

Plano digital único: arquitectura unificada para organizar la información del espacio territorial e innovación en la práctica de gobernanza

ZUO Wei, LIU Jinqiu, ZENG Peng

Resumen. El Plano digital único constituye la expresión esencial del Modelo de Información Territorial (TIM) y una base clave para la implementación y gestión de la planificación del espacio territorial. Su núcleo consiste en construir una arquitectura unificada de organización de la información sobre una lógica fundamental: la gestión reticular y trazable durante todo el ciclo de vida de la información relativa a cualquier tríada suelo-entidades-personas del espacio territorial. A partir de un modelo matemático de vectores multidimensionales de información, este estudio formaliza un sistema teórico de mallas de información espacio-temporal y deduce la arquitectura básica y los rasgos definitorios de la organización digital de la información territorial. Asimismo, desde la lógica del ciclo de vida de la información, construye una lectura plenamente trazable de los procesos informacionales y de la gobernanza del espacio territorial. Tomando como caso práctico la plataforma de gobernanza digital del espacio territorial de la Nueva Área de Binhai, Tianjin, el artículo presenta la arquitectura de conjuntos de datos de la malla de información espacio-temporal y escenarios representativos de operación de la plataforma. El estudio aporta fundamentos teóricos y referencias prácticas para la gobernanza digital del espacio territorial.

Palabras clave: Plano digital único; Modelo de Información Territorial (TIM); gobernanza del espacio territorial; malla de información; ciclo de vida de la información; intervención espacial.

Clasificación CLC: TU984. Código documental: A. DOI: 10.16361/j.upf.202503010. N.º de artículo: 1000-3363 (2025) 03-0079-08.

* Financiado por el proyecto de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China “Límites de la intervención espacial territorial a escala de condado: estudio empírico basado en datos multisource” (n.º 52308074); el proyecto piloto de cooperación ministerio-provincia “Investigación, desarrollo y demostración de tecnologías clave para la Red de Observación de la Planificación Espacial de China (CSPON) en la Nueva Área de Xiong’an” (n.º 2023ZRBSHZ068); y el proyecto especial del piloto de reforma del mecanismo de delegación y representación de la propiedad de activos de recursos naturales de propiedad estatal, “Investigación sobre el avance del desarrollo integrado tierra-mar en la Nueva Área de Binhai” (n.º 2024GFW-0029).

1 Antecedentes

1.1 Visión y objetivo: la digitalización de la gobernanza nacional exige un Plano digital único

La transformación digital de la gobernanza nacional forma parte desde hace tiempo del diseño institucional de alto nivel de China, y la planificación y gobernanza del espacio territorial han entrado en una fase plenamente digital. La teoría y los métodos del campo subrayan cada vez más la digitalización, la informatización y las tecnologías inteligentes [1-2]. El Esquema de Planificación del Espacio Territorial Nacional (2021-2035) propuso establecer la Red de Observación de la Planificación Espacial de China (CSPON), mientras que el Plan de Trabajo para la Construcción de la Red Nacional de Implementación y Monitoreo de la Planificación del Espacio Territorial (2023-2027) planteó la gestión del ciclo de vida de dicha planificación y la concepción general del Modelo de Información Territorial (TIM). En los últimos años,

las tecnologías digitales emergentes han ampliado sustancialmente las posibilidades técnicas del espacio territorial digital, y varias regiones pioneras han iniciado exploraciones orientadas a CSPON [3-4]. Así, la planificación y la gobernanza del espacio territorial han ingresado en una nueva etapa de digitalización integral [5-6].

El Plano digital único expresa la visión general de digitalizar la gobernanza del espacio territorial mediante el TIM. Al romper los silos de información entre los organismos de gobernanza espacial y permitir la integración y normalización de la información de gestión, contribuye a modernizar tanto el sistema como la capacidad de gobernanza del espacio territorial.

1.2 Restricciones apremiantes: la lógica subyacente del Plano digital único requiere clarificación y estandarización

El examen de la práctica actual muestra que la lógica fundamental del Plano digital único sigue insuficientemente aclarada y normalizada.

(1) Aclarar su función esencial: una base digital unificada. En términos teóricos, el Plano digital único ha dejado de ser un plano de planificación específico o una simple superposición de capas sectoriales [7-8]. La construcción del sistema digital de gobernanza del espacio territorial tampoco puede reducirse a nuevas tecnologías para elaborar planes y apoyar decisiones [9], ni a innovaciones de tipo aplicativo. Debe avanzar hacia el empoderamiento sistémico de la gestión digital [2, 4] mediante una base espacio-temporal digital unificada.

(2) Resolver el problema central: una lógica normalizada de organización de la información. El Plano digital único no es una mera agregación de mapas base, datos de línea base y conjuntos de datos espaciales. El reto urgente es establecer, mediante una lógica fundacional de organización informacional, un mecanismo unificado para identificar, recopilar, intercambiar y gestionar información de cualquier escala, jerarquía, granularidad o categoría, con el fin de habilitar una gobernanza inteligente del espacio territorial. La investigación y la práctica sobre plataformas territoriales inteligentes [10], plataformas de gemelo digital [11-12] y plataformas de macrodatos de “un solo mapa” [13] parecen aproximarse a este objetivo. El cuello de botella pendiente, sin embargo, consiste en responder plenamente a la cobertura horizontal de todos los elementos espaciales en la intervención espacial [14], a la eficacia vertical de la implementación y supervisión de la planificación durante todo el ciclo [4, 15-16], y a la coordinación integral.

(3) Proveer una base teórica sistemática: normalización matemática y marco comprehensivo. Algunos estudios sobre plataformas digitales de información territorial se mantienen sobre todo como presentaciones prácticas [17-18] y carecen de una discusión teórica de validez general. Otros trabajos han ofrecido avances conceptuales útiles, como la infraestructura habilitante de información espacio-temporal [6], el concepto de plataforma de gestión de planificación espacial plenamente basada en eventos [5] y la gobernanza digital del espacio territorial a partir de genes espaciales únicos [19]. No obstante, la formalización matemática y la construcción sistemática del marco siguen siendo insuficientes. Por ello, el Plano digital único requiere una arquitectura lógica normalizada, con una lógica subyacente clara, una derivación matemática rigurosa y una cobertura teórica amplia, de modo que pueda conservar extensibilidad y sostenibilidad en la aplicación práctica.

2 Lógica subyacente y arquitectura unificada de la malla de información espacio-temporal

2.1 Características básicas

El Plano digital único debe presentar cuatro rasgos definitorios. Primero, las dimensiones de información deben ser plenamente extensibles: para cualquier objeto de intervención espacial puede establecerse un conjunto de datos según las necesidades de gestión. Segundo, el contenido informacional debe estar integralmente interconectado: las dimensiones espaciales, temporales y atributivas del objeto de intervención han de vincularse orgánicamente. Tercero, la arquitectura de información debe ser plenamente unificada: la información de cada objeto debe incorporarse a un sistema integral y normalizado de mallas de información. Cuarto, la identificación del objeto debe ser completamente única: cada objeto debe corresponder a un conjunto de datos único, claramente consultable y trazable.

En consecuencia, todo objeto del espacio territorial debe recibir un identificador único y una cadena de información. La información sobre suelo, entidades y personas debe gestionarse en múltiples escalas y a lo largo de todo el proceso; por ello, la información territorial reticulada y trazable durante el ciclo de vida constituye el punto de partida lógico del Plano digital único.

2.2 Lógica subyacente: construcción de una malla de información espacio-temporal desde la teoría de vectores multidimensionales

La malla de información espacio-temporal es una malla digital en sentido abstracto y comprende, a la vez, una malla espacial y una malla informacional. Para cualquier objeto del mundo real puede construirse un vector multidimensional de información dentro de un contexto espacio-temporal determinado.

