

Единый цифровой план: архитектура унифицированной организации информации территориального пространства и инновации практики управления

ZUO Wei, LIU Jinqiu, ZENG Peng

Аннотация. Единый цифровой план является сущностным выражением модели информации территориального пространства (Territorial Information Model, TIM) и важной опорой управления реализацией территориального пространственного планирования. Его ядро состоит в построении унифицированной архитектуры организации информации, основанной на базовой логике сеточного представления любой информации о связке «земля—объект—человек» в территориальном пространстве с прослеживаемостью на протяжении всего жизненного цикла. Исходя из математической модели многомерных информационных векторов, статья нормативно конструирует теоретическую систему пространственно-временной информационной сетки и на этой основе выводит базовую архитектуру и основные свойства цифровой организации информации территориального пространства. Вместе с тем, опираясь на нижележащую логику жизненного цикла информации, работа раскрывает прослеживаемый информационный процесс и картину управления территориальным пространством в масштабе полного жизненного цикла. На примере исследования платформы цифрового управления территориальным пространством новой зоны Биньхай в Тяньцзине статья, в соответствии с принципами цифрового управления, конкретно показывает архитектуру наборов данных в пространственно-временной информационной сетке и сценарии работы платформенной системы. Тем самым она предлагает углубленные теоретические выводы и практические ориентиры для цифрового управления территориальным пространством.

Ключевые слова: единый план; модель информации территориального пространства (TIM); управление территориальным пространством; информационная сетка; жизненный цикл информации; пространственное вмешательство

Китайский библиотечный классификатор: TU984. Код документа: А. DOI: 10.16361/j.urpf.202503010. Номер статьи: 1000-3363 (2025) 03-0079-08.

* Проект Национального фонда естественных наук Китая (52308074) «Исследование границ пространственных интервенций на уровне уезда: эмпирическая проверка на основе многоданных»; пилотный проект сотрудничества министерства и провинции (2023ZRBSHZ068) «Разработка и демонстрация ключевых технологий системы сети мониторинга реализации территориального пространственного планирования новой зоны Сюньань (CSPON)»; специальная тема пилотного механизма доверительного представительства права собственности на природные ресурсные активы, принадлежащие всему народу (2024GFW-0029), «Исследование продвижения скоординированного развития суши и моря в новой зоне Биньхай».

1 Контекст

1.1 Целевое видение: цифровизация государственного управления требует единого цифрового плана

Цифровизация государственного управления является долгосрочным стратегическим замыслом Китая; территориальное пространственное планирование и управление вступили в этап всесторонней цифровизации. Теория и методы территориального пространственного планирования и управления все отчетливее демонстрируют поворот к цифровизации, информатизации и интеллектуализации [1-2]. В Национальном сводном плане территориального пространственного планирования (2021-2035) предусмотрено создание национальной сети мониторинга реализации территориального пространственного планирования (CSPON), а в Рабочей программе строительства национальной сети мониторинга реализации территориального пространственного планирования (2023-2027) сформулированы задачи управления полным жизненным циклом территориального планирования и общая концепция модели информации территориального пространства (TIM). В последние годы появление новых цифровых технологий со стороны предложения открыло широкие возможности для цифровизации территориального пространства; ряд передовых регионов уже осуществил поисковые практики цифрового территориального пространства вокруг CSPON [3-4]. Тем самым территориальное пространственное планирование и управление вступили в фазу полной цифровизации [5-6].

Единый цифровой план представляет собой общее видение цифровизации управления территориальным пространством на основе TIM. Устраняя информационные «острова» между ведомствами пространственного управления и удовлетворяя потребность в интеграции и унифицированной обработке управленческой информации, он призван модернизировать систему и способности управления территориальным пространством.

1.2 Принуждение проблемами: базовая логика единого цифрового плана требует прояснения и нормирования

Обзор текущих практик показывает, что базовая логика единого цифрового плана нуждается в срочном прояснении и нормировании.

(1) Прояснение сущностного позиционирования: единая цифровая основа. В теоретическом контексте единый цифровой план уже вышел за пределы конкретной планировочной карты или послойного наложения отдельных элементов [7-8]. Создание цифровой системы управления территориальным пространством также не сводится к технологиям подготовки планов и принятия решений [9] или к инновациям уровня «приложения»; оно должно продвигаться к системному расширению возможностей цифрового управления [2, 4], то есть к единой цифровой пространственно-временной основе.

(2) Решение ключевой проблемы: логика унифицированной организации. Единый цифровой план не является простым сводом базовых карт и базовых данных или простой связкой пространственных данных. Главная практическая трудность состоит в том, как через нижележащую логику организации информации выстроить единый механизм идентификации, сбора, взаимодействия и управления для информации любого масштаба, уровня, зернистости и категории, чтобы на этой основе обеспечить интеллектуальное управление территориальным пространством. Многие исследования и практики, посвященные платформам «умного» территориального пространства [10], цифровым двойникам [11-12], платформам «единой карты» на основе больших данных [13] и т. п., уже приближаются к этой цели. Однако решающий узкий участок остается в том, чтобы полноценно ответить на горизонтальный охват пространственным вмешательством всех

пространственных элементов [14], вертикальную силу мониторинга реализации планирования на всем жизненном цикле [4, 15-16] и общую согласованность системы.

(3) Системное теоретическое обеспечение: математическая нормализация и полный каркас. Часть исследований цифровых платформ информации территориального пространства в основном представляет практические кейсы [17-18] и пока недостаточно предлагает обобщаемую теорию. Другие работы выдвигают важные эвристические идеи: расширение возможностей за счет пространственно-временной информационной основы [6], концепцию платформы управления пространственным планированием, основанной на «полной фактичности» [5], цифровое управление территориальным пространством через уникальность «пространственного гена» [19]. Однако систематического объяснения и построения через нормативную математическую модель по-прежнему недостаточно. Вокруг построения единого цифрового плана необходимо предложить унифицированную логическую архитектуру с ясной базовой логикой, строгим математическим выводом и всесторонним теоретическим каркасом, чтобы повысить ее расширяемость и устойчивость в практических приложениях.

2 Базовая логика и унифицированная архитектура пространственно-временной информационной сетки

2.1 Основные характеристики

Единый цифровой план должен подчеркивать следующие характеристики. Во-первых, полное расширение информационных измерений: для любого объекта пространственного вмешательства по управленческой необходимости может быть создан соответствующий набор данных. Во-вторых, полная связанность информационного содержания: пространственно-временные, атрибутивные и другие измерения объекта вмешательства должны быть органически увязаны. В-третьих, полная унификация информационной архитектуры: информация о каждом объекте включается в общую унифицированную систему информационной сетки. В-четвертых, полная уникальность идентификации: каждый объект является уникальным информационным набором, который можно ясно запросить и проследить.

