

Construcción de un agente inteligente para la recuperación de información de planificación detallada reguladora orientado a la participación pública: método de construcción y aplicaciones en escenarios de buena gobernanza

Autores

WANG Shifu, LI Yonghao, HUANG Duo, LI Xinjian

Resumen

En el doble contexto de la promoción de la "ciudad centrada en las personas" y de la profunda transformación digital de la planificación territorial y espacial, los estudios existentes aún no responden suficientemente a la necesidad pública de acceder, de manera precisa, cómoda y de bajo costo, a la información de la planificación detallada reguladora mediante sistemas inteligentes de recuperación. Este estudio examina primero una trayectoria procedimental para el desarrollo de agentes de planificación y, a continuación, explica los principios de construcción de un agente de recuperación de información de planificación que integra grandes modelos de lenguaje y grafos de conocimiento dentro de un marco de generación aumentada por recuperación (RAG). Sobre esta base, propone un método de tres etapas, apoyado en la plataforma low-code Dify, para construir ZoKnow, un agente de recuperación de planificación reguladora orientado a la participación pública. Se utilizan siete planes estatutarios del distrito de Futian, Shenzhen, que incluyen alrededor de 80.000 caracteres chinos de textos de planificación y 1.185 indicadores de control a escala parcelaria, para la validación aplicada mediante el desarrollo de un prototipo, la evaluación del rendimiento en preguntas y respuestas, y la comparación con la versión pública de la plataforma "One Map". Los resultados muestran que el método propuesto es viable y ofrece un rendimiento superior de recuperación. Presenta ventajas específicas en la explicación terminológica, la trazabilidad de resultados estatutarios y el análisis de datos en la participación pública en la planificación reguladora. El estudio también analiza el potencial de ampliar los agentes de recuperación de información de planificación hacia múltiples tipos de agentes de planificación y su significado de largo plazo para la transformación del sector. Así, proporciona un paradigma de construcción de agentes de planificación de bajo costo, reproducible y escalable para apoyar la transformación digital-inteligente de la planificación y la buena gobernanza espacial habilitada por la tecnología.

Palabras clave

grandes modelos de lenguaje; planificación detallada reguladora; agente inteligente; grafo de conocimiento; participación pública; gobernanza

Introducción

El concepto de "ciudad centrada en las personas" subraya que las ciudades son construidas por las personas y para las personas. El establecimiento en China del sistema de planificación territorial y espacial marcó una transición hacia la coordinación integrada del desarrollo y la protección en todo el territorio y con todos sus elementos [1-2]. En esta transformación institucional, la planificación detallada reguladora, en adelante planificación reguladora, desempeña un papel clave al vincular la planificación territorial y espacial de nivel superior con el control del desarrollo a escalas media y micro. Al definir las funciones de uso del suelo, la intensidad del desarrollo, la provisión de servicios públicos y los

indicadores de control de diseño urbano, la planificación reguladora traduce los requisitos de la ciudad centrada en las personas en formas materiales y patrones espaciales de distribución de beneficios en lugares concretos [3-4].

Los ciudadanos ordinarios tienen derechos de información, participación y supervisión a lo largo de todo el proceso de planificación territorial y espacial, construcción y gobernanza. Por ello, una participación pública de alta calidad es esencial para la eficacia y la equidad de la elaboración y aplicación de la planificación reguladora. El acceso preciso al contenido de la planificación reguladora mediante la digitalización y el procesamiento inteligente de la información territorial y espacial constituye una vía importante para mejorar la participación pública [5-16]. Sin embargo, la construcción y aplicación de los sistemas actuales de recuperación inteligente para la planificación reguladora siguen siendo insuficientes en tres aspectos: responder a las necesidades de la participación pública, mejorar la comodidad funcional y reducir los costos de procesamiento de datos [6,10-12,17-19]. En primer lugar, las plataformas digitales de nueva generación, representadas por el sistema territorial de planificación "One Map" y por la China Spatial Planning Observation Network (CSPON), están dirigidas principalmente a departamentos gubernamentales y a profesionales de la planificación [6-9]. En segundo lugar, las plataformas digitales de recuperación de planificación reguladora orientadas al público aún presentan limitaciones para obtener resultados con rapidez, comprender el significado espacial y rastrear las bases estatutarias, lo que dificulta una deliberación efectiva y limita la motivación y la calidad de la participación [10-12]. En tercer lugar, los resultados de la planificación reguladora, incluidos los textos de planificación y los atlas estatutarios, son altamente heterogéneos y no estructurados; lograr una alta precisión de recuperación suele requerir costos elevados de procesamiento de datos [20-22].

El desarrollo de los grandes modelos de lenguaje (LLMs), la generación aumentada por recuperación (RAG) y los grafos de conocimiento ha dado nuevo impulso a la transformación digital de las tecnologías de planificación [23-25]. En el campo de la planificación ya se han explorado grafos de conocimiento de planes maestros apoyados en consultas mediante código [26], métodos de cognición urbana dinámica basados en grafos de conocimiento [24] y asistentes de generación de textos de planificación basados en RAG [27]. No obstante, pocos estudios han examinado cómo construir un agente de recuperación de información de planificación reguladora que permita a los ciudadanos ordinarios obtener información relevante con precisión, comprender con rapidez su significado planificador y operar con bajo costo. Esta brecha limita la mejora del nivel de participación pública [26-28].

