。其中，过程标志事件时间（time_ flag）主要应对多人操作、多环节审批等实际场景。

3）决策者：即在事件发生的每一个过程标志事件中作出决策的一个或多个人员。

4）行为：即对事件发生的每一个过程标志事件的描述，串联起来即为整个事件的过程。可分为事件行为类型（behavior_type）、级别（behavior_rank）、描述（behavior_description）、附件（behavior_appendix）等。

5）涉及的空间位置和属性：即对事件涉及空间位置和属性的记录，包括其空间坐标的记录和坐标位置附件。

6）影响者：记录事件影响到的数据库。当事件终止后，土地、产权、规划等数据以事件影响者（affect）记录为根本依据进行实时的增量更新。

2.2　事件收集和发布

事件决策者在各业务应用系统或服务上作出决策，同步生成事件记录和日志。事件记录由各业务应用系统或服务推送到事件服务器。同时，事件服务器监控各个业务应用系统或服务的日志并收集。对于国土空间用途管制监管系统等已有成熟的数据信息流转和存储的业务信息系统，可以直接读取其交互数据中的项目基本情况、许可范围、许可记录、文档材料、空间图层和属性表等数据转译为事件记录。

事件服务器通过比对收集到的日志文件和事件记录，判别事件记录的准确性、完整性。如果确认事件记录正确、完整，则将事件记录入库，同时生成结构化日志数据，并将日志数据推送到消息中间件。

各业务数据库从消息中间件中获取消息。根据事

件服务器日志数据中的事件时间、影响者等记录判断业务数据是否需要更新。如需要更新，则获取事件服务器中的事件记录，并根据事件记录中的事件时间、决策者、行为、涉及的空间位置、影响者等记录动态更新业务数据库。

3 事件与国土空间数据关系

3.1 事件与空间对象关系

各业务数据库的状态在时间上是离散的。以某一业务数据库为例，可以抽象为式（1）：

$$S_t=\begin{cases} g(t) & t=t_0 \\ f(s_{t-1},E_t) & t>t_0 \end{cases} \tag{1}$$

业务数据库在 t_0 时刻，其初始状态为与 t_0 相关的空间对象状态的集合 S_{t0}。如，第三次国土调查数据为2019年12月31日00:00:00这一 t_0 时刻国土利用状态的集合。在 t 时刻（ $t>t_0$ ）某事件 E_t 结束，业务数据库根据前一个时刻空间对象状态的集合 S_{t-1}，和事件 E_t 的影响，通过空间运算 f 得出 t 时刻空间对象状态的集合 S_t。事件 E_t 是空间对象状态变化的根本原因，往往由一系列过程标志事件组成。S_t 是空间对象状态的集合，由众多空间对象状态子集组成。

实务中，不同情形下空间计算的方式不同、复杂性各异。以较常见的二维空间对象 a 、b 为例，在 t_0 时刻，其状态可以表示为式（2）：

$$\begin{cases} g_a(t_0)=(\text{shape}(x_a,y_a),\text{attribute}(a)) \\ g_b(t_0)=(\text{shape}(x_b,y_b),\text{attribute}(b)) \\ S_{t_0}=\left[g_a(t_0),g_b(t_0)\right] \end{cases} \tag{2}$$

式中，$\text{shape}(x_a,y_a)$ 、$\text{shape}(x_b,y_b)$ 为空间对象 a 、b 的形状和坐标组；$\text{attribute}(a)$ 、$\text{attribute}(b)$ 为示空间对象 a 、b 的属性信息。在 t_1 时刻结束的某事件 E_{t1} 对业务数据库的影响为空间对象 a 、b 的空间位置合并、属性相加。则 f 可表示为式（3）：

$$f=g_a(t_0)\cup g_b(t_0)=\begin{pmatrix} \text{shape}(x_a,y_a)\cup\text{shape}(x_b,y_b) \\ \text{attribute}(a+b) \end{pmatrix} \tag{3}$$