2.2.1 Un vector multidimensional de información espacial, temporal, identitaria y atributiva forma una malla básica

En teoría, la información asociada a cualquier entidad puede representarse como un vector multidimensional P. La información espacial (S), la información temporal (T) y la información de identidad (I) constituyen las dimensiones fundacionales del sistema de malla. Sobre esta base pueden añadirse y extenderse N categorías de información atributiva (V) según las necesidades prácticas de registro, identificación y gestión de la información. La relación de mapeo matemático es:

$$P = \{S, T, I, V1, V2, V3, \dots, Vi, \dots, VN\} \quad (1)$$

En la ecuación (1), S registra la posición, orientación, escala, jerarquía, granularidad y otros estados espaciales del objeto; T indica el tiempo o la etapa en que el objeto es registrado, transformado o extinguido; y Vi designa información multidimensional del espacio territorial más allá del espacio y el tiempo, como tipos de suelo o entidad, atributos económicos y atributos sociales.

2.2.2 Existencia y unicidad del vector de identidad del objeto en la malla de información espacio-temporal

Dentro de la malla básica de información, el vector de identidad (I) desempeña una función específica: expresa la existencia y unicidad del objeto y establece un mapeo uno a uno entre el objeto y su información de identidad. Los objetos importantes suelen recibir sistemas o códigos de identificación únicos. Entre los ejemplos se cuentan los números de identidad personal, los números de identificación tributaria de empresas y los códigos de identificación de parcelas en los levantamientos básicos de suelo. Desde la perspectiva de la gestión de la información, la identidad hace única la existencia de un objeto; por ejemplo, un código de identificación otorga unicidad espacial a una parcela. En consecuencia, en un sistema de malla

de información espacio-temporal, la identidad de los objetos digitales del espacio territorial suele incluir identidad personal asociada, identidad espacial e identidad de entidad.

Para explicar de manera más completa la existencia y unicidad de la información identitaria, la gobernanza informacional basada en mallas requiere además las siguientes metarreglas:

(1) La existencia y extinción de un objeto deben registrarse como información. Para una parcela espacial, un método consiste en reservar un dígito específico en su identificador. Por ejemplo, el último dígito de “BSM62***11” puede fijarse en “1” para indicar existencia y en “0” para indicar extinción. Otra opción es añadir un campo de estado, donde “E” represente la existencia de la identidad y “N” su extinción.

(2) Una vez extinguido un objeto, su código de identidad no debe reasignarse a ningún otro objeto. Por ejemplo, como “BSM62***01” está vinculado a una parcela concreta, si esta cambia de extensión o se integra en una nueva parcela y, por tanto, entra en estado de extinción, el código queda invalidado y debe asignarse un nuevo identificador, como “BSM62***02”.

2.2.3 Un parámetro latente relevante en la malla: información auxiliar de gestión vinculada a los atributos del objeto

En teoría, cada una de las N categorías de información atributiva V_i ($i = 1, 2, \dots, N$) debe acompañarse de una unidad auxiliar de información que actúe como interfaz para identificar, transformar y gestionar la propia información. El mapeo es:

$$V_i = a_{ij} \cdot v_i \quad (2)$$

En la ecuación (2), v_i denota la información atributiva pura del objeto respecto del atributo i , mientras que a_{ij} denota la información auxiliar correspondiente. Esta última es, a su vez, un subvector multidimensional de información:

$$a_{ij} = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{iM}\} \quad (3)$$

En la ecuación (3), si el subíndice i designa la categoría de uso del suelo, el superíndice j designa información auxiliar de gestión multidimensional asociada a esa categoría, como el código de una regla pertinente de control espacial.

La información auxiliar de gestión asociada a un mismo atributo puede ser, por tanto, multidimensional. Una vez implementada de manera integral en el espacio territorial digital, dicha información auxiliar permite identificar e integrar información atributiva compleja dentro de un mismo espacio, y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de la gestión espacio-temporal al eliminar componentes redundantes.

2.2.4 Extensión reticular completa de la dimensión temporal: el ciclo de vida de la información

La información se caracteriza por procesos de creación, adquisición, indización, almacenamiento, recuperación, distribución, presentación, migración, intercambio, protección y disposición, descritos en conjunto como ciclo de vida de la información⁽¹⁾. Este ciclo expresa la ley general de transmisión y movimiento de la información [20-22]. Se manifiesta tanto en la dinámica de cambio de los elementos del espacio territorial como en todas las fases de la intervención espacial. Por ello, la lógica subyacente del ciclo de vida de la información puede entenderse como una extensión reticular longitudinal de la información temporal (T). Para cualquier objeto del espacio territorial, siempre que su información de identidad (I_r) permanezca invariable, su vector de información (P_r) puede tratarse como una función -o secuencia discreta- de T:

$$Pr = fr(T) \quad (4)$$

La ecuación (4) es una expresión conceptual general del mecanismo de cambio temporal. Como muestra la ecuación (1), el vector de información es un conjunto multivariable; por tanto, $fr(T)$ combina relaciones funcionales de múltiples elementos del conjunto, incluidos S , T y V_i . Dos aspectos merecen especial atención. Primero, las relaciones funcionales de los vectores atributivos V_i son los componentes más dinámicos y ricos en información, por lo que requieren una observación prioritaria. Segundo, la información temporal T también debe expresarse como función $T(t)$ de una secuencia temporal básica, ya sea en años, meses, semanas, días, horas, minutos o segundos, o como nodos temporales discretos compuestos por etapas significativas. Así, la ecuación (4) puede ampliarse como sigue:

$$fr(T) = \{S(t), T(t), I_r, V_i(t)\} = \{S(t), T(t), I_r, a_i^{j(t)} \cdot v_i(t)\} \quad (5)$$

En la ecuación (5), $S(t)$ indica que la información espacial del objeto cambia con la variable periódica t ; $V_i(t)$ capta la variación temporal de cualquier atributo i ; y $V_i(t)$ puede descomponerse en la función de la información atributiva pura $v_i(t)$ y la función de la información auxiliar de gestión, donde $j(t)$ denota la función de una categoría específica j de información de gestión respecto de t . El ciclo de vida de la información de cualquier objeto del espacio territorial puede traducirse, por tanto, en una función analítica en la que múltiples factores y elementos varían a lo largo de una secuencia temporal.

Las ecuaciones (1) a (5) extienden así el conjunto de vectores de información de cualquier objeto tanto horizontalmente, en sentido estático, como verticalmente, en sentido dinámico, formando un sistema multidimensional y tridimensional de mallas de información.

2.3 Arquitectura básica: una estructura integrada de espacio, objeto e información

Sobre la base de la lógica anterior, la malla de información espacio-temporal puede traducirse en varios sistemas concretos de mallas para el espacio territorial digital y su gobernanza: un sistema fundacional de malla espacial, un sistema fundacional de malla de objetos y un sistema de malla informacional para atributos y eventos administrativos.

2.3.1 Malla espacial fundacional subdividida hasta unidades atómicas

La malla espacial proporciona el orden básico para dividir y organizar el espacio. Puede subdividirse verticalmente según sea necesario hasta que un polígono espacial se convierta en una unidad atómica^②, ya no apta para una subdivisión ulterior y correspondiente, en cambio, a una entidad física concreta, como un edificio, una instalación, un árbol o un cuerpo de agua. Para cualquier entidad del espacio territorial, el sistema de malla espacial puede representarse mediante S_{malla} dentro del conjunto de vectores de información:

$$P = \{S_{\text{malla}}, T, I, V_1, V_2, V_3, \dots, V_i, \dots, V_N\} \quad (6)$$

El sistema fundacional de malla espacial identifica con precisión región, alcance y ubicación, por lo que constituye el componente más básico de un sistema verticalmente integrado de gobernanza digital del espacio territorial.