Por ello, este estudio propone un método para construir ZoKnow, un agente de recuperación de información de planificación reguladora orientado a la participación pública que integra LLMs y grafos de conocimiento bajo un marco RAG, y verifica su aplicación. Primero se analiza la trayectoria procedimental de desarrollo de los agentes de planificación y se explican los principios de construcción de los agentes de recuperación de información de planificación reguladora. Luego se propone un método de tres etapas para construir ZoKnow. Con los textos y atlas de los planes estatutarios del distrito de Futian, Shenzhen, como datos de caso, el estudio desarrolla un prototipo, evalúa el rendimiento en preguntas y respuestas y compara escenarios de gobernanza con la versión pública de la plataforma One Map. Finalmente, identifica direcciones para profundizar el método y discute el potencial de los agentes de recuperación de información de planificación en aplicaciones de buena gobernanza y en la transformación del sector.

1 Trayectoria de desarrollo de los agentes de planificación y principios de construcción de un agente de recuperación de información de planificación reguladora

1.1 Trayectoria procedimental de desarrollo de los agentes de planificación

Un agente es un sistema digital dotado de autonomía, reactividad, proactividad y sociabilidad. A partir de datos de múltiples fuentes y algoritmos avanzados, puede percibir el entorno, formar memoria, tomar decisiones, interactuar con humanos y ejecutar acciones para alcanzar objetivos definidos [29]. A medida que los LLMs han mostrado una capacidad general sólida en la comprensión y generación del lenguaje natural, los agentes han evolucionado desde sistemas de interacción modulares fijos hacia sistemas autónomos capaces de realizar acciones de múltiples pasos en entornos complejos. Con los LLMs como centro de razonamiento y decisión, los agentes pueden, mediante planificación, memoria y llamadas a herramientas externas, adquirir información de forma continua, ajustar estrategias y completar tareas durante la interacción [30]. La literatura actual clasifica los agentes autónomos basados en LLMs en agentes generales, instrumentales, de simulación, encarnados, de juego, de red y asistentes, según el propósito de aplicación, los límites funcionales y la lógica de construcción [30].

Los agentes de planificación son sistemas inteligentes orientados a todo el ciclo de preparación, aprobación, modificación, implementación y supervisión de planes. Pueden percibir, memorizar, decidir, interactuar y ejecutar de manera autónoma. Al combinar la lógica técnica de los agentes basados en LLMs con la experiencia práctica del campo de la planificación, se perfila una trayectoria procedimental de desarrollo de agentes de planificación. Esta trayectoria incluye la identificación de necesidades de escenario, la construcción de una base de conocimiento, el desarrollo de una base de datos, la adaptación de herramientas de planificación, la orquestación de procesos de tarea y la gobernanza mediante evaluación y retroalimentación. La base de conocimiento es la condición fundamental para construir un agente de planificación específico: integra conocimientos profesionales y corpus de alta calidad, de modo que el conocimiento de planificación pueda representarse de forma estructurada, alinearse semánticamente y hacerse recuperable. La base de datos conecta datos heterogéneos de múltiples fuentes, apoya la percepción multidimensional y la caracterización dinámica de elementos espaciales, y fortalece la comprensión del agente sobre estados urbanos complejos. La adaptación de herramientas incorpora los métodos de planificación en el agente como módulos digitales invocables, en forma de algoritmos, protocolos o herramientas. La orquestación del proceso de tareas permite coordinar percepción, evaluación, análisis y decisión en diversos contextos. Por último, la evaluación y la retroalimentación permiten verificar y optimizar continuamente el agente, mejorando su fiabilidad y eficacia práctica.

1.2 Principios básicos de construcción de un agente de recuperación de información de planificación reguladora

Un agente de recuperación de información de planificación reguladora es un sistema inteligente que responde a las necesidades de la participación pública en la búsqueda de información de la planificación reguladora. Ofrece interacción de bajo umbral, planificación y orquestación de tareas, almacenamiento de conocimiento profesional, invocación de herramientas externas y ejecución de tareas de planificación. Aunque los ciudadanos ordinarios suelen tener conocimientos de planificación y capacidades técnicas limitadas, necesitan obtener, comprender y analizar con eficiencia la información de la planificación reguladora para participar con calidad. Por ello, un agente de planificación instrumental constituye una ruta técnica adecuada. Su rasgo central es llamar herramientas externas para completar tareas de

planificación ejecutables. La tarea clave puede resumirse mediante el marco "3W": whether, si debe llamarse una herramienta; which, qué herramienta debe seleccionarse; y how, cómo debe utilizarse. Este marco garantiza que las herramientas externas apropiadas se invoquen en el momento adecuado para resolver preguntas y respuestas profesionales, consultas de datos y otros problemas del dominio de la planificación.

Tomando como referencia la lógica de construcción de agentes instrumentales [30] y los requisitos del desarrollo de sistemas de información, la arquitectura central de un agente de recuperación de información de planificación reguladora puede dividirse en cuatro componentes: el sistema de tareas e interacción, o capa de interacción; el sistema de planificación y control, o capa de tareas; el sistema de conocimiento y memoria, o capa de conocimiento; y el sistema de acciones y herramientas, o capa de motor (figura 1).