Следовательно, присвоение любому объекту территориального пространства уникального «идентификационного кода» и «информационной цепочки», а также надлежащее использование и управление информацией об объектах типа земля, объект и человек в разных масштабах и на протяжении всего процесса становятся исходной базовой логикой единого цифрового плана территориального пространства.

2.2 Базовая логика: построение пространственно-временной информационной сетки на основе теории многомерных векторов

Пространственно-временная информационная сетка является «цифровой сеткой» в абстрактном смысле и включает два аспекта: пространственную сетку и информационную сетку. Для любого реального объекта в определенном пространственно-временном контексте можно построить многомерный информационный вектор.

2.2.1 Многомерный вектор пространственной, временной, идентификационной и атрибутивной информации объекта образует базовую сетку

Теоретически можно предположить, что информация, относящаяся к любому реальному объекту, представляет собой многомерный вектор P . Среди его компонентов пространственная информация (S), временная информация (T) и идентификационная информация объекта (I) образуют базовые измерения сеточной системы. На этой основе могут расширяться n типов атрибутивной информации (V); эти сведения могут продолжаться и уточняться в соответствии с потребностями реального учета, идентификации и управления информацией. Математическое отображение записывается следующим образом:

$$P = \{S, T, I, V_1, V_2, V_3, \dots, V_i, \dots, V_N\} \quad (1)$$

В формуле (1) пространственная информация S фиксирует базовые сведения о пространственном состоянии объекта, включая местоположение, направление, масштаб, уровень и зернистость; временная информация T указывает время или стадию, когда объект был зафиксирован, преобразован или утрачен; атрибутивная информация V_i обозначает множественные сведения об объекте в территориальном пространстве помимо пространственного и временного измерений, например категорию земли/объекта, экономические и социальные свойства.

2.2.2 Существование и уникальность вектора идентификационной информации объекта в пространственно-временной информационной сетке

В базовой информационной сетке вектор идентификационной информации (I) имеет особый статус: он выражает существование и уникальность объекта, а также однозначное «отображение» между объектом и его идентификационной информацией. Для многих важных объектов обычно задается уникальная система идентификации (кодирование), например идентификация личности, налоговый идентификационный номер субъекта хозяйствования или система идентификаторов земельных пятен в базовом обследовании земель. С точки зрения управления информацией идентификационные данные обеспечивают уникальность существования объекта; так, идентификатор земельного пятна обеспечивает его пространственную уникальность. В системе пространственно-временной информационной сетки идентификационная информация цифрового объекта территориального пространства часто включает информацию о человеке, пространственную идентичность и идентичность вещи. Чтобы более полно объяснить существование и уникальность идентификационной информации объекта, необходимо дополнительно сформулировать следующие «метаправила» сеточного информационного управления.

(1) Сам факт «существования» и «утраты» объекта должен фиксироваться как информационная запись. Для пространственного земельного пятна это может быть сделано, например, путем отметки определенного разряда идентификационного кода: последний разряд кода «BSM62***11» показывает «1» при существовании и «0» при утрате. Другой способ — добавить специальное поле «статус», где «Е» означает существование идентификационной информации, а «N» — ее утрату.

(2) После «утраты» объекта его идентификационный код не может быть повторно присвоен какому-либо другому объекту. Например, поскольку код «BSM62***01» привязан к данному земельному пятну, если его диапазон изменился или оно было объединено с новым пятном и фактически перешло в состояние «утраты», указанный код должен быть аннулирован, а объекту присваивается новый идентификационный код, например «BSM62***02».

2.2.3 Важный потенциальный параметр сеточной организации: вспомогательная управленческая информация атрибутов объекта

Теоретически к каждому из N типов атрибутивной информации V_i ($i = 1, 2, \dots, N$) должны быть присоединены собственные вспомогательные «информационные единицы», выполняющие интерфейсные функции идентификации, преобразования и управления самой информацией. Их математическое отображение может быть выражено так:

$$V_i = a_i^j \cdot v_i \quad (2)$$

В формуле (2) v означает чистую атрибутивную информацию объекта по i -му признаку; a означает соответствующую вспомогательную информацию, которая также является многомерным информационным подвектором. Следовательно:

$$a_i^j = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^j, \dots, a_i^M\} \quad (3)$$

В формуле (3), если нижний индекс i у a обозначает атрибутивную информацию, например «категорию земли», то верхний индекс j обозначает многомерную вспомогательную управленческую информацию вокруг этой категории, например коды пространственного регулирования, связанные с данной категорией земли.

Вспомогательная управленческая информация вокруг одного и того же атрибута может быть многомерной. В цифровом территориальном пространстве ее полная реализация имеет принципиальное значение: она позволяет глубоко выявлять, идентифицировать и унифицированно управлять множеством сложных атрибутивных сведений в одном пространстве, а также повышать эффективность пространственно-временного информационного управления и устранять избыточные информационные компоненты.

2.2.4 Полная сеточная организация временного измерения информационного вектора: жизненный цикл информации

Информация обладает процессными характеристиками создания, получения, индексирования, хранения, поиска, распространения, представления, миграции, обмена, защиты и списания; в совокупности это называется жизненным циклом информации^① и отражает закономерность ее передачи и движения [20-22]. Эта универсальная закономерность проявляется не только в динамике элементов территориального пространства, но и во всех звеньях пространственного вмешательства. Базовую логику жизненного цикла информации можно рассматривать как вертикальное сеточное продолжение временной информации (T). Для любого объекта территориального пространства, при неизменной идентификационной информации (I_r), его информационный вектор (Pr) может рассматриваться как функция (дискретная последовательность) от T :

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

Функция в формуле (4) является общим понятийным выражением механизма изменения во времени. Из формулы (1) следует, что информационный вектор представляет собой множественное множество; поэтому $fr(T)$ фактически синтезирует функциональные отношения отдельных элементов этого множества — S , T , V_i и др. Особенно важно отметить два момента. Во-первых, функции атрибутивных векторов объекта (V_i) являются наиболее изменчивым и важным источником информации в информационном процессе. Во-вторых, временная информация (T) также должна рассматриваться как функция базовой временной последовательности $T(t)$: это могут быть год, месяц, неделя, день, час, минута и секунда либо дискретные временные узлы, состоящие из значимых стадий. Поэтому формулу (4) можно разложить следующим образом:

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

В формуле (5) $S(t)$ означает, что пространственная информация объекта является функцией периодической переменной t ; $V_i(t)$ показывает механизм изменения любого атрибута i во времени; $V_i(t)$ далее раскладывается на функцию чистой атрибутивной информации $v_i(t)$ и функцию вспомогательной управленческой информации, где $j(t)$ означает функцию j -го типа специальной управленческой информации относительно периодической переменной t . Отсюда следует, что жизненный цикл информации любого объекта территориального пространства может быть переведен в аналитическую функцию множества факторов и элементов относительно временной последовательности.

Таким образом, формулы (1)-(5) на уровне базовой логики обеспечивают полное горизонтальное статическое и вертикальное динамическое сеточное продолжение информационных векторных множеств любого объекта, формируя многомерную объемную систему информационной сетки.