Por una parte, las unidades administrativas deben servir de base para explorar la granularidad de las unidades espaciales de base. Las divisiones administrativas son una de las formas de jerarquía espacial más universales y compatibles, y se articulan estrechamente con los requerimientos de gestión de información geográfica, gestión de la construcción urbano-rural, administración del suelo y administración forestal. Por otra parte, las divisiones administrativas solo llegan hasta el nivel de aldea. Si se toma como ejemplo una

ciudad de nivel prefectura, la refinación vertical alcanza únicamente una malla de cuatro niveles: ciudad -> condado/distrito -> pueblo/subdistrito -> aldea/comunidad. Esta granularidad todavía resulta insuficiente para una gobernanza espacial fina.

A medida que mejoren la gobernanza reticular, los estudios básicos de entidades espaciales, la delimitación de límites y la confirmación de derechos, el sistema podrá subdividirse en mallas de quinto nivel y niveles inferiores. Primero, la malla de quinto nivel puede dividirse en grupos/equipos de aldeanos^③ en áreas rurales y en unidades de malla comunitaria en áreas urbanas. Segundo, la malla de sexto nivel se aproxima a la unidad atómica teórica y puede especificarse de modo diferente según las condiciones territoriales y las tareas de gobernanza. En áreas urbanas puede subdividirse en manzanas de planificación o construcción y parcelas catastrales; en áreas agrícolas, de acuerdo con la lógica de operación y organización productiva, puede subdividirse en parcelas con derecho de gestión contractual^④ o incluso en campos cultivados; y en áreas forestales, los compartimentos forestales^⑤ pueden funcionar como unidades básicas. En conjunto, estas unidades forman una malla espacial fundacional que cubre todo el territorio. Para simplificar, la malla de sexto nivel puede denominarse malla parcelaria. A escala municipal, la malla espacial fundacional del Plano digital único puede constituir una jerarquía de seis niveles: ciudad -> condado/distrito -> pueblo/subdistrito -> aldea/comunidad -> grupo de aldeanos/malla comunitaria -> parcela.

2.3.2 Malla fundacional de objetos centrada en suelo, entidades y personas

Los atributos solo pueden asignarse después de identificar las entidades del mundo real. Por ello, suelo, entidades y personas deben constituir los objetos físicos básicos del sistema (Figura 1), formando una arquitectura fundacional de malla de objetos centrada en la tríada suelo-entidades-personas.

El suelo es el soporte espacial fundacional. Incluye, en general, predios básicos cuando los derechos aún no han sido confirmados, o parcelas catastrales cuando ya lo han sido, como unidades mínimas de malla. La agregación de numerosos polígonos de suelo conforma la malla básica cuyo núcleo es el suelo. Siguiendo el principio general de la ecuación (1), el conjunto de vectores de información de cualquier entidad basada en el suelo P_{suelo} puede expresarse como:

$$P_{\text{suelo}} = \{S_{\text{suelo}}, T_{\text{suelo}}, I_{\text{suelo}}, V1, V2, V3, \dots, Vi, \dots, VN\} \quad (7)$$

Entidad se refiere al amplio conjunto de elementos de intervención basados en soportes espaciales. Incluye tanto objetos fijos sobre el suelo como objetos subterráneos, y abarca recursos naturales y elementos físicos de superficie y subsuelo, elementos agrícolas y forestales, instalaciones de producción y vida cotidiana, edificios y estructuras, así como elementos del entorno regional. Todo objeto que pueda incorporarse a un sistema de identificación, vinculación y gestión durante el ciclo de vida forma parte de la malla fundacional centrada en las entidades.

Personas se refiere a los actores interesados. La relevancia de una malla informacional centrada en personas reside en vincular las relaciones socioeconómicas entre los actores interesados y el suelo y las entidades asociados, generando mapeos informacionales explícitos y cadenas de intervención espacial.

En conjunto, suelo, entidades y personas ofrecen una descripción comprehensiva de la información fundacional del espacio territorial. Más importante aún, estas tres categorías funcionan como información de anclaje en el sistema regional de malla de información espacio-temporal. Dado que cada una posee información espacial, locacional e identitaria única, proporciona referencias esenciales para organizar grandes volúmenes de información de entidades y atributos, y puede conectarse y apoyarse mutuamente.

El sistema fundacional de malla de objetos al servicio del Plano digital único se construye, por tanto, en torno a tres conjuntos de información: suelo, entidades y personas (Figura 1). Al incorporar información de malla espacial, el conjunto de vectores de información de cualquier objeto de gobernanza del espacio territorial puede expresarse como:

$$Pr = \{S_malla, T, Ir, V_suelo, V_personas, V_entidad, ..., Vi, ..., VN\} \quad (8)$$

Aquí, S_malla proporciona la referencia espacial básica; V_suelo, V_personas y V_entidad contienen la información fundacional del objeto respecto del suelo, las personas y la entidad; y, junto con otros atributos Vi, forman un conjunto rico de vectores de información sometido a captura, seguimiento, despacho y gestión reticulares.