El sistema de tareas e interacción constituye la frontera de entrada y salida por la que el agente intercambia información con el entorno externo; su capacidad central es transformar las expresiones en lenguaje natural del usuario en descripciones de tarea ejecutables. El sistema de planificación y control organiza las decisiones y el control de tareas durante la ejecución; bajo un marco de razonamiento predefinido, descompone problemas complejos en pasos ejecutables y utiliza evidencias y retroalimentación para retroceder, corregir y complementar las acciones. El sistema de conocimiento y memoria combina la base de conocimiento y los mecanismos de gestión de memoria necesarios para la adquisición de información. Por un lado, el agente debe conectarse a fuentes externas de conocimiento actualizables para obtener bases factuales fiables para tareas específicas. Por otro lado, debe mantener y leer estados de tarea e información clave entre rondas de diálogo, a fin de comprender mejor el estado de ejecución y las necesidades reales del usuario. El sistema de acciones y herramientas comprende módulos funcionales para invocar y ejecutar herramientas externas. Externaliza pasos clave, como cálculo y verificación, en cadenas de herramientas ejecutables, convirtiendo el análisis en un proceso revisable.

Estos cuatro sistemas forman, en conjunto, un sistema operativo interdependiente y dinámico basado en retroalimentación. El sistema de tareas e interacción aclara "qué problema debe resolverse"; el sistema de planificación y control organiza "mediante qué pasos debe resolverse"; el sistema de conocimiento y memoria proporciona "con base en qué evidencias debe resolverse"; y el sistema de acciones y herramientas implementa "por qué medios debe resolverse". De este modo, el agente de recuperación de información de planificación reguladora pasa de la simple interactividad a una capacidad de resolución de tareas complejas que resulta comprensible, verificable y analizable.

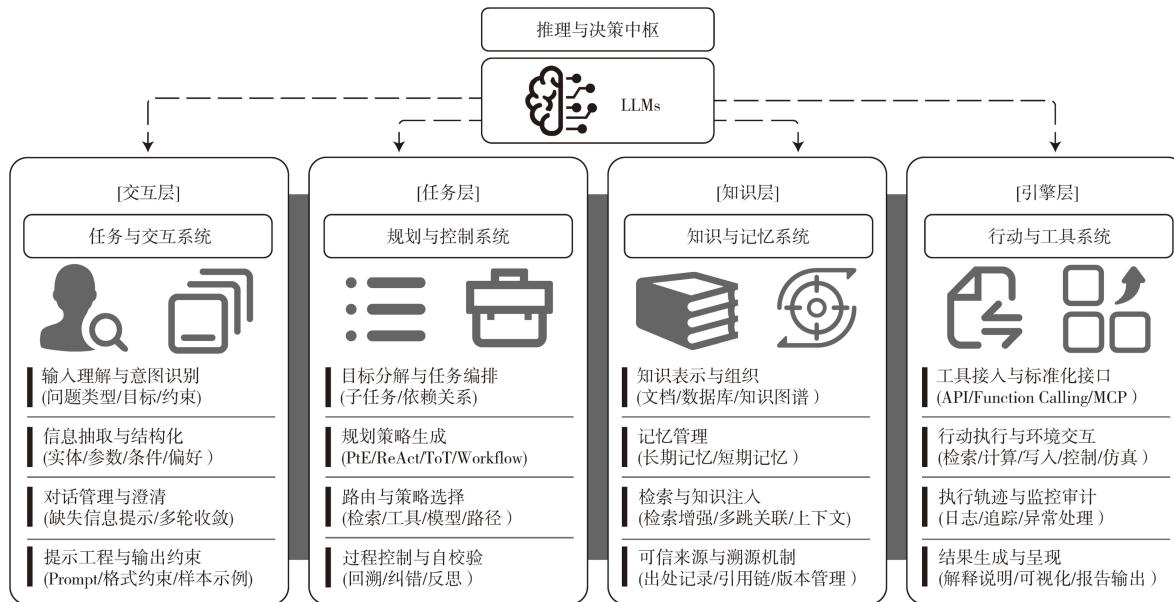


Figura 1. Arquitectura central de cuatro capas de un agente de recuperación de información de planificación detallada reguladora.

1.3 Lógica técnica para incorporar grafos de conocimiento en la capa de conocimiento bajo el marco RAG

Para un agente de recuperación de información de planificación reguladora, incorporar un grafo de conocimiento en la capa de conocimiento bajo un marco RAG ofrece tres ventajas técnicas: alta precisión, bajo costo operativo y facilidad de desarrollo. En primer lugar, RAG introduce textos de planificación como fuentes externas de conocimiento y los recupera mediante similitud semántica, proporcionando a los LLMs un contexto más suficiente y controlable. Esto puede reducir, en cierta medida, las alucinaciones en preguntas y respuestas de explicación conceptual relacionadas con la planificación reguladora. En segundo lugar, los grafos de conocimiento almacenan conocimientos en tripletas "entidad - relación - entidad" y forman bases de datos estructuradas. Al integrarse en la capa de conocimiento del agente, pueden mejorar notablemente la precisión y la controlabilidad de los LLMs en tareas de preguntas y respuestas y razonamiento de múltiples saltos, mediante la recuperación gráfica y la construcción de cadenas de razonamiento. En tercer lugar, sin entrenamiento previo específico, los LLMs pueden extraer automáticamente tripletas "entidad - relación - entidad" de los resultados de planificación mediante prompts, acelerando la construcción del grafo de conocimiento. También pueden servir como interfaz eficiente de consulta y razonamiento para bases de datos gráficas al convertir el lenguaje natural en consultas, permitiendo así la adquisición interactiva de conocimiento por parte de los ciudadanos.