事件服务器实时同步事件 E_t，业务数据库通过事件 E_t 计算空间对象状态。这就要求各级各个业务数据库系统运算 $g(t)$ 、$f(s_{(t-1)},E_t)$ 是严格一致和确定的，以确保各级各个业务数据库系统的 S_t 是严格一致的。

3.2 国土空间数据库更新

国土空间数据库更新分为增量更新和全量更新2种方式。增量更新指国土空间数据库根据事件 E_t 实时计算空间对象状态并更新。全量更新指按一定时间间隔（季度或年度等），省市县各级数据库对所有数据进行更新。通过增量更新和全量更新2种方式，确保国土空间数据库的一致性、完整性、准确性。每一次数据更新时都应进行数据一致性校验。

3.2.1 增量更新

国土空间数据库增量更新时，提取事件 E_t 的终止时间戳，根据事件行为、涉及的空间位置、影响者进行空间计算，对事件影响者涉及到的空间数据库和事件涉及的空间位置数据进行更新。

每次增量更新只处理新增或修改的数据，而不是对所有数据进行全面的更新。能够大大减少数据传输和处理的负载，实现实时计算和更新。传统上，增量更新的难点是需要建立有效的数据追踪机制，以确定哪些数据已经发生了变化。本研究提出的事件服务器和事件记录机制可以很好地解决这一问题。

3.2.2 全量更新

国土变更调查等定期开展的工作，“三线”数据、统一制作的国土空间规划底图底数等数据，以及省市县自形开展的专项调查等工作，相关部门审批后直接纳入数据库启用，没有业务系统，不经过本文提出的“事件”过程。因此，采用全量更新的方式对该类数据进行更新。在全量更新的同时，生成备份数据。全量更新的方式为国家、省、市、县四级数据库按更新逻辑进行更新。具体更新逻辑为：以全量更新时间点的增量更新形成的国土空间数据库为基础，①与上一时间点的备份数据对比，如果有变化，则更新备份数据；②国家、省、市、县四级数据库之间的全量更新，按权威性进行更新。

3.2.3 数据不一致处理

当前，各级国土空间数据之间的不一致现象十分普遍，成为亟需解决的问题。虽然按本研究提出的框架设计在理论上不会出现国土空间数据不一致现象，然而在实际工作中数据不一致在所难免。当出现数据不一致时，可通过以下方式解决处理：

1）记发现数据不一致的时刻为 t_n；

2）追踪到上一次的一致的准确数据 A_0，记此数据的时间为 t_0；

3）从事件数据库中抽取 t_0~t_n 时间段内的事件集（ E_{t_1}，E_{t_2}，…，E_{tn} ），记为 E；

4）根据 E 的属性，按时间戳顺序计算 t_0~t_n 时间段内事件影响下导致的国土空间数据变化（ a_1，a_2，…，a_n ）；

5）以 A_0 为基础，空间叠加（a_1，a_2，…，a_n），得到 t_n 时刻的一致的准确数据 A_n。

当数据不一致时，事件记录作为“仲裁”的基础依据，可以推算出任意时刻的国土空间数据。这也是基于事件驱动的国土空间信息模型巨大优势所在。

4　实验与结果

4.1　实　验

本文选取湖南某市协议出让某地块给A建设公司为例进行实验分析。该事件流程为：自然资源部门编制土地出让方案→市人民政府审批出让方案→自然资源部门编制挂牌出让文件→发布出让公告→招拍挂工作的实施→签订出让合同→交付土地。该事件由7项子事件组成，影响到的数据库有土地储备数据库、权属数据库。在土地储备数据库、权属数据库（使用权）根据事件记录作出的实时增量更新见图2。