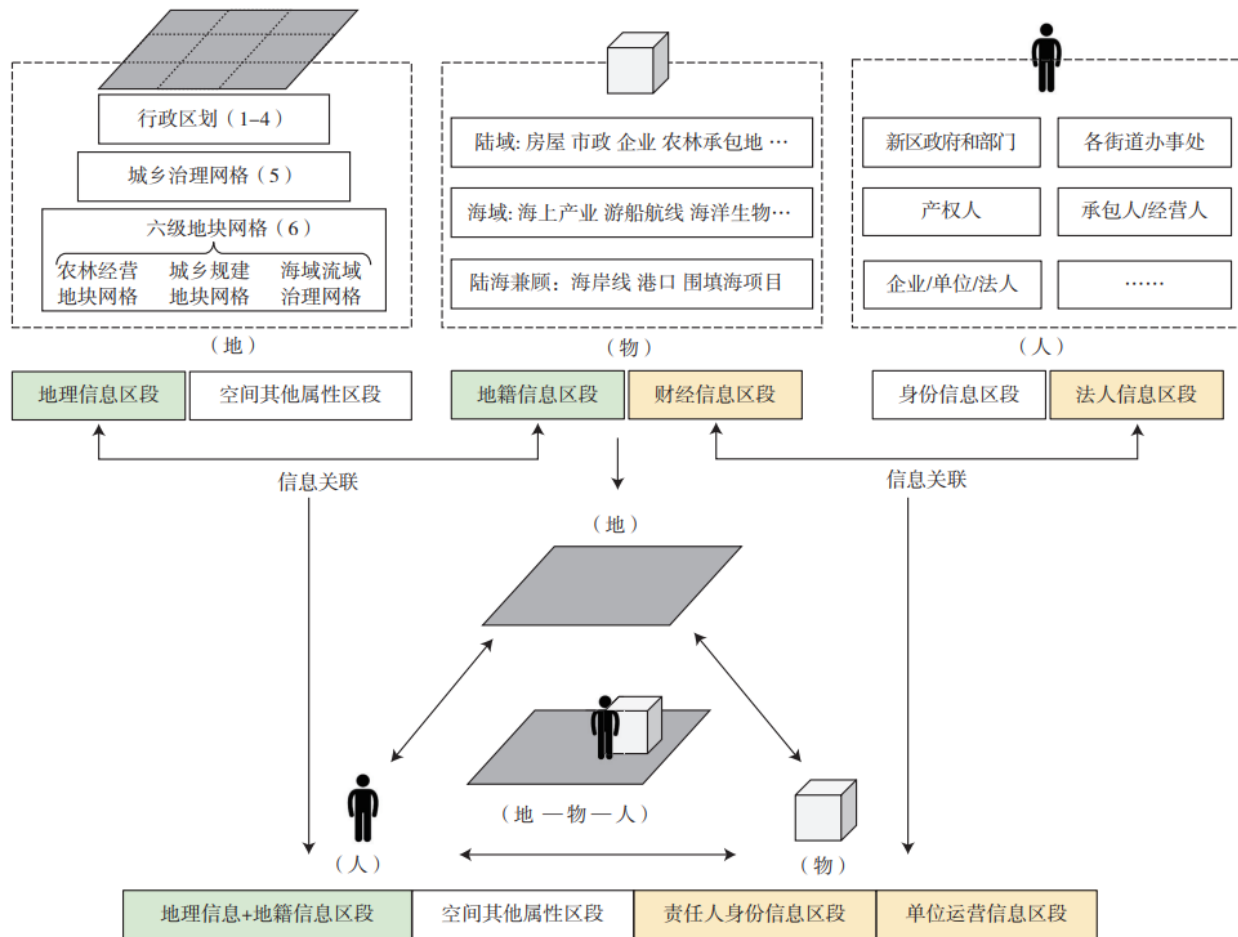


Figura 1. Estructura de vinculación informacional del sistema fundacional de objetos centrado en la tríada “suelo-entidades-personas” en la Nueva Área de Binhai

2.3.3 Mapeo de atributos y eventos administrativos con unidades auxiliares de información de gestión

¿Cómo representar con suficiente profundidad las relaciones entre suelo, entidades y personas para producir efectos operativos más explícitos? La clave consiste en vincular, mapear e integrar de manera integral dimensiones informacionales importantes, incluidos los atributos de los objetos de intervención y los eventos administrativos generados por las actividades de intervención espacial.

Atributo se refiere específicamente a características del objeto de intervención distintas de suelo, entidades y personas. En el vector multidimensional de información, estas corresponden a las matrices extensibles representadas por V_i , incluidas categorías, propiedades, funciones y parámetros detallados. Bajo una arquitectura informacional reticular, el Plano digital único debe lograr primero la vinculación integral entre suelo, entidades, personas y atributos. Su principio central es asignar reglas normalizadas de catalogación a toda la información atributiva. Aunque ya existen normas para catalogar atributos de elementos en información geográfica, levantamientos territoriales, uso de suelo y mar, recursos forestales, de pastizales, hídricos y edáficos, y gestión de factores ambientales^⑥, nunca se han integrado plenamente en un formato verdaderamente unificado. Este es el punto técnico crítico de la vinculación suelo-entidades-personas-atributos.

La información de eventos se refiere a información factual registrable generada en la evolución dinámica de los objetos del espacio territorial, con énfasis en los eventos administrativos derivados de la intervención espacial. Es una manifestación concreta de la información auxiliar de gestión descrita anteriormente. En los sistemas de gobierno electrónico, la tramitación y conclusión de asuntos administrativos generan registros de eventos, incluidos departamento responsable, fundamento jurídico o normativo, etapa, dictamen y marca temporal. Por su carácter dinámico, la información de eventos ayuda a captar los cambios cíclicos y por etapas de la gobernanza espacial. Su alcance administrativo debe cubrir planificación, suelo, silvicultura y pastizales, recursos, ambiente, construcción, vivienda, transporte, agricultura y silvicultura, agua, jardinería, gestión urbana y otros campos necesarios. Todas las acciones, etapas y resultados de la intervención de planificación deben incorporarse, por tanto, a un sistema unificado de malla de información. La relación entre el desarrollo dinámico de los eventos de intervención y los atributos del objeto puede traducirse en la estructura de mapeo de las unidades auxiliares de información de gestión descritas en las ecuaciones (2) y (3). En síntesis, la vinculación suelo-entidades-personas-atributos-eventos siempre se basa en un mecanismo profundamente reticular.

2.3.4 Incorporación del ciclo de vida de la información a la malla para habilitar la gobernanza de todo el proceso

El cambio en los sistemas del espacio territorial y la intervención espacial son siempre procesos sistémicos integrados [23], y los grandes volúmenes de información que generan existen durante todo el proceso. Por ello, una de las bases más importantes de la gobernanza del espacio territorial durante el ciclo de vida es la gestión de la información a lo largo de ese ciclo. Sin captura continua de información, no puede realizarse la intervención espacial de ciclo completo.

Debe establecerse, por tanto, un mecanismo de ciclo de vida para identificar y capturar la información asociada a cada objeto, cubriendo todo el proceso desde la creación hasta la extinción de la información y todos los demás eventos de cambio, incluidas las modificaciones o transformaciones en cada categoría de información generadas por la evolución del objeto dentro del sistema. En el contexto de la gobernanza espacial, cada acción específica o proceso de implementación -proceso A -> proceso B -> ...- puede representarse en mallas espaciales y mallas de objetos de todos los niveles (Figura 2).

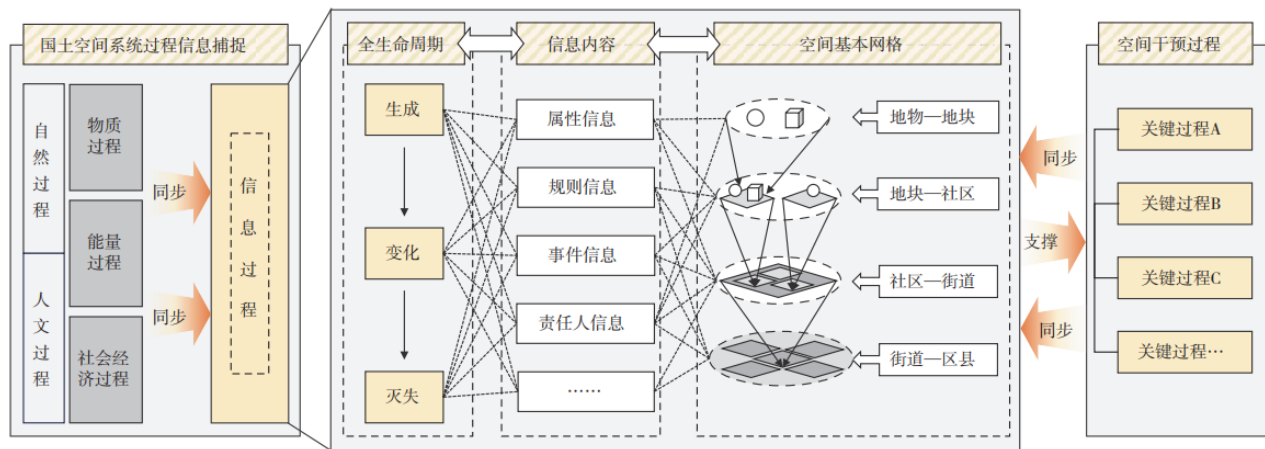


Figura 2. Acoplamiento de ciclo completo entre los procesos del sistema del espacio territorial y los procesos de información

3 Concepto y práctica de la plataforma de gobernanza digital del Plano digital único para la Nueva Área de Binhai

Desde 2022, la Nueva Área de Binhai (en adelante, la Nueva Área) ha implementado un piloto de reforma del mecanismo de delegación y representación de la propiedad de activos de recursos naturales de propiedad estatal. Sobre la base del Sistema de Información para la Gestión de Activos de Recursos Naturales de Propiedad Estatal y su Plataforma de Supervisión, los autores exploraron el desarrollo y la aplicación de una plataforma de gobernanza digital del Plano digital único para el espacio territorial. La plataforma busca crear un entorno de aplicación digital en el que la información espacio-temporal esté integralmente reticulada, sea plenamente trazable durante todo el ciclo de vida y se conecte interactivamente entre múltiples capas de información, habilitando coordinación multiparte, colaboración entre elementos y una gobernanza territorial integral y refinada.