2.3 Базовая архитектура: триединая структура пространства, объекта и информации

Исходя из описанной базовой логики и применяя ее к цифровизации и управлению территориальным пространством, пространственно-временную информационную сетку можно конкретизировать в несколько базовых сеточных систем: базовую пространственную сетку, базовую объектную сетку, а также информационную сетку атрибутов и управленческих событий.

2.3.1 Базовая пространственная сетка, детализированная до «атомарной единицы»

Пространственная сетка является базовым порядком разделения и организации самого пространства. Она может по необходимости последовательно дробиться вглубь до тех пор, пока пространственный «участок» не станет пространственной «атомарной единицей»^②, которую уже нецелесообразно делить дальше и которая соответствует конкретным материальным объектам: зданиям, сооружениям, лесным насаждениям, водным объектам и т. п. Поэтому для любого реального объекта территориального пространства его пространственная сетка в информационном векторном множестве может быть дополнительно зафиксирована как S -сетка в формуле (6). Система базовой пространственной сетки способна точно определять регион, границы и положение, являясь фундаментом вертикального построения цифровой системы управления территориальным пространством.

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

С одной стороны, следует на основе административных единиц максимально раскрывать зернистость низовых пространственных единиц. Административное деление является одной из наиболее универсальных и совместимых моделей пространственной иерархии и тесно сопряжено с уровнями, необходимыми для управления географической информацией, строительством городов и сельских территорий, земельными ресурсами и лесным хозяйством. С другой стороны, поскольку административное деление в минимуме доходит лишь до уровня деревни, на примере города окружного уровня оно позволяет детализацию только до четвертого уровня сетки ($S_{\text{город}} \rightarrow S_{\text{уезд/район}} \rightarrow S_{\text{поселок/улица}} \rightarrow S_{\text{деревня/сообщество}}$), что недостаточно для тонкого пространственного управления. По мере развития сеточного управления, базового обследования пространственных объектов, установления границ и подтверждения прав можно продолжить деление до пятого и более низких уровней: ^① пятый уровень в сельской местности может быть

подразделен на деревенские группы/бригады^③, а в городской местности — на сеточные единицы сообщества; ^② шестой уровень приближается к теоретической «атомарной единице» и на практике выражается по-разному в зависимости от региональных особенностей и задач пространственного управления. Например, в городской местности шестой уровень может детализироваться до планировочных/строительных участков или кадастровых участков; в сельскохозяйственных районах — до земельных участков прав подрядного хозяйствования^④ и даже полевых участков; в лесных районах — до лесных кварталов^⑤ как базовых сеточных единиц. Так формируется базовая пространственная сетка, покрывающая всю территорию. Для удобства шестой уровень можно обобщенно назвать сеткой конкретного «земельного участка». Следовательно, базовая пространственная сетка единого плана на городском уровне может образовать шестиступенчатую систему: Sгород → Sуезд/район → Sпоселок/улица → Sдеревня/сообщество → Sдеревенская группа/сетка сообщества → Sземельный участок.

2.3.2 Базовая объектная сетка с ядром «земля—объект—человек»

Только установив реальный объект, можно присвоить ему атрибутивную информацию. Поэтому необходимо исходить из реальных объектов «земля», «объект» и «человек» (рис. 1), формируя базовую объектную сетку, построенную вокруг этой триады.

«Земля» является базовым пространственным носителем и обычно включает базовый земельный участок (при отсутствии подтвержденных прав) или кадастровый участок (при подтвержденных правах) как минимальную сеточную единицу. Совокупность множества земельных пятен образует базовую сетку с «землей» в качестве ядра. Согласно общему принципу формулы (1), информационное векторное множество любого объекта Pземля может быть выражено следующим образом:

$$P_{\text{земля}} = \{S_{\text{земля}}, T_{\text{земля}}, I_{\text{земля}}, V_1, V_2, V_3, \dots, V_i, \dots, V_N\} \quad (7)$$

«Объект» означает широкий круг элементов вмешательства, основанных на пространственном носителе: это как закрепленные на земле объекты, так и подземные объекты; по типам они включают природные ресурсы и природные объекты над и под землей, сельскохозяйственные и лесные объекты, производственные и бытовые сооружения, здания и конструкции, элементы региональной среды и др. Любой объект, который может быть включен в систему информационной идентификации, привязки и управления на протяжении всего цикла, входит в базовую сетку с «объектом» в качестве ядра.

«Человек» означает заинтересованных лиц. Смысл базовой информационной сетки, построенной вокруг человека, состоит в том, чтобы связать социально-экономические отношения, относящиеся к «земле» и «объектам» и закрепленные за заинтересованными лицами, в единую систему, формируя четкие информационные отображения и цепочки пространственного вмешательства.

В совокупности «земля—объект—человек» исчерпывающе охватывает всю базовую информацию территориального пространства. Более важно, что информация о земле, объектах и людях по своей природе является ключевой «якорной» информацией в региональной пространственно-временной сеточной системе. Благодаря уникальности пространственной, позиционной и идентификационной информации эти три типа сведений становятся важной опорой организации огромного массива реальных и атрибутивных данных и могут взаимно связываться и поддерживать друг друга. Поэтому базовая объектная сетка единого цифрового плана строится на

трех ключевых информационных наборах «земля—объект—человек» (рис. 1). В сочетании с информацией пространственной сетки для любого управляемого объекта территориального пространства можно сформировать информационное векторное множество, подобное формуле (8):

$$Pr = \{ \text{Сетка}, T, Ir, V_{\text{земля}}, V_{\text{человек}}, V_{\text{объект}}, \dots, V_i, \dots, V_N \} \quad (8)$$

Здесь Сетка служит базовой пространственной привязкой; $V_{\text{земля}}$, $V_{\text{человек}}$, $V_{\text{объект}}$ и другие элементы несут базовые информационные сети объекта по аспектам земли, человека и объекта и вместе с прочей атрибутивной информацией (V_i) образуют богатое информационное векторное множество, включенное в сеточный режим захвата, отслеживания, диспетчеризации и управления информацией.