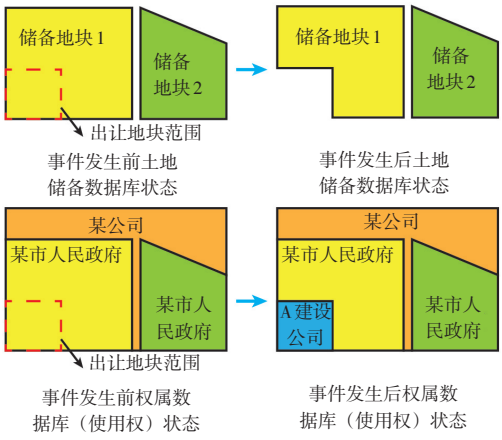


图2　土地储备数据库、权属数据库在事件前后的状态

4.2　分　析

实验显示，本文提出的基于业务事件驱动的国土空间信息模型解决了自然资源实际工作中的下列问题，可以提高自然资源管理效率和水平。

1）解决了当前自然资源各业务线处于“割裂”状态的问题。以本实验中的事件为例，至少涉及编制审批土地出让方案、招拍挂、交付土地3个业务线。通过将这7项子事件整合记录到1项事件中的方式，每项子事件的决策者在办理业务时可以清楚掌握前置业务的办理情况，事后可以非常容易地对各业务链条进行追溯。

2）解决了业务和数据不耦合协调的问题。在实际工作中，国土空间数据库并不根据业务工作实时变化，这会造成不同业务线的数据互相矛盾。本文提出的模型框架可以实现国土空间数据库随着业务实时变化。

3）解决了自然资源统一管理平台改造建设经济成本高的问题。传统上建设自然资源统一管理平台涉及到对现有业务系统的融合改造、数据清洗整理等诸多事项，经济成本高昂。而采用本文提出的模型框架，仅需在现有业务系统中增加事件服务，甚至可以通过读取现有业务系统日志的方式形成事件记录。同时无需进行数据清洗整理，直接在现有国土空间数据库上进行更新计算即可。这大大降低了经济成本。

5　结　语

如何将时空信息模型与工作实际相结合，一直是业界追求的重点。本文提出一种基于业务事件驱动的国土空间信息模型，对其基本概念和框架进行了梳理。给出了事件描述和事件数据库字段结构，明确了事件与国土空间数据关系，提出了业务事件和国土空间数据库之间的更新方法。通过湖南某市协议出让某地块给A建设公司为例进行实验分析，验证了本文所提出的模型框架的有效性和可行性。

参考文献

[1]　唐华，汪洋，周海洋. 国土空间信息模型构建研究[J]. 自然资源信息化，2022，21(4)：1-9

[2]　蒋秉川，黄梓航，任琰，等. 基于时序超图模型的战场环境多层次知识建模方法[J]. 地球信息科学学报，2023，25(6)：1 148-1 163

[3]　王益鹏，张雪英，党玉龙，等. 顾及时空过程的台风灾害事件知识图谱表示方法[J]. 地球信息科学学报，2023，25(6)：1 228-1 239

[4]　石永阁，余磊，雷杨. 自然资源基础大数据服务平台研究[J]. 地理空间信息，2019，17(7)：1-5

[5]　卢万杰，刘伟，牛朝阳，等. 服务于空天协同对地观测的语义信息模型构建[J]. 地球信息科学学报，2022，24(8)：1 421-1 431

[6]　华一新，张江水，曹一冰. 基于时空域的全空间数字世界时空对象组织与管理研究[J]. 地球信息科学学报，2021，23(1)：75-83

[7]　曾梦熊，华一新，张江水，等. 多粒度时空对象动态行为表达模型与方法研究[J]. 地球信息科学学报，2021，23(1)：104-112

[8]　陈达，王培，崔虎平，等. 基于多粒度时空对象的事件建模框架研究[J]. 地理空间信息，2020，18(7)：21-25

[9]　裴韬，舒华，郭思慧，等. 地理流的空间模式：概念与分类[J]. 地球信息科学学报，2020，22(1)：30-40

（下转第101页）