3.1 Principios básicos para construir la plataforma de gobernanza digital del Plano digital único

3.1.1 Identificación integral de la información de objetos y vinculación orgánica entre suelo, entidades y personas

Sobre la base del marco orgánico suelo-entidades-personas, la información debe identificarse e incorporarse al sistema de malla de información espacio-temporal según las necesidades de gobernanza y las condiciones técnicas disponibles.

Identificación de la información de objetos de suelo. Dado el carácter combinado tierra-mar de la Nueva Área, deben muestrearse datos de distintos periodos, incluidos datos de uso del suelo, levantamientos catastrales terrestres y marinos, datos de zonificación de planificación, zonificación de uso del mar, datos temáticos de línea de costa, unidades administrativas y mallas de gobernanza urbano-rural de base, para formar un conjunto de datos de malla espacial de seis niveles.

Identificación de la información de objetos de entidad. Las tecnologías compuestas de adquisición de datos deben utilizarse para obtener información del conjunto completo de elementos de entidad incorporables a la malla de información espacio-temporal de la Nueva Área, incluidos objetos terrestres y

marinos, elementos móviles, funciones, instalaciones y puntos paisajísticos, logrando así cobertura total del territorio y de los elementos del uso de suelo y mar.

Identificación de la información de objetos de personas. Deben identificarse con claridad los actores de gobernanza involucrados en la gobernanza del espacio territorial de la Nueva Área, así como las funciones y competencias de los departamentos municipales de Tianjin, los departamentos de la Nueva Área, los comités administrativos subordinados, las organizaciones sociales y el público. Las relaciones socioeconómicas entre estos actores y los correspondientes suelos y entidades deben vincularse para crear mapeos informacionales y cadenas de intervención espacial.

Suelo, entidades y personas se integran orgánicamente a través de las secciones de información que portan. Como muestra la Figura 1, la sección de información geoespacial de un objeto de suelo se vincula con la sección de información catastral de un objeto de entidad; la sección de información de persona jurídica de un objeto de personas se vincula con la sección de información financiera de un objeto de entidad, conectando cada elemento con sus actores interesados. La información atributiva de suelo, entidades y personas se organiza mediante distintos mecanismos de adscripción, integrando los atributos propios del objeto, el ámbito de control espacial, los actores gestores y otros atributos en secciones informacionales completas.

3.1.2 Captura del ciclo de vida de la información y acoplamiento pleno de las dimensiones temporal y espacial

Sobre la base del modelo teórico de información de ciclo de vida completo, la plataforma captura dinámicamente la información de intervenciones espaciales realizadas por todos los departamentos en planificación, suelo, silvicultura y pastizales, recursos, ambiente, construcción, vivienda, transporte, agricultura y silvicultura, agua, jardinería, gestión urbana, asuntos marinos y pesca. Extrae información temporal T , información de identidad y titularidad I , atributos de eventos relacionados con suelo, entidades y personas (V_{suelo} , V_{entidad} , V_{personas}), e información auxiliar de gestión vinculada a i^j , y los integra en el conjunto de malla de información espacio-temporal $fr(T)$ de la Nueva Área, acoplando plenamente las dimensiones temporal y espacial.

3.1.3 Agregación de datos heterogéneos de múltiples fuentes e integración de tecnologías compuestas de adquisición de información

Las fuentes y proveedores de información se distribuyen entre múltiples departamentos, actores, canales y redes [7]. Por ello, el mecanismo institucional de gestión de la información en la Nueva Área debe optimizarse mediante coordinación centralizada y colaboración multidepartamental, estableciendo conectividad tanto vertical como horizontal. Al combinar tecnologías espaciales e informacionales compuestas^⑦, el sistema puede recopilar, capturar, almacenar y transformar formas diversas de información más allá de documentos, mapas y datos numéricos -incluidas fotografías de campo, video y multimedia, y contenidos de realidad virtual- en una base de datos heterogénea multisource.

3.2 Arquitectura de malla de información espacio-temporal de la plataforma de gobernanza digital del Plano digital único

De acuerdo con las condiciones reales y las necesidades de gestión de la Nueva Área, la plataforma utiliza la malla fundacional como soporte espacial, habilitando una vinculación precisa y eficaz entre suelo, entidades y personas, así como la gestión dinámica de la información durante todo el ciclo de vida (Figura 3).

3.2.1 Arquitectura unificada y transmisión de la malla espacial fundacional

Se establece progresivamente una malla espacial de seis niveles según las divisiones administrativas de la Nueva Área y los requerimientos prácticos de gestión en ámbitos urbano-rurales, agrícolas y forestales, terrestres y marinos. Por debajo de la malla de cuarto nivel, las áreas urbanas y de aldea se refinan en mallas de gobernanza, incluidas comunidades, grupos de aldeanos y parques industriales⁽⁸⁾, hasta llegar a parcelas o predios de sexto nivel. Las áreas agrícolas se refinan en parcelas con derecho de gestión contractual y luego en campos cultivados; las áreas forestales, en compartimentos y subcompartimentos forestales; las cuencas y cuerpos de agua, en mallas de unidades de cauce según las funciones de los principales cuerpos y tramos fluviales, y luego en manchas de control de río o agua en combinación con los controles de ribera y divisiones parcelarias. Las áreas marinas se refinan en zonas funcionales de mar y, finalmente, en unidades específicas de maricultura y unidades de control de producción marina.

3.2.2 Organización reticular de la información de actores interesados y elementos de intervención

Los actores interesados -los objetos de personas- se componen principalmente de gobiernos, departamentos y otras partes interesadas. Incluyen organismos municipales de Tianjin; departamentos del gobierno de la Nueva Área, como la oficina de planificación y recursos, la oficina marina y la oficina de ecología y ambiente; comités administrativos de áreas designadas como la Ciudad Ecológica Sino-Singapur de Tianjin; órganos de gobernanza de todos los niveles, incluidos subdistritos y comités de aldeanos o residentes; así como organizaciones sociales, empresas e instituciones públicas clave, el público general y titulares de derechos de propiedad. En conjunto forman una arquitectura de red informacional multiparte para la intervención (Figura 3). Todas las categorías de elementos de intervención se incorporan a la malla bajo el principio de inclusión de todo el ámbito y pasan a ser elementos portados por mallas espaciales. Sobre esta base, la información de actores interesados y elementos de intervención se organiza a su vez en mallas informacionales, integrando vertical y horizontalmente la arquitectura unificada suelo-entidades-personas.

3.2.3 Cadenas de información y codificación reticular de las actividades de intervención espacial

Construir la cadena suelo-entidades-personas-atributos-eventos es una de las tareas más complejas de la plataforma, porque los tipos, procesos y componentes de la intervención espacial son altamente heterogéneos y requieren una lógica de catalogación basada en el marco reticular.

Por una parte, la síntesis teórica muestra que cualquier intervención espacial puede estructurarse como un sistema actor-ruta-objeto: un actor de intervención afecta a un objeto de intervención a través de una trayectoria determinada [24]. Una actividad de intervención espacial puede considerarse, por tanto, un elemento dentro de una ruta específica de intervención. Por otra parte, la generación de una ruta de intervención es en sí misma un sistema de información organizado en torno a un tema de intervención espacial, como planificación, construcción o ecología, y sus subtemas.