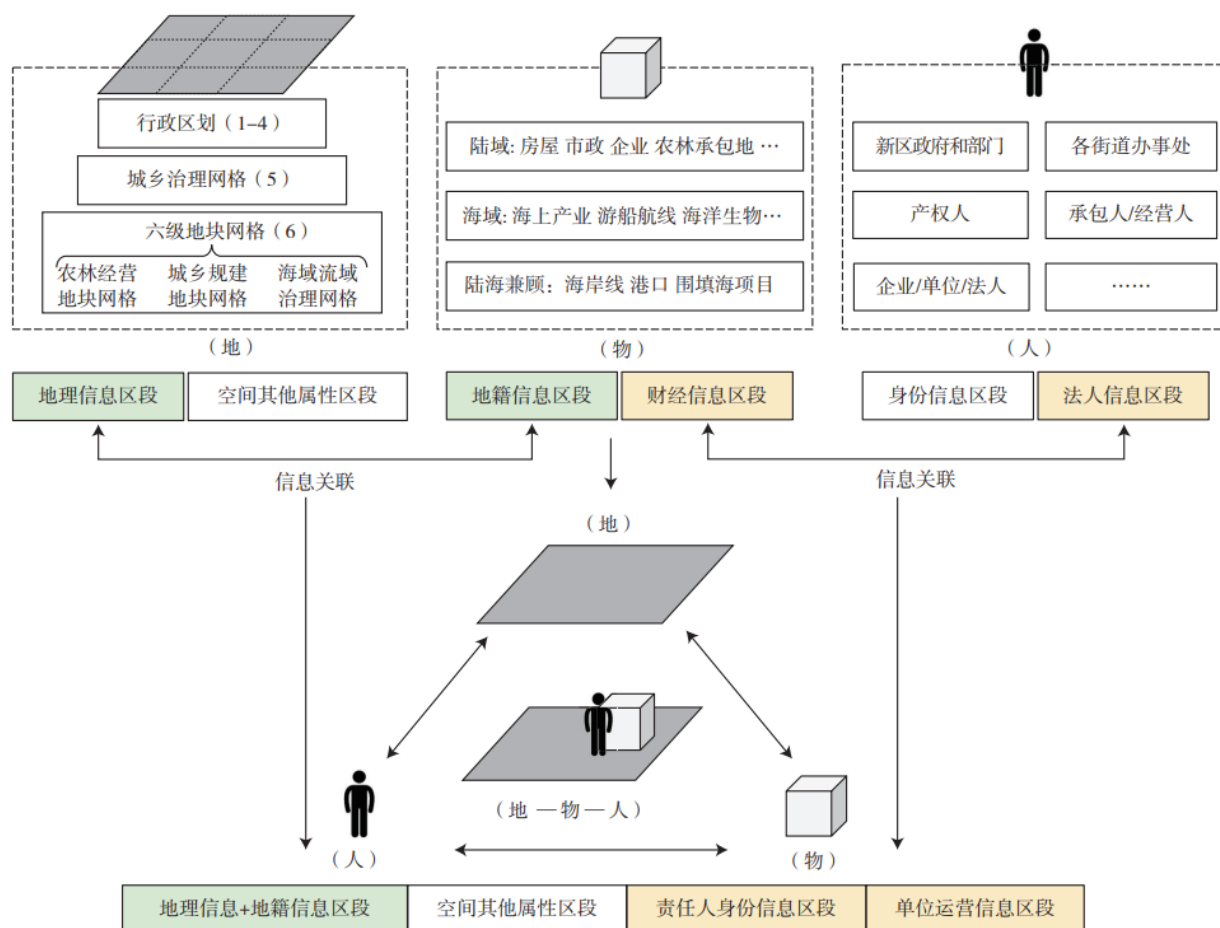


Рис. 1. Способ информационной связки базовых объектов с ядром «земля—объект—человек» в новой зоне Биньхай

2.3.3 Отображение атрибутов и событий делового управления во вспомогательные информационные единицы

Как глубоко описать информационные связи «земля—объект—человек» и придать им ясное действие? Способ состоит в полной привязке, отображении и интеграции атрибутов объекта вмешательства и важных информационных измерений, таких как управленческие «события» пространственного вмешательства.

«Атрибуты» специально обозначают иные свойства объекта вмешательства помимо «земли—объекта—человека», то есть расширяемую информационную матрицу, представленную V_i в многомерном информационном векторе объекта. Она включает категории, свойства, функции и детализированные параметры. В сеточной информационной архитектуре единый цифровой план прежде всего должен реализовать полную увязку «земля—объект—человек—атрибуты», а ее базовый принцип заключается в задании унифицированного режима информационной каталогизации для всех атрибутивных сведений. Хотя в области географической информации, обследования территориального пространства, землепользования и морепользования, управления лесными, травяными, водными и почвенными ресурсами, а также экологическими элементами уже существуют стандарты кодирования атрибутов^⑥, между ними до сих пор нет подлинного сквозного унифицированного формата. Именно это и является техническим ключом увязки «земля—объект—человек—атрибуты».

Информация о «событиях» представляет собой записываемые фактические сведения, возникающие в динамическом процессе объекта территориального пространства. В фокусе находятся «события» делового управления пространственным вмешательством, которые можно считать конкретным выражением ранее построенной вспомогательной управленческой информации. В системах электронного управления обработка и завершение административных дел порождают соответствующие записи событий: сведения о ведомстве, основании, стадии, мнении, временной метке и т. п. Динамичность событийной информации помогает фиксировать циклы и стадии пространственного управления, а по деловым блокам она охватывает планирование, землю, леса и травяные ресурсы, ресурсы, среду, строительство, жилье, транспорт, сельское и лесное хозяйство, водное хозяйство, озеленение, городское управление и другие необходимые области. Поэтому сведения о каждом действии, стадии и результате планового вмешательства должны входить в единую информационную сетку. Динамическое развитие событий вмешательства и корреляционное отображение атрибутивных признаков объектов могут быть переведены в структуру отображения вспомогательных «информационных единиц», описанную формулами (2) и (3). В итоге связка «земля—объект—человек—атрибуты—события» всегда основана на механизме глубокой сеточной организации.

2.3.4 Встраивание жизненного цикла информации в сеточную систему для управления всем процессом

Изменения территориальной пространственной системы и пространственные вмешательства всегда являются комплексным системным процессом [23]. Огромные массивы возникающей в нем информации существуют на всем протяжении процесса, а одним из важных оснований управления территориальным пространством на всем жизненном цикле является управление информацией полного жизненного цикла. Без захвата информации всего жизненного цикла невозможно осуществить пространственное вмешательство полного жизненного цикла. Поэтому необходимо создать механизм идентификации и захвата информации, привязанной к объекту, на протяжении всего жизненного цикла — от «создания» до «утраты», включая все изменения и «события», а также различные информационные изменения или преобразования, вызванные изменениями объекта в системном процессе. В контексте пространственного управления каждое конкретное действие или процесс реализации пространственного вмешательства (процесс $A \rightarrow$ процесс $B \rightarrow \dots$) может быть отражен в пространственных сетках и объектных сетках разных уровней. См. рис. 2.