2 Método de construcción de un agente de recuperación de información de planificación reguladora orientado a la participación pública

El agente de recuperación de información de planificación reguladora orientado a la participación pública es un agente de planificación instrumental típico. Su función consiste en usar información normativa clara y límites de datos definidos como fuentes externas, proporcionar a los ciudadanos ordinarios apoyo preciso, rápido y de bajo umbral para recuperar, verificar y explicar información, y

transformar los resultados en evidencias de planificación para la deliberación. A partir de este posicionamiento funcional, de los principios de construcción del agente y de la plataforma low-code Dify, el estudio propone un método de tres etapas para construir ZoKnow.

2.1 Preprocesamiento de textos y atlas de planificación reguladora

En cuanto a los textos de planificación reguladora, el chino es una lengua paratáctica, con relativamente pocas marcas gramaticales explícitas y una fuerte dependencia contextual en las relaciones semánticas. Por ello, esta etapa utiliza HanLP para complementar la información sintáctica del lenguaje natural y reducir errores de extracción de tripletas causados por ambigüedad en el procesamiento de los LLMs. En cuanto a los atlas de planificación reguladora, que ya poseen cierto grado de estructuración, se aplica segmentación de unidades de imagen bajo la premisa de mantener completos y legibles los contenidos gráficos y tabulares. Esto reduce la densidad de información de cada entrada y ayuda a los LLMs a identificar con mayor claridad indicadores, objetos y relaciones de restricción en tablas y gráficos.

2.2 Construcción automática del grafo de conocimiento basada en LLMs

Tras el preprocesamiento de los datos multimodales, se construye un flujo de trabajo centrado en LLMs para automatizar el grafo de conocimiento de la planificación reguladora. La tarea se descompone en tres pasos: reconocimiento de entidades nombradas, extracción de relaciones y asignación de etiquetas. Así, los textos no estructurados de planificación reguladora y la información gráfica y tabular de los planes estatutarios pueden transformarse de forma estable en información estructurada y organizarse como una base de datos gráfica.

2.3 Construcción de ZoKnow en Dify con una arquitectura central de cuatro capas

De acuerdo con los principios de construcción del agente de recuperación de información de planificación reguladora, ZoKnow se diseña en la plataforma Dify siguiendo la arquitectura "capa de interacción - capa de tareas - capa de conocimiento - capa de motor". El grafo de conocimiento de la planificación reguladora se integra en la capa de conocimiento para apoyar la recuperación precisa de información, la organización de evidencias y la generación de respuestas explicables (figura 2).