En consecuencia, sobre la base de la construcción reticular de la información de actores interesados $V_{personas}$ y de la información de elementos de intervención $V_{entidad}$, la información de eventos de las actividades de intervención espacial se cataloga según la lógica reticular de la información auxiliar de gestión a_i^j . Sea i un tema de intervención espacial correspondiente a un atributo del objeto, por ejemplo la aprobación de relleno y recuperación de áreas marinas, definiendo así la ruta dominante de intervención. Sea j un evento de intervención dentro de esa ruta. La catalogación reticular permite entonces diferenciar componentes como tipo de evento, etapa procedimental e instrumento técnico o de política.

3.2.4 Incorporación de la información de ciclo de vida completo a la arquitectura de malla

La malla integrada de información espacio-temporal de la Nueva Área forma un marco de información de ciclo de vida vinculado a objetos tanto terrestres como marinos. Sobre la base de la información de eventos del proceso de intervención y de los registros de operación informacional, se documentan íntegramente todos los eventos de creación, modificación y extinción de cada objeto. Así se crean cadenas reticulares de ciclo de vida, duraderas y de largo plazo, para investigación y estadística, evaluación y valoración, planificación espacial, aprobación de uso de suelo y mar, certificación y registro, cambio de uso, supervisión de implementación, inspección y aplicación de la ley.

Además de registrar los cambios en la información propia del objeto, la plataforma registra simultáneamente a los responsables y los registros operativos asociados al proceso de cambio, perfeccionando así la red de gobernanza del espacio territorial.

3.2.5 Establecimiento de relaciones únicas mediante códigos de identidad de objeto

A la arquitectura informacional anterior se asigna un sistema unificado de gestión de códigos. Cada objeto recibe un código de identidad único compuesto por un segmento de código de actores interesados, un segmento de código de malla espacial fundacional, un segmento de código de entidad terrestre o marina, y un segmento de código de eventos e información auxiliar. Cada segmento contiene múltiples tipos de código que, en conjunto, forman el código de identidad único del objeto en la malla de información espacio-temporal de la Nueva Área (Figura 3), permitiendo una organización reticular profunda y una gestión refinada de todos los elementos del espacio territorial.

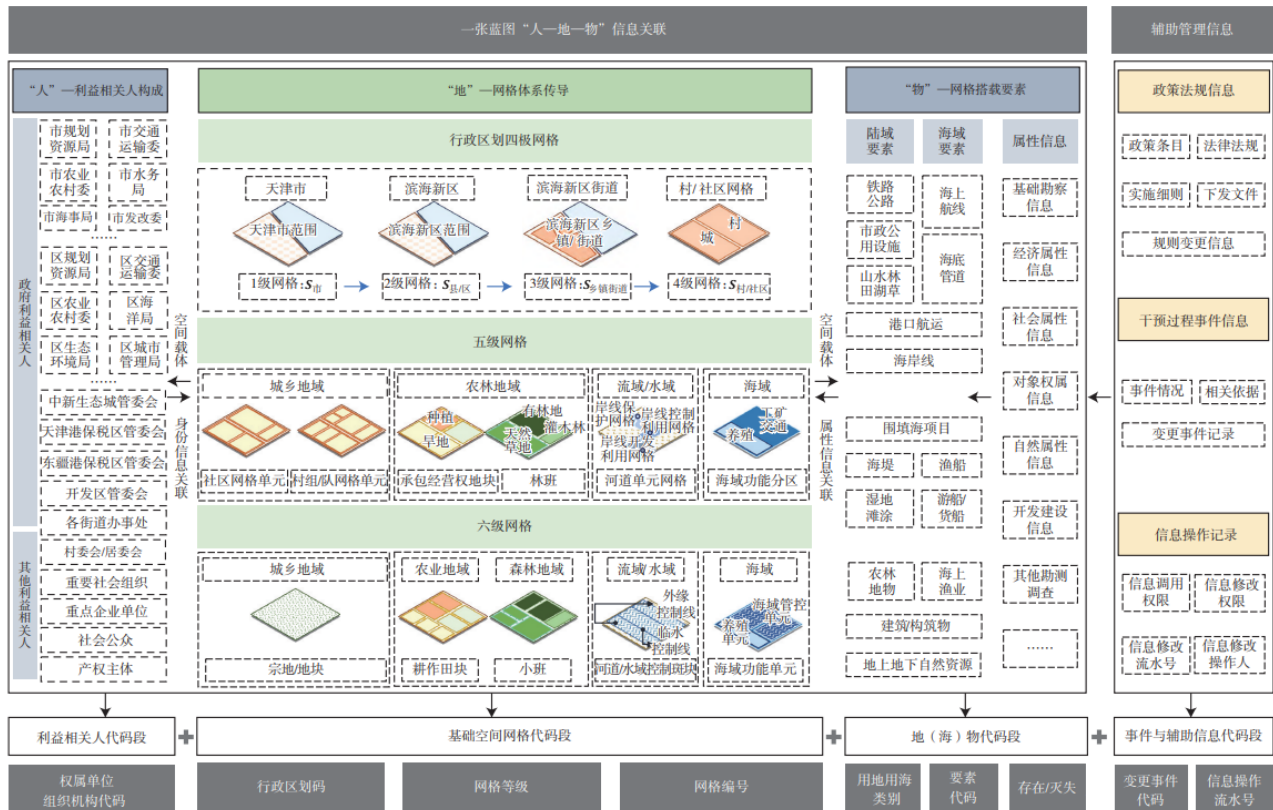


Figura 3. Arquitectura de la malla de información espacio-temporal de la Nueva Área de Binhai

3.3 Desarrollo del sistema y aplicación de la plataforma de gobernanza digital del Plano digital único

3.3.1 Características básicas del sistema y principales módulos funcionales

Se ha establecido preliminarmente un marco abierto para la Plataforma Informativa del Plano digital único del espacio territorial digital de la Nueva Área de Binhai. La plataforma coordina integralmente la información tierra-mar sobre suelo, entidades y personas en toda la Nueva Área, ubica con precisión cada objeto y su información asociada en el espacio, y permite recuperar oportunamente atributos y eventos de cambio relacionados. Toda la información registrada puede consultarse, trazarse y gestionarse con claridad. La estructura funcional se muestra en la Figura 4, que presenta la interfaz de la plataforma con los módulos de Consulta de atributos y Consulta administrativa desplegados.

3.3.2 Identificación precisa e indexación de objetos mediante la malla espacial de seis niveles

La búsqueda en la malla espacial de seis niveles permite identificar los objetos con precisión espacial. Luego, los usuarios pueden seleccionar Consulta de atributos mediante el menú contextual o la interfaz de navegación para visualizar la información atributiva completa del objeto -V_suelo, V_entidad y V_personas-, como se muestra en la Figura 4. Incluye dos módulos: información de actores interesados para la intervención espacial e información de atributos fijos. El módulo de actores interesados registra en detalle las organizaciones, departamentos e individuos asociados al objeto y distingue roles como responsable principal, persona autorizada y operador, formando una cadena precisa y completa de roles administrativos. El módulo de atributos fijos contiene la información básica del objeto espacial.

Tomando como ejemplo un evento de transferencia de suelo de una parcela catastral, cuando la solicitud original se ingresa en la plataforma como cambio a suelo para estación de servicios de transporte y suelo para instalaciones públicas, cambian en consecuencia la información de control de uso de la nueva categoría de suelo y la información de las autoridades responsables. La plataforma también muestra en tiempo real la información de prerequisites del cambio, los registros del flujo de tramitación correspondiente y el registro de operación informativa del proceso de cambio.