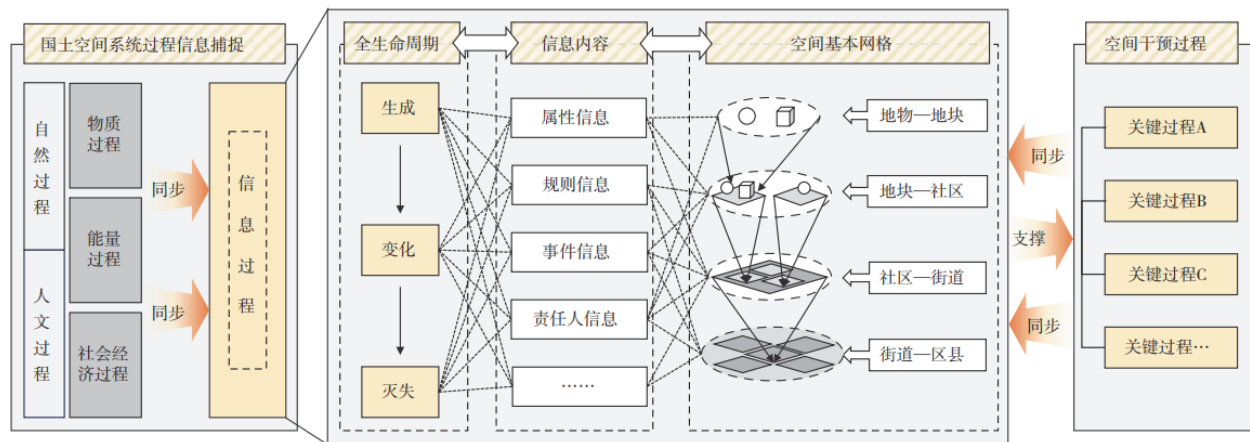


Рис. 2. Сопровождение процессов территориальной пространственной системы и информационных процессов на всем жизненном цикле

3 Концепция и практика платформы цифрового управления единым планом территориального пространства новой зоны Биньхай

С 2022 г. новая зона Биньхай (далее — новая зона) осуществляет пилотный проект «механизма доверительного представительства права собственности на природные ресурсные активы, принадлежащие всему народу». На базе «информационной системы управления и платформы надзора за природными ресурсными активами, принадлежащими всему народу» авторы исследовали разработку и применение «платформы цифрового управления единым планом территориального пространства», создав цифровую платформу с полной сеточной организацией пространственно-временной информации, прослеживаемостью полного жизненного цикла и многоуровневым информационным взаимодействием. Это позволяет сформировать модель управления территориальным пространством, основанную на многосторонней координации, согласовании элементов и всесторонней тонкой настройке.

3.1 Основные принципы построения платформы цифрового управления единым планом

3.1.1 Полная идентификация объектной информации и органическая связь «земля—объект—человек»

На основе рамки органической связи «земля—объект—человек» и в соответствии с потребностями управления необходимо, при поддержке технически осуществимых условий, идентифицировать и включать сведения в систему пространственно-временной информационной сети.

Идентификация информации объекта «земля»: учитывая комплексный сухопутно-морской характер новой зоны, отбираются данные землепользования по разным временным этапам, данные земельного и морского кадастрового обследования, данные планировочного зонирования, данные зонирования использования морских акваторий, тематические данные по береговой линии (съёмка), а также данные об административных единицах и сеточном делении низового управления в городе и сельской местности. На этой основе формируется набор данных шестиступенчатой пространственной сетки.

Идентификация информации объекта «объект»: посредством комплексных технологий сбора данных можно полноценно получать сведения о разных типах объектов, включаемых в пространственно-временную информационную сетку новой зоны, включая наземные/морские объекты, подвижные элементы, функциональные/инфраструктурные/ландшафтные точки. Это обеспечивает покрытие всех элементов землепользования и морепользования новой зоны.

Идентификация информации объекта «человек»: через уточнение субъектов управления территориальным пространством новой зоны, полномочий соответствующих ведомств Тяньцзиня и новой зоны, подведомственных административных комитетов, общественных организаций и населения социально-экономические отношения между субъектами управления и «землей» и «объектами» связываются между собой, образуя информационное отображение и цепочку пространственного вмешательства.

«Земля—объект—человек» объединяются через собственные информационные сегменты. Как показано на рис. 1, пространственно-географическая информация объекта «земля» связана с кадастровой информацией объекта «объект»; информация о юридическом лице объекта «человек» связана с финансово-экономическим сегментом объекта «объект», тем самым соединяя элементы и соответствующих заинтересованных субъектов. Атрибутивная информация «земля—объект—человек» по разным механизмам привязки объединяет собственные свойства элементов, диапазоны пространственного регулирования, управляющих субъектов и прочие атрибуты в полный информационный сегмент.

3.1.2 Захват жизненного цикла информации и полное сопряжение времени и пространства

Опираясь на теоретическую модель «информации полного жизненного цикла», платформа динамически захватывает информацию пространственных вмешательств, связанных с планированием, землей, лесами и травяными ресурсами, ресурсами, средой, строительством, жильем, транспортом, сельским и лесным хозяйством, водным хозяйством, озеленением, городским управлением, морем, рыболовством и другими областями. Из нее выделяются временная информация (T), идентификационная и правовая информация объекта (I), атрибутивно-событийная информация, относящаяся к «земле—объекту—человеку» ($V_{\text{земля}}$, $V_{\text{объект}}$, $V_{\text{человек}}$), а также связанная вспомогательная управленческая информация (a_i^j). Совместно они интегрируются в информационное множество $fr(T)$ пространственно-временной информационной сетки новой зоны, обеспечивая полную связь временного и пространственного измерений.

3.1.3 Сбор многоисточниковых гетерогенных данных и широкая интеграция комплексных технологий редактирования информации

Источники информации и круг ее поставщиков обладают межведомственным, многосубъектным, многоканальным и сетевым характером [7]. Поэтому необходимо оптимизировать институциональные механизмы управления информацией новой зоны, обеспечить централизованное единство, координацию многих ведомств и вертикально-горизонтальную взаимосвязь информационного управления. На основе интеграции комплексных пространственных и информационных технологий ⑦ сведения, выходящие за пределы документов, карт и числовых данных, — полевые фотографии, видеоматериалы, мультимедиа, виртуальная реальность и другие формы — могут собираться, захватываться, храниться и преобразовываться в многоисточниковую гетерогенную базу данных.

3.2 Архитектура пространственно-временной информационной сетки платформы цифрового управления единым планом

С учетом реальных условий и управленческих потребностей новой зоны, на основе базовой сетки как пространственного носителя реализуются точная и эффективная связь «земля—объект—человек» и динамическое управление информацией на протяжении полного жизненного цикла. См. рис. 3.

3.2.1 Унифицированная архитектура и передача базовой пространственной сетки

Согласно реальному административному делению новой зоны и потребностям практического управления всеми элементами города и села, сельского и лесного хозяйства, суши и моря, последовательно детализируется шестиступенчатая пространственная сетка, как показано на рис. 3. Ниже четвертого уровня сетки городские, поселковые и деревенские территории дробятся на «управленческие сетки», включая сообщества, деревенские группы, парки и т. п. (8), вплоть до шестого уровня кадастрового/земельного участка; сельскохозяйственные территории детализируются до участков прав подрядного хозяйствования и конкретных полевых участков; лесные территории — до лесных кварталов и малых выделов; по речным бассейнам и водным территориям, в зависимости от функций основных водных объектов и участков русел, формируются «сеточные единицы русла», которые в сочетании с контролем береговой линии и делением земельных участков в конечном счете дробятся до конкретных контрольных пятен русла/водной акватории; морские территории детализируются до функциональных зон моря, вплоть до конкретных единиц морской аквакультуры и производственно-контрольных единиц морской акватории.