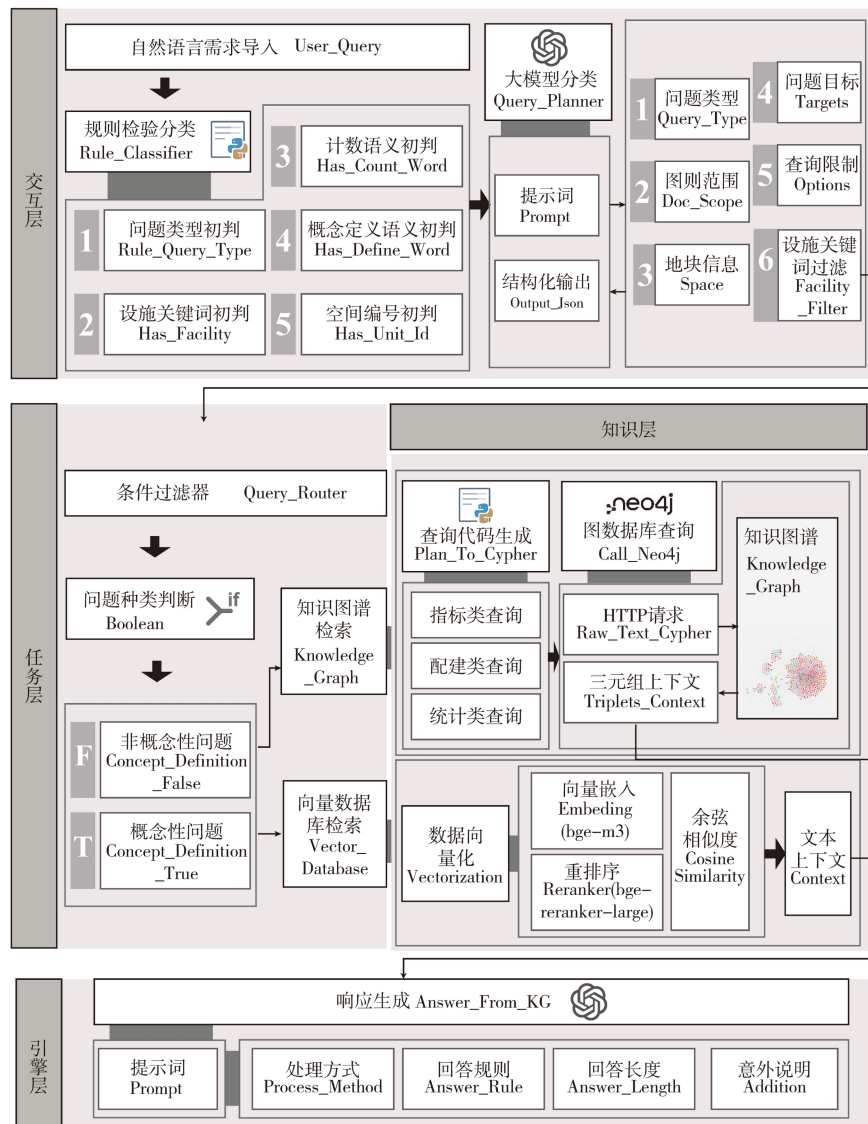


Figura 2. Marco de cuatro capas de ZoKnow.

3 Datos y métodos de validación aplicada

3.1 Selección y fuentes de los datos de caso

3.1.1 Selección de los datos de caso

La validación aplicada selecciona como datos de caso los planes estatutarios de unidades urbanas de planificación detallada del distrito de Futian, Shenzhen. Tras más de veinte años de optimización continua, los planes estatutarios de Futian han formado un modelo práctico avanzado a escala nacional en reglas de elaboración, estructura de contenidos y medios de expresión, por lo que poseen buena representatividad [18].

3.1.2 Fuentes y tipos de datos

Los datos proceden principalmente de los planes estatutarios del distrito de Futian y de resultados relacionados publicados por la Oficina Municipal de Planificación y Recursos Naturales de Shenzhen. Incluyen dos tipos principales.

El primer tipo corresponde a atlas y tablas de planes estatutarios, proporcionados en formatos PDF o imagen. Estos materiales registran números de parcela, códigos de uso del suelo, naturaleza del uso, coeficiente de edificabilidad, densidad de construcción, altura de edificios, proporción de áreas verdes y requisitos de provisión de servicios públicos. Constituyen la fuente de información de "restricciones duras" en el grafo de conocimiento de la planificación reguladora, expresadas como requisitos obligatorios de control [31].

El segundo tipo corresponde a textos de planes estatutarios, incluidos informes explicativos y notas de modificación de cada unidad urbana, en formatos como PDF y HTML. Además de la información de "restricciones duras" repetida en los atlas, estos textos incluyen antecedentes de planificación, objetivos y requisitos de control de diseño urbano. Por tanto, constituyen la fuente de información de "restricciones blandas" del grafo de conocimiento de la planificación reguladora, expresadas como requisitos orientativos [31].

Dado que algunos resultados de planes estatutarios se publicaron demasiado pronto, sus textos y atlas no podían ofrecer la precisión de datos necesaria para este estudio y parte de su contenido se solapaba con planes actualizados posteriormente. Por ello, se realizó una selección manual de los planes estatutarios de unidades urbanas de planificación detallada del distrito de Futian. Finalmente se seleccionaron siete planes estatutarios desde 2010, que incluyen cerca de 80.000 caracteres chinos de textos de planificación e indicadores de control para 1.185 parcelas distribuidas en 118 manzanas contenidas en los atlas.

3.2 Pasos de validación aplicada y métodos de evaluación

Después de desarrollar el prototipo de ZoKnow con los datos del distrito de Futian, la validación aplicada incluyó dos etapas: una evaluación comparativa de la eficiencia de recuperación del agente y un análisis comparativo de escenarios de gobernanza (figura 3). La primera etapa compara el desempeño de distintas estrategias de recuperación bajo un marco de evaluación unificado para verificar la ventaja de ZoKnow. La segunda examina su capacidad para apoyar la participación pública en escenarios reales de gobernanza.