3.3.3 Gestión y presentación del código de información único de cada objeto

La información atributiva y de eventos administrativos del objeto se representa plenamente en su código único (Figura 4). El segmento de código de actores interesados identifica la organización, por ejemplo la Sucursal de Suministro Eléctrico de Binhai de State Grid Tianjin Electric Power Company. El segmento de malla espacial fundacional registra el código de división administrativa, el nivel de malla, el número de parcela y datos relacionados. El segmento de entidad terrestre o marina identifica el código de los elementos portados por el objeto espacial y su estado de existencia o extinción; el código de elemento distingue la categoría específica del objeto. El segmento de eventos e información auxiliar identifica eventos de cambio relacionados y el número de serie de la operación informativa. Si el objeto se encuentra, por ejemplo, en la etapa de revisión del esquema de planificación, se utiliza "07" para identificar el número de serie de la operación.

3.3.4 Presentación y gestión sostenida de la información de ciclo de vida completo

Al seleccionar el módulo de Consulta administrativa, los usuarios pueden recuperar rápidamente el avance actual del proceso administrativo de un objeto y los registros de eventos relacionados. Para el objeto espacial de ejemplo, la sección Consulta de avance consolida procesos y documentos de levantamientos catastrales previos, cálculo del valor del suelo, solicitudes de cambio de tipo de suelo y

otros procedimientos, garantizando la completitud de los materiales requeridos para la tramitación administrativa.

La sección Registro de eventos administrativos presenta en tiempo real información de planificación, actas de reuniones y documentos de notificación asociados al objeto. La sección Consulta administrativa histórica archiva simultáneamente eventos pasados relacionados con el cambio de uso del suelo, incluidos el asunto administrativo, el departamento ejecutor y el tiempo de ejecución. Cuando se ajusta la información administrativa, las versiones archivadas anteriores siguen gestionándose eficazmente, lo que posibilita una gestión sostenida de todo el proceso.

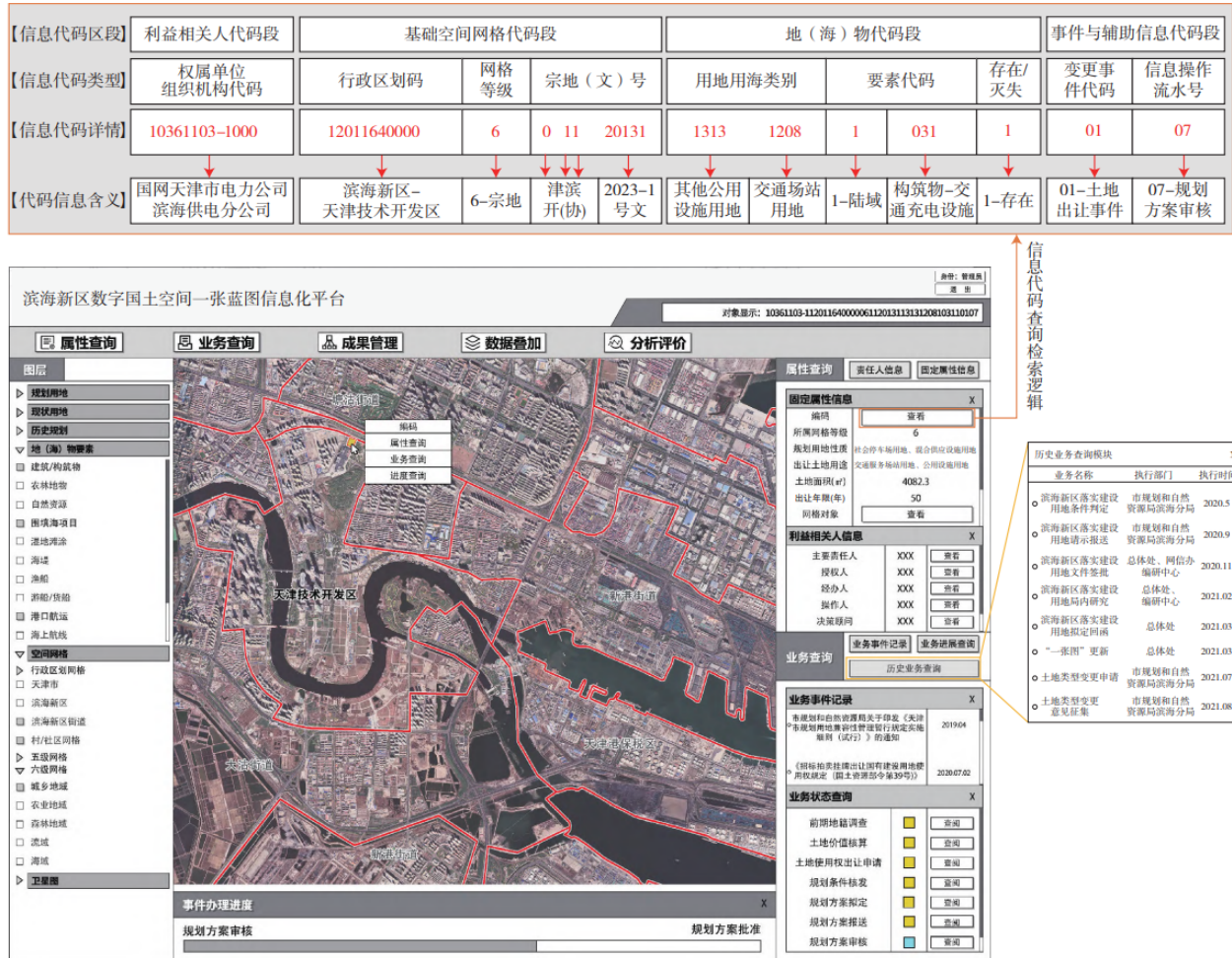


Figura 4. Esquema operativo y descomposición funcional de la plataforma informacional del Plano digital único de la Nueva Área de Binhai

4 Conclusiones y perspectivas

Este estudio busca aclarar la lógica fundacional que requiere el Plano digital único para la planificación y gobernanza del espacio territorial en la era digital. Su contribución principal es la formación de una arquitectura de malla de información espacio-temporal y de un ciclo de vida de la información plenamente trazable. Mediante una derivación matemática rigurosa, el artículo explica estos mecanismos y su correspondencia con la información espacio-temporal masiva del mundo real sobre suelo, entidades y

personas. A continuación, demuestra sus escenarios de aplicación y su potencial de difusión mediante la construcción y operación de una plataforma específica de Plano digital único.

Pueden anticiparse dos perspectivas. Primero, a medida que China profundice la gobernanza digital, la arquitectura del Plano digital único para el espacio territorial digital propuesta aquí podrá convertirse en una plataforma digital ampliamente transferible para la gobernanza espacial. Segundo, conforme se expanda la información multidimensional sobre objetos diversos, también se ampliará el sistema de información espacial de la plataforma, generando capacidades y posibilidades cada vez mayores para la intervención espacial.