3.2.2 Сеточная организация информации о заинтересованных лицах и элементах вмешательства

Заинтересованные лица (объект «человек») в основном включают правительство, ведомства и иных заинтересованных субъектов: ведомства городского уровня Тяньцзиня; управления и подразделения новой зоны, такие как бюро планирования и ресурсов, морское бюро, бюро экологии и окружающей среды; специальные региональные административные комитеты, например Сино-Сингапурский экогород; все уровни субъектов управления, включая уличные офисы и деревенские/жилищные комитеты; а также общественные организации, ключевые предприятия и учреждения, население, собственников и других лиц. Это образует информационную сетевую архитектуру совместного многостороннего вмешательства (рис. 3). Различные элементы вмешательства включаются в пространственную сетку по принципу включения «всего диапазона». На основе пространственной сеточности заинтересованные лица и элементы вмешательства дополнительно организуются в информационную сетку, что вертикально и горизонтально связывает унифицированный каркас «земля—объект—человек».

3.2.3 Информационные цепочки пространственного вмешательства и их сеточная организация

Цепочка «земля—объект—человек—атрибуты—события» является одной из трудностей построения данной платформы, поскольку типы, процессы и состав пространственных вмешательств многочисленны и сложны; необходимо выстроить логику информационной каталогизации на основе сеточного каркаса. С одной стороны, исходя из теоретического обобщения, любое пространственное вмешательство может быть структурировано как система «субъект—путь—объект», то есть процесс, в котором субъект вмешательства через определенный путь

оказывает определенное воздействие на объект вмешательства [24]. Поэтому действие пространственного вмешательства можно рассматривать как элемент определенного пути вмешательства. С другой стороны, возникновение пути пространственного вмешательства также является информационной системой, связанной с темой вмешательства (например, планирование, строительство, экология) и ее подтемами. Следовательно, на основе сеточного построения информации о заинтересованных лицах ($V_{\text{человек}}$) и элементах вмешательства ($V_{\text{объект}}$), опираясь на сеточную логику вспомогательной управленческой информации (a_i^j), осуществляется каталогизация событийной информации действий пространственного вмешательства. Пусть i соответствует теме пространственного вмешательства в атрибутах объекта, например утверждению намыва и использования морской акватории; это формирует ведущий путь вмешательства. Пусть j соответствует событию действия внутри ведущего пути, которое сеточно каталогизируется через различение типов, звеньев, технических/политических инструментов вмешательства и других компонентов.

3.2.4 Включение информации полного жизненного цикла в сеточную архитектуру

Интегрируя пространственно-временную информационную сетку новой зоны, платформа формирует рамку информации полного жизненного цикла, привязанную к сухопутным и морским объектам. На основании событийной информации процесса вмешательства и записей информационных операций создается полная архивная регистрация событий создания, изменения и утраты каждого объекта. В результате формируется долговременная сеточная цепочка полного цикла, охватывающая обследование и статистику, оценку, пространственное планирование, утверждение землепользования/морепользования, выдачу свидетельств и регистрацию, изменение назначения, мониторинг реализации, инспекционный и правоприменительный контроль. Помимо записей изменения информации самого объекта, синхронно фиксируются ответственные лица и операционные журналы, связанные с процессом изменения, что делает сеть управления территориальным пространством более полной.

3.2.5 Формирование уникальной связи через идентификационный код информации объекта

За указанной информацией закрепляется унифицированная система кодового управления. Каждому объекту присваиваются сегменты: «код заинтересованного лица» + «код базовой пространственной сетки» + «код земельного/морского объекта» + «код события и вспомогательной информации». Под каждым сегментом существуют разные типы кодов, которые совместно интегрируются в уникальный идентификационный код объекта пространственно-временной информационной сетки новой зоны (рис. 3), обеспечивая глубокую сеточную и тонкую управленческую организацию всех элементов территориального пространства.

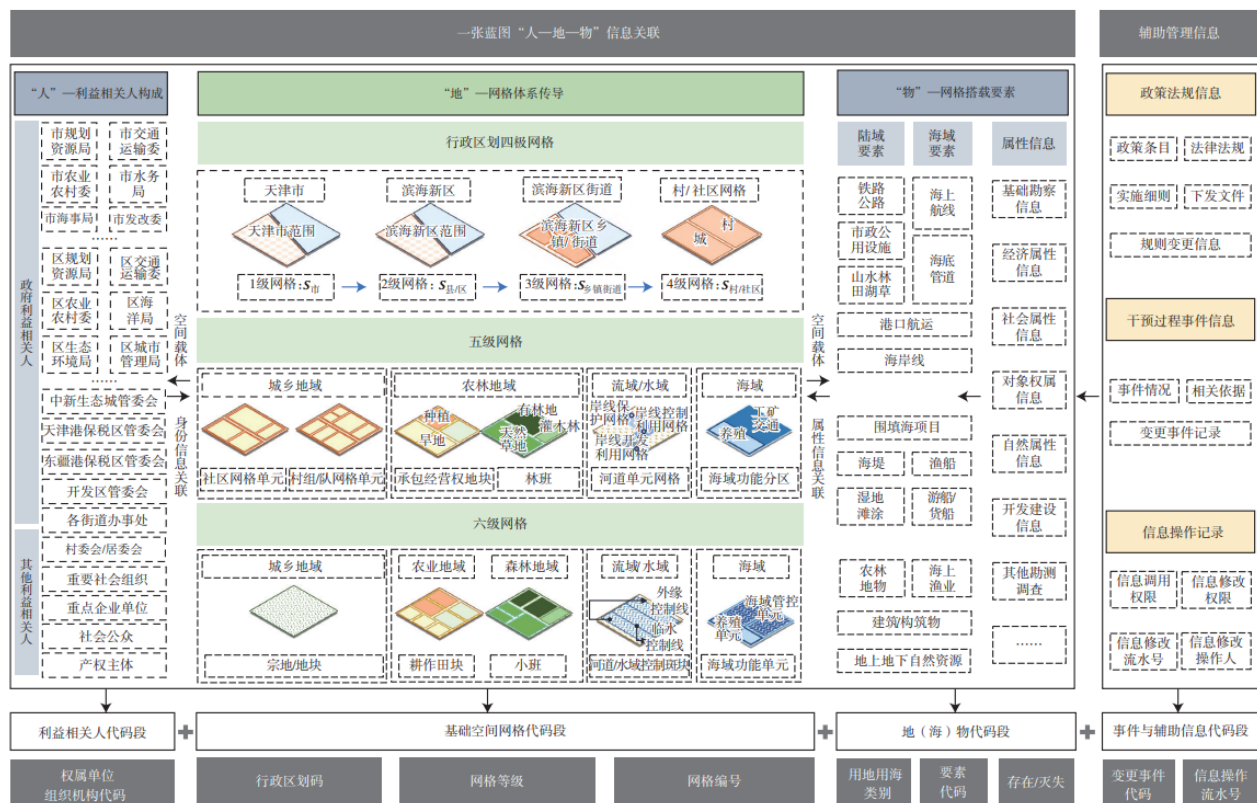


Рис. 3. Архитектура пространственно-временной информационной сетки новой зоны Биньхай

3.3 Разработка системы и пример применения платформы цифрового управления единым планом

3.3.1 Основные характеристики системы и ключевые функциональные блоки

Первоначально сформирован открытый каркас «информационной платформы единого цифрового плана территориального пространства новой зоны Биньхай». Он комплексно координирует сухопутно-морскую информацию «земля—объект—человек» новой зоны, обеспечивает точную пространственную привязку каждого объекта и соответствующей информации, а также своевременный вызов атрибутов и связанных событий изменений. Вся зарегистрированная информация может быть точно и ясно запрошена, прослежена и управляема. Функциональные блоки представлены на рис. 4, где показан интерфейс платформы с раскрытыми модулями «атрибутивный запрос» и «деловой запрос».

3.3.2 Точная идентификация и объектный индекс шестиступенчатой пространственной сетки

Поиск через шестиступенчатую пространственную сетку позволяет точно идентифицировать объект в пространстве. На этой основе выбор команды «атрибутивный запрос» через контекстное меню или навигационный интерфейс полностью отображает атрибутивную информацию объекта (Vземля, Vобъект, Vчеловек) (рис. 4), включая блоки «информация о заинтересованных лицах» и «фиксированная атрибутивная информация» пространственного вмешательства. Модуль информации о заинтересованных лицах подробно фиксирует связанные с данным объектом организации, ведомства и персональные сведения, разделяя роли на «основного ответственного», «уполномоченного», «оператора» и т. п., что образует точную и полную цепочку деловых ролей.

Модуль фиксированной атрибутивной информации несет базовые сведения о пространственном объекте.

На примере события передачи права пользования одним земельным участком: когда первоначальная передача участка как «земли транспортно-сервисной станции и земли коммунальной инфраструктуры» заносится в платформу, сведения о регулировании нового типа использования земли и соответствующих компетентных ведомствах также изменяются. Предварительные условия изменений, записи связанных процедур обработки и информационные журналы управления изменениями могут быть представлены на платформе в реальном времени.

3.3.3 Управление и отображение уникального информационного кода объекта

Атрибутивная и деловая событийная информация, несомая объектом, также полностью отражается в его уникальном коде (рис. 4). Сегмент кода заинтересованного лица выражает код организации, например Биньхайского филиала электроснабжения Государственной электросетевой компании Тяньцзиня; сегмент кода базовой пространственной сетки показывает код административного деления, уровень сетки и номер кадастрового участка; сегмент кода земельного/морского объекта отражает коды элементов, размещенных на пространственном объекте, и их состояние существования/утраты, при этом код элемента различает конкретную категорию объекта. Сегмент кода события и вспомогательной информации идентифицирует связанные события изменений и номер журнала информационных операций; например, если объект находится на стадии рассмотрения планировочного решения, информационный операционный журнал отмечается кодом «07».

3.3.4 Представление и долговременное управление информацией полного жизненного цикла

Нажатие на блок «деловой запрос» позволяет быстро получить текущий ход дела по объекту и связанные записи деловых событий. В рассматриваемом примере блок «запрос хода дела» агрегирует предшествующее кадастровое обследование, расчет стоимости земли, заявку на изменение типа землепользования и соответствующие документы, удовлетворяя требованию полноты материалов при деловом оформлении. Блок «записи деловых событий» в реальном времени показывает планировочную информацию, протоколы совещаний и уведомления, связанные с данным пространственным объектом. Блок «исторический деловой запрос» синхронно архивирует исторические события, связанные с изменением использования данного участка, включая название операции, исполняющее ведомство и время исполнения. При изменении деловой информации старые версии архивных записей также могут эффективно управляться, образуя долговременное управление всем процессом.

【信息代码区段】	利益相关人代码段	基础空间网格代码段				地（海）物代码段				事件与辅助信息代码段			
【信息代码类型】	权属单位 组织机构代码	行政区划码	网格 等级	宗地（文）号		用地用海类别		要素代码	存在/ 灭失	变更事 件代码	信息操作 流水号		
【信息代码详情】	10361103-1000	12011640000	6	0	11	20131	1313	1208	1	031	1	01	07
【代码信息含义】	国网天津市电力公司 滨海供电分公司	滨海新区- 天津技术开发区	6-宗地	津滨 开(协)	2023-1 号文	其他公用 设施用地	交通场站 用地	1-陆域	构筑物-交 通充电设施	1-存在	01-土地 出让事件	07-规划 方案审核	

业务名称	执行部门	执行时间
滨海新区落实建设用地条件判定	市规划和自然资源局滨海分局	2020.5
滨海新区落实建设用地请示报送	市规划和自然资源局滨海分局	2020.9
滨海新区落实建设用地文件审批	总体处、网信办	2020.11
滨海新区落实建设用地局内研究	总体处、信息中心	2021.02
滨海新区落实建设用地拟定回函	总体处	2021.03
“一张图”更新	总体处	2021.03
土地类型变更申请	市规划和自然资源局滨海分局	2021.07
土地类型变更意见征集	市规划和自然资源局滨海分局	2021.08

Рис. 4. Схема работы и разбор функциональной структуры информационной платформы единого цифрового плана территориального пространства новой зоны Биньхай

4 Заключение и перспективы

Цель статьи — раскрыть базовое логическое ядро, необходимое для «единого плана» территориального пространственного планирования и управления в цифровом контексте. Ключевой прорыв заключается в формировании пространственно-временной сеточной архитектуры информации и в прослеживаемости жизненного цикла информации. Усиливая нормативный вывод математической логики, статья глубоко объясняет содержание указанного механизма и его практическое соответствие реальным массивам пространственно-временной информации «земля—объект—человек». Далее, через построение и эксплуатационную практику конкретной платформы единого плана, показаны сценарии применения и возможности практического распространения. Можно вполне ожидать, что: ① по мере углубления цифрового управления на национальном уровне построенный в данном исследовании единый цифровой план территориального пространства станет платформой цифрового пространственного управления, пригодной для широкого распространения; ② информационная система содержания единого цифрового плана территориального пространства будет постоянно расширяться по мере расширения измерений

данных об объектах и тем самым приобретать все больше возможностей пространственного вмешательства.

Примечания

① На ежегодном заседании технического комитета ISO/TC 171 по приложениям документной визуализации, состоявшемся в Лондоне в октябре 2000 г., был сформулирован консенсус по жизненному циклу информации: независимо от того, управляется ли информация в физической или цифровой форме, ее жизненный цикл включает создание, получение, индексирование, хранение, поиск, распространение, представление, миграцию, обмен, защиту и окончательную обработку или уничтожение.

② То есть наименьшая пространственная единица с наиболее близкими свойствами и характеристиками.

③ Сокращение от «деревенская группа/бригада». Административная деревня далее подразделяется на несколько деревенских групп, являющихся базовыми единицами сельского самоуправления. В ходе полевых обследований авторов и проектной группы в 2022-2023 гг. (город D на Северо-Западе и прибрежный город Q) было обнаружено, что в реальном низовом управлении деревенские группы уже включены в партийно-административные сетки; далее упоминаемое деление «сетки сообщества» — подразделение сообщества на несколько сеток пространственного управления — должно обладать большей универсальностью.

④ В настоящее время такие сведения, как правило, находятся в ведении сельскохозяйственных органов правительств уездного уровня.

⑤ Согласно Терминам лесных ресурсов (GB/T 26423-2010) и Техническому регламенту разграничения лесных земель в планировании охраны и использования лесных земель (LY/T 1955-2011), лесной квартал, а также малый выдел являются сеточными единицами ниже уровня административной деревни в иерархии уезд → волость → деревня → лесной квартал.

⑥ Например: Классификация и коды элементов базовой географической информации (GB/T 13923-2006); Технический регламент третьего национального обследования земель (TD/T 1055-2019); Руководство по классификации использования земель и морских акваторий для обследования, планирования и контроля использования территориального пространства (пробная версия) (2020); Классификация и коды лесных ресурсов: типы леса (GB/T 14721-2010); Общие принципы классификации и кодирования водохозяйственных объектов (SL/T 213-2020); Стандарт классификации и градации эрозии почв (SL 190-2007); Классификация и коды экологической и экологически-экологической информации (HJ 417-2025); Коды режимов сброса сточных вод (пробная версия) (HJ 521-2009) и др.

⑦ Под комплексными информационными технологиями понимается использование цифровой связи и технологий Интернета вещей через широкую мобилизацию различных смарт-карт, датчиков и мобильных коммуникационных сетей для динамического сбора, связи в реальном времени и двустороннего взаимодействия информации, что полноценно поддерживает восприятие, анализ и управление пространственной информацией.

⑧ Это соответствует недавно продвигаемой в новой зоне Биньхай «низовой сеточной системе управления на всей территории», включающей 388 сеток сообществ, 135 сельских сеток, 105 сеток предприятий и др.

Список литературы

- [1] WU Zhiqiang. Пять философских вопросов территориального пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2020(6): 7-10.
- [2] WU Zhiqiang, GUO Renzhong, ZHANG Bing, et al. Академический симпозиум по системному построению национальной системы пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 1-11.
- [3] DENG Maoying. Гуанчжоуская практика строительства CSPON: задачи построения муниципальной сети, системное решение и практические подходы[J]. Urban Planning Forum, 2025(1): 25-33.
- [4] CHENG Weizhi, WANG Tao, DAI Jifeng, et al. Исследование информатизации пространственного планирования на всем жизненном цикле: на примере разработки Верхнеуровневого проекта информатизации территориального пространственного планирования Шэньчжэня[J]. Urban Planning Forum, 2022(S1): 106-112.
- [5] ZUO Wei. Размышления о построении территориального пространственного планирования: предпосылки, основы, гарантии и поддержка[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2022, 14(1): 208-230.
- [6] CHEN Jun, ZHANG Shanqi, ZHANG Bing, et al. Направления развития территориального пространственного планирования, усиленного пространственно-временной информацией[J]. Urban Planning Forum, 2025(2): 20-27.
- [7] YAN Jinming, CHEN Hao, XIA Fangzhou. «Интеграция нескольких планов» и пространственное планирование: понимание, ориентации и пути[J]. China Land Science, 2017, 31(1): 21-27.
- [8] WANG Jun, CHEN Xing, LI Dongliang. Агрегация пространственно-временной информации: исследование информатизации «интеграции нескольких планов»[J]. City Planning Review, 2016, 40(6): 32-36.
- [9] DANG Anrong, ZHEN Maocheng, XU Jian, et al. Исследование системы технических методов для нового пространственного планирования[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2019, 11(1): 124-137.
- [10] DANG Anrong, TIAN Ying, LI Juan, et al. Процесс развития и перспективы интеллектуального управления территориальным пространственным планированием в Китае[J]. Science & Technology Review, 2022, 40(13): 75-85.
- [11] QIU Baoxing, CHEN Meng. Цифровой двойник города и его применение[J]. Urban Development Studies, 2022(11): 1-9.
- [12] YE X Y, JAMONNAK S, VAN ZANDT S, et al. Developing campus digital twin using interactive visual analytics approach[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. Исследование базы данных территориального пространственного планирования для «единой карты»[J]. China Land Science, 2020, 34(5): 69-75.
- [14] ZHANG Shangwu. Техническая система подготовки территориального пространственного планирования: верхнеуровневая архитектура и ключевые прорывы[J]. Urban Planning Forum, 2022(5): 45-50.
- [15] SUN Shiwen. Базовое исследование системы мониторинга реализации территориального пространственного планирования[J]. Urban Planning Forum, 2024(2): 12-17.

- [16] ZENG Jingjing, JIANG Daiwei, TANG Min, et al. Построение системы мониторинга реализации территориального пространственного планирования на всем жизненном цикле: пример города Наньнин[J]. Natural Resources Informatization, 2023(6): 38-43.
- [17] FU Wenhao. Подход к построению цифровой платформы управления территориальным пространством провинции Хубэй[J]. Natural Resources Informatization, 2022(1): 32-36.
- [18] HE Zhengguo, MAO Haiya, HUANG Sheng, et al. Исследование общей рамки и метода построения цифрового территориального пространства Гуанчжоу[J]. Planners, 2023(3): 36-43.
- [19] YANG Junyan, SHAO Dian, CHENG Yang, et al. Теория и технология «пространственного кода» цифрового управления территориальным пространством[J]. Planners, 2023(3): 13-19.
- [20] LEVITAN K B. Information resources as “goods” in the life cycle of information production[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1981, 33(1): 44-45.
- [21] HORTON F W. Information resources management[M]. London: Prentice Hall, 1985.
- [22] SUO Chuanjun. К понятию и содержанию исследования жизненного цикла информации[J]. Library and Information Service, 2010, 54(13): 5-9.
- [23] ZUO Wei, MENG Peng. Анализ целостной эволюции пространственного планирования в Китае: каркас на основе системного процесса пространственно-временной эволюции[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2022, 15(6): 37-44.
- [24] ZUO Wei. Исследование единого плана пространственного вмешательства на уровне города и уезда[J]. World Architecture, 2024(11): 76-77.

Дата принятия после доработки: апрель 2025 г.

Перевод при содействии ИИ