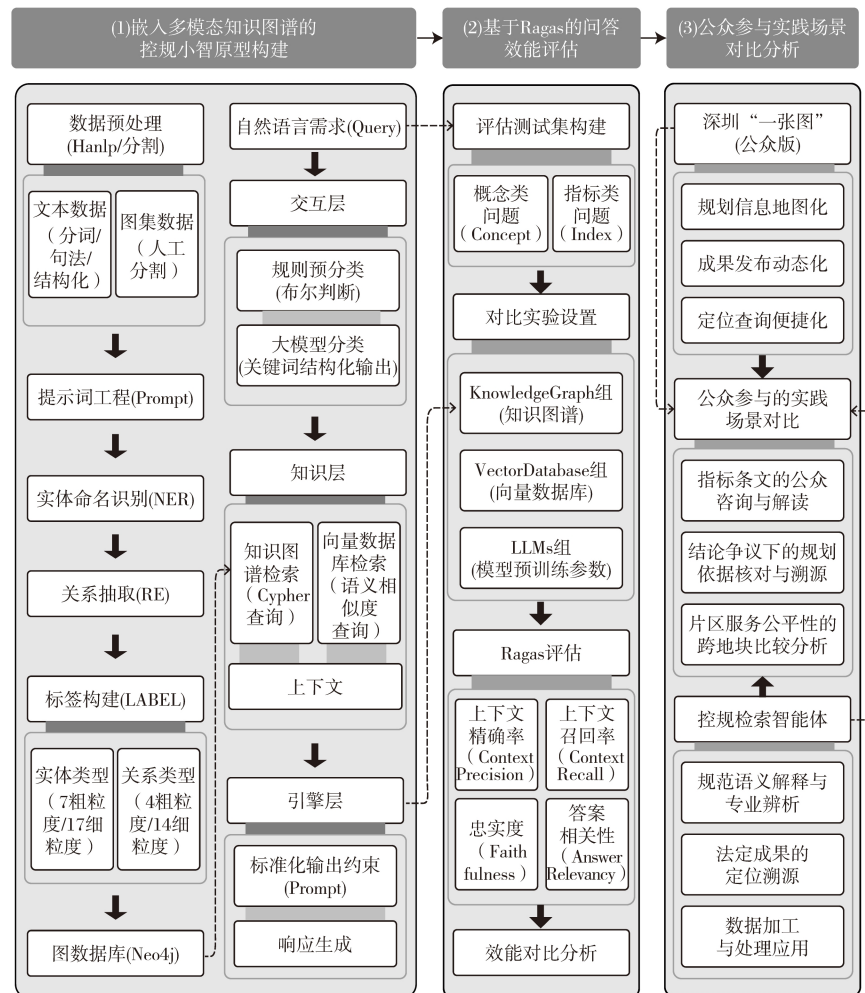


Figura 3. Pasos de la validación aplicada.

3.2.1 Método de evaluación comparativa de la eficiencia de recuperación del agente

Para evaluar el efecto práctico de las funciones centrales de recuperación de ZoKnow en escenarios reales de planificación, este estudio construyó un conjunto de prueba estructurado de preguntas y respuestas basado en las necesidades de recuperación de información de planificación reguladora. Para cada uno de los siete planes estatutarios se diseñaron 30 pares de pregunta-respuesta, con un total de 210 pares, a fin de probar sistemáticamente la eficiencia integral de distintas soluciones de recuperación. En cuanto al contenido, el conjunto de prueba se refiere a los principios actuales de evaluación de la planificación reguladora, considera sus tareas centrales - determinación cualitativa, control cuantitativo y definición formal - y los requisitos de conformidad, articulación y viabilidad, y simula necesidades de recuperación que surgen en escenarios reales de planificación. En cuanto a las reglas, la construcción de pares sigue estrictamente las seis reglas centrales del marco Ragas (Retrieval-Augmented Generation Assessment System), garantizando una estructura científica y validez evaluativa.

Con base en el marco Ragas, el estudio compara sistemáticamente el desempeño de los LLMs combinados con distintas estrategias de recuperación en tareas de preguntas y respuestas de planificación reguladora. ZoKnow adopta una solución de LLM más grafo de conocimiento. Se establecen

dos grupos de control: una solución de base de datos vectorial y una solución de LLM puro. La solución vectorial conecta únicamente la base de datos vectorial de los planes estatutarios como fuente externa. La solución de LLM puro no accede a ninguna fuente de datos externa y genera respuestas solo con sus parámetros preentrenados. Se seleccionan cuatro indicadores típicos de evaluación: precisión del contexto, recuperación del contexto, fidelidad y relevancia de la respuesta.

3.2.2 Método de análisis comparativo de escenarios de gobernanza

Esta etapa se centra en tres necesidades clave para que las herramientas digitales mejoren la comodidad funcional de la participación pública: comprensión más fácil, trazabilidad más precisa y análisis más completo. Compara la versión pública de la plataforma "One Map" de planificación detallada reguladora de Shenzhen con ZoKnow en tres escenarios típicos de gobernanza: consulta pública e interpretación de indicadores y cláusulas, verificación y trazabilidad de bases de planificación cuando hay controversia sobre conclusiones, y análisis comparativo interparcelario de la equidad de los servicios públicos a escala de área. Esta comparación multidimensional evalúa la capacidad aplicada de ZoKnow.

En el escenario de consulta pública e interpretación de indicadores y cláusulas, los ciudadanos ordinarios suelen necesitar consultar el coeficiente de edificabilidad, límites de altura, uso del suelo y cláusulas relacionadas de una parcela al elegir vivienda, comunicarse dentro de la comunidad o prestar atención al desarrollo cercano. Sin embargo, a menudo enfrentan la situación de "puedo encontrar la información, pero no puedo entenderla"; les cuesta comprender el significado de los indicadores y su ámbito de aplicación. Por ello se requieren explicaciones accesibles y distinciones conceptuales que permitan formar rápidamente un juicio de referencia comprensible.

En el escenario de verificación y trazabilidad de las bases de planificación, los ciudadanos ordinarios involucrados en controversias sobre localización de equipamientos o supervisión de procesos constructivos suelen encontrarse con afirmaciones divergentes de distintos canales y carecen de cadenas de evidencia verificables para participar en la deliberación. Por tanto, el sistema debe vincular las conclusiones con textos de planificación, tablas de indicadores o fuentes documentales específicas, ayudando a localizar y obtener con eficiencia la información necesaria y mejorando la calidad y eficiencia de la participación.

En el escenario de comparación interparcelaria de servicios públicos, cuando los ciudadanos discuten si los servicios públicos están equilibrados o si existe déficit de algún equipamiento, normalmente necesitan agregar, comparar y realizar estadísticas simples sobre múltiples parcelas o áreas, y generar temas significativos para la discusión pública. Por tanto, las estadísticas de indicadores entre parcelas, la comparación de diferencias y la verificación de umbrales transforman consultas dispersas en resultados analíticos básicos para la deliberación pública.

4 Resultados de la validación aplicada

4.1 Evaluación comparativa de la eficiencia de recuperación de ZoKnow

Los resultados comparativos de la eficiencia de recuperación según el marco Ragas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Evaluación del rendimiento de respuesta de las soluciones de recuperación según el marco Ragas.

Tipo de	Solución de recuperación	Precisión	Recuperació	Fidelidad	Relevancia
---------	--------------------------	-----------	-------------	-----------	------------

evaluación		del contexto	n del contexto		de la respuesta
Desempeño global	ZoKnow (solución de grafo de conocimiento)	0.92	0.84	0.99	0.68
Desempeño global	Solución de base de datos vectorial	0.64	0.57	0.99	0.40
Desempeño global	Solución de LLM puro	0.19	0.12	0.99	0.00
Preguntas de indicadores	ZoKnow (solución de grafo de conocimiento)	0.97	0.92	0.98	0.70
Preguntas de indicadores	Solución de base de datos vectorial	0.37	0.31	0.98	0.26
Preguntas de indicadores	Solución de LLM puro	0.01	0.01	0.99	0.00
Preguntas conceptuales	ZoKnow (solución de grafo de conocimiento)	0.88	0.76	0.99	0.65
Preguntas conceptuales	Solución de base de datos vectorial	0.91	0.82	0.99	0.54
Preguntas conceptuales	Solución de LLM puro	0.37	0.24	0.99	0.00

En el desempeño global, ZoKnow muestra ventajas claras en precisión de recuperación y respuesta focalizada. Salvo en fidelidad, supera tanto a la solución vectorial como a la solución de LLM puro en precisión del contexto, recuperación del contexto y relevancia de la respuesta. Esto indica que, tras introducir el grafo de conocimiento, ZoKnow puede localizar con mayor precisión la necesidad de búsqueda y cubrir de forma más completa las cláusulas e indicadores clave necesarios para responder. En contraste, la base de datos vectorial depende principalmente de la similitud semántica para recuperar fragmentos relevantes; en escenarios complejos donde se mezclan cláusulas e indicadores, tiende a generar resultados redundantes y le cuesta expresar indicadores de control estructurados. La solución de LLM puro, al carecer de datos profesionales externos, obtiene resultados bajos en los distintos indicadores. El resultado muestra que, en tareas especializadas de preguntas y respuestas en

planificación, conectar fuentes externas de datos es una condición clave para mejorar la precisión de recuperación.

En las preguntas conceptuales, la recuperación vectorial tiene ventaja de cobertura semántica, pero ZoKnow sigue siendo más estable en la focalización de la respuesta. La recuperación basada en similitud semántica puede cubrir parte de las explicaciones de términos de planificación y cláusulas relacionadas. Sin embargo, ZoKnow mantiene ventaja en relevancia de respuesta. Esto refleja que, aun usando datos vectoriales, el agente complementa la recuperación con información de entidades, relaciones y restricciones estructuradas introducidas por el grafo de conocimiento, ayudando al sistema a organizar las respuestas alrededor del núcleo de la pregunta y a reducir explicaciones generalizadas o adiciones irrelevantes.

En las preguntas de indicadores, la ventaja de ZoKnow es especialmente marcada y sostiene su liderazgo global. Las diferencias entre soluciones son más significativas en esta categoría. ZoKnow mantiene ventajas evidentes en precisión del contexto, recuperación del contexto y relevancia de la respuesta, lo que muestra que la solución de grafo de conocimiento es más estable y explicable al procesar información altamente estructurada, como números de parcela, indicadores de control y atributos numéricos. Esta es la razón principal de su superioridad general. En comparación, la solución vectorial disminuye notablemente su rendimiento en preguntas de indicadores, lo que revela la dificultad de capturar de manera estable correspondencias entre información gráfica y tabular solo mediante similitud vectorial. El resultado confirma que, sin apoyo externo estructurado, los LLMs no son adecuados para tareas de recuperación de indicadores de planificación reguladora que exigen alta precisión y trazabilidad.

En suma, frente a las soluciones de control, ZoKnow muestra baja propensión a alucinaciones y alta precisión en respuestas focalizadas, recuperación de indicadores y contestación centrada. Es especialmente adecuado para escenarios de planificación reguladora centrados en verificación de indicadores y revisión de cláusulas, y proporciona una base técnica para apoyar eficazmente la participación pública.

4.2 Análisis comparativo de escenarios de gobernanza: ZoKnow y la versión pública de One Map

Para las necesidades de gobernanza relacionadas con la participación pública - consulta e interpretación de indicadores y cláusulas, verificación y trazabilidad de bases de planificación, y análisis comparativo interparcelario de servicios públicos -, la versión pública de la plataforma "One Map" de planificación detallada reguladora de Shenzhen solo ofrece funciones básicas de visualización, búsqueda y listado de información (figura 4). ZoKnow, en cambio, proporciona funciones más completas de interpretación, trazabilidad y análisis, y puede atender de forma efectiva necesidades concretas de gobernanza (figura 5).

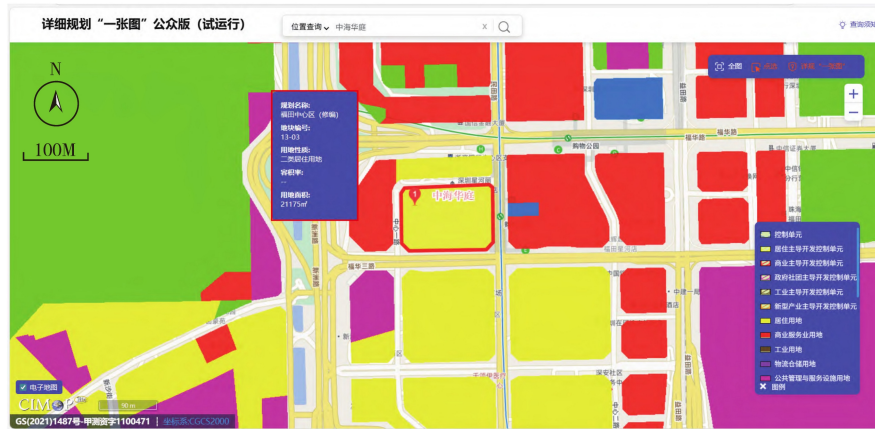


Figura 4. Versión pública de la plataforma One Map para los planes detallados reguladores de Shenzhen.

检索关键词，提供规划约束与供给条件

地块编号	地块类别	设施名称	设施子类	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块03-01	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块06-08	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块07-04	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块10-19	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块11-09	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)
地块13-13	地块单元实体	便民服务站	行政社区	规划地块控制指标一览表 (深圳)

数据来源：上述法定图则中的“规划地块控制指标一览表”。 **来源依据**

证据溯源 (Knowledge Graph)

Figura 5. Aplicaciones seleccionadas de ZoKnow en escenarios de gobernanza.

Primero, ZoKnow ofrece una interpretación comprensible de la semántica reguladora y una diferenciación profesional de conceptos. El umbral de la participación pública en la planificación reguladora no reside solo en poder recuperar un indicador o cláusula de una parcela, sino también en convertir expresiones altamente profesionales de los resultados de planificación en contenido semántico comprensible para ciudadanos ordinarios. La versión pública de One Map de Shenzhen ya permite recuperar coeficiente de edificabilidad, uso del suelo, límites de altura y otros datos, pero no explica el significado planificador de esos indicadores, lo que reduce la comodidad de uso. ZoKnow acompaña los resultados con explicaciones accesibles de términos especializados y distinciones conceptuales, produciendo respuestas más acordes con los hábitos de comprensión del público y reduciendo el umbral de entendimiento.

Segundo, ZoKnow ofrece verificación y trazabilidad de resultados estatutarios. En escenarios de participación pública como la disposición de equipamientos, la supervisión de la implementación y la retroalimentación sobre ajustes, los ciudadanos a menudo enfrentan problemas de "conclusión sin

evidencia" o "evidencia difícil de localizar". Pueden carecer de una cadena verificable de pruebas o gastar mucho tiempo comparando sus demandas con documentos de planificación relevantes. Frente a las funciones de consulta y visualización de la versión pública de One Map, ZoKnow proporciona simultáneamente información estructurada de procedencia de los resultados estatutarios al generar sus respuestas, incluidos párrafos textuales correspondientes, tablas de indicadores y fuentes documentales. Esto promueve la deliberación basada en evidencia y la identificación de responsabilidades, permitiendo que los ciudadanos participen con fundamentos y reglas claras, y mejorando la eficiencia y la calidad de la participación.

Tercero, ZoKnow ofrece cálculo analizable de datos de servicios públicos entre áreas y parcelas. En la participación en la planificación reguladora, los ciudadanos no solo necesitan conocer información simple de parcelas; también deben abordar preguntas comparativas de múltiples parcelas, como si los servicios públicos están equilibrados en un área, si existe déficit de equipamientos o si hay diferencias anómalas entre indicadores de parcelas. La versión pública de One Map tiene capacidad limitada de procesamiento de datos y se queda en gran medida en el listado simple de información. ZoKnow puede utilizar LLMs para traducir necesidades expresadas en lenguaje natural, realizar recuperación y cálculo estructurados, resumir indicadores, comparar diferencias, verificar umbrales y generar salidas estadísticas. Así ayuda a los ciudadanos a analizar y comprender mejor los datos de planificación y las características de desarrollo del área.

5 Conclusiones y perspectivas

5.1 Síntesis del método de construcción y direcciones