Notas

- ① En la reunión anual del comité ISO/TC 171, Document Imaging Applications, celebrada en Londres en octubre de 2000, se formuló una proposición ampliamente aceptada sobre el ciclo de vida de la información: sea que la información se gestione en forma física o digital, su ciclo de vida incluye creación, adquisición, indización, almacenamiento, recuperación, distribución, presentación, migración, intercambio, protección y disposición o eliminación final.
- ② La unidad espacial más pequeña cuyas propiedades y características internas son más similares.
- ③ Abreviatura de grupo/equipo de aldeanos. Una aldea administrativa se divide a su vez en grupos de aldeanos, que constituyen las unidades básicas de autogobierno aldeano. Durante el trabajo de campo realizado por los autores y el equipo del proyecto en 2022-2023 en la ciudad D del noroeste de China y en la ciudad costera Q, los grupos de aldeanos ya habían sido incorporados a las mallas de gobernanza del partido y el gobierno. La división en mallas comunitarias mencionada más adelante -dividir una comunidad en varias mallas de gobernanza espacial- probablemente tenga una aplicabilidad más amplia.
- ④ Esta información suele estar en poder de la autoridad agrícola del gobierno de nivel condado.
- ⑤ Con referencia a Terminología de recursos forestales (GB/T 26423-2010) y al Reglamento técnico para la delimitación de límites de terrenos forestales en la planificación de protección y utilización de terrenos forestales (LY/T 1955-2011), un compartimento forestal, e incluso un subcompartimento, es una unidad de malla por debajo del nivel de aldea administrativa: condado -> pueblo -> aldea -> compartimento forestal.
- ⑥ Entre los ejemplos se incluyen Clasificación y códigos de los elementos de información geográfica básica (GB/T 13923-2006); Reglamento técnico para el Tercer Levantamiento Nacional de Suelo (TD/T 1055-2019); Directrices para la clasificación del uso de suelo y mar en levantamiento, planificación y control de uso del espacio territorial (ensayo, 2020); Clasificación y códigos de recursos forestales - tipos de bosque (GB/T 14721-2010); Reglas generales para la clasificación y codificación de objetos de conservación hídrica (SL/T 213-2020); Normas para la clasificación y gradación de la erosión del suelo (SL 190-2007); Clasificación y códigos de información ecoambiental (HJ 417-2025); y Códigos de patrones de descarga de aguas residuales (ensayo) (HJ 521-2009).
- ⑦ La tecnología de información compuesta se refiere al uso de comunicaciones digitales y tecnologías de Internet de las Cosas para movilizar tarjetas inteligentes, sensores y redes de comunicación móvil, con el fin de realizar adquisición dinámica amplia de datos, comunicación en tiempo real e interacción bidireccional, apoyando así la cognición, el análisis y la gestión de la información espacial.
- ⑧ Esto corresponde a la reciente implementación de la gobernanza reticular de base en todo el territorio de la Nueva Área de Binhai, que incluye 388 mallas comunitarias, 135 mallas rurales y 105 mallas empresariales.

Referencias

- [1] WU Zhiqiang. Cinco cuestiones filosóficas de la planificación del espacio territorial [J]. Foro de Planificación Urbana, 2020(6): 7-10. [en chino]
- [2] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. Foro académico sobre la construcción sistemática del sistema nacional de planificación espacial [J]. Foro de Planificación Urbana, 2024(5): 1-11. [en chino]
- [3] DENG Maoying. Exploración de Guangzhou en la construcción de CSPON: tareas, soluciones de sistema y enfoques prácticos para una red municipal [J]. Foro de Planificación Urbana, 2025(1): 25-33. [en chino]
- [4] CHENG Weizhi, WANG Tao, DAI Jifeng, et al. Exploración de la construcción informatizada de ciclo de vida completo para la planificación espacial: diseño de alto nivel del sistema de información de planificación del espacio territorial de Shenzhen [J]. Foro de Planificación Urbana, 2022(S1): 106-112. [en chino]
- [5] ZUO Wei. Reflexiones sobre la construcción de la planificación del espacio territorial: premisas, bases, garantías y apoyos [J]. Investigación en Planificación Urbana y Regional, 2022, 14(1): 208-230. [en chino]
- [6] CHEN Jun, ZHANG Shanqi, ZHANG Bing, et al. Orientaciones de desarrollo para potenciar la planificación del espacio territorial con información espacio-temporal [J]. Foro de Planificación Urbana, 2025(2): 20-27. [en chino]
- [7] YAN Jinming, CHEN Hao, XIA Fangzhou. Integración de múltiples planes y planificación espacial: cognición, orientación y vías [J]. Ciencia del Suelo de China, 2017, 31(1): 21-27. [en chino]
- [8] WANG Jun, CHEN Xing, LI Dongliang. Agregación de información espacio-temporal: estudio de sistemas de información para la integración de múltiples planes [J]. Revista de Urbanismo, 2016, 40(6): 32-36. [en chino]
- [9] DANG Anrong, ZHEN Maocheng, XU Jian, et al. Sistema técnico-metodológico para el nuevo marco de planificación espacial [J]. Investigación en Planificación Urbana y Regional, 2019, 11(1): 124-137. [en chino]
- [10] DANG Anrong, TIAN Ying, LI Juan, et al. Desarrollo y perspectivas de la gestión inteligente de la planificación del espacio territorial en China [J]. Revista de Ciencia y Tecnología, 2022, 40(13): 75-85. [en chino]
- [11] QIU Baoxing, CHEN Meng. Ciudades gemelas digitales y sus aplicaciones [J]. Estudios de Desarrollo Urbano, 2022(11): 1-9. [en chino]
- [12] YE X. Y., JAMONNAK S., VAN ZANDT S., et al. Desarrollo de un gemelo digital de campus mediante un enfoque interactivo de analítica visual [J/OL]. Frontiers of Urban and Rural Planning, 2024, 2(9). <https://doi.org/10.1007/s44243-024-00033-2>.
- [13] LI Manchun, CHEN Zhenjie, ZHOU Chen, et al. Investigación sobre una base de datos de planificación del espacio territorial orientada a “un solo mapa” [J]. Ciencia del Suelo de China, 2020, 34(5): 69-75. [en chino]
- [14] ZHANG Shangwu. Sistema técnico para la elaboración de planes del espacio territorial: arquitectura de alto nivel y avances clave [J]. Foro de Planificación Urbana, 2022(5): 45-50. [en chino]
- [15] SUN Shiwen. Investigación fundacional sobre el sistema de implementación y supervisión de la planificación del espacio territorial [J]. Foro de Planificación Urbana, 2024(2): 12-17. [en chino]
- [16] ZENG Jingjing, JIANG Daiwei, TANG Min, et al. Construcción de un sistema de implementación y supervisión de ciclo de vida completo para la planificación del espacio territorial: el caso de Nanning [J]. Informatización de Recursos Naturales, 2023(6): 38-43. [en chino]

- [17] FU Wenhao. Marco para construir la plataforma de gobernanza digital del espacio territorial de la provincia de Hubei [J]. Informatización de Recursos Naturales, 2022(1): 32-36. [en chino]
- [18] HE Zhengguo, MAO Haiya, HUANG Sheng, et al. Marco general y métodos de construcción del espacio territorial digital en Guangzhou [J]. Planificadores, 2023(3): 36-43. [en chino]
- [19] YANG Junyan, SHAO Dian, CHENG Yang, et al. Teoría y tecnología de los códigos espaciales para la gobernanza digital del espacio territorial [J]. Planificadores, 2023(3): 13-19. [en chino]
- [20] LEVITAN K. B. Los recursos de información como “bienes” en el ciclo de vida de la producción de información [J]. Journal of the American Society for Information Science, 1981, 33(1): 44-45.
- [21] HORTON F. W. Gestión de recursos de información [M]. Londres: Prentice Hall, 1985.
- [22] SUO Chuanjun. Sobre el concepto y el contenido de investigación del ciclo de vida de la información [J]. Servicio de Biblioteca e Información, 2010, 54(13): 5-9. [en chino]
- [23] ZUO Wei, MENG Peng. Evolución integral de la planificación espacial en China: marco basado en procesos sistémicos espacio-temporales [J]. Revista China de Gestión Ambiental, 2022, 15(6): 37-44. [en chino]
- [24] ZUO Wei. Investigación sobre el Plano digital único para la intervención de planificación espacial en ciudades y condados [J]. Arquitectura Mundial, 2024(11): 76-77. [en chino]

Revisado: abril de 2025.

Traducción asistida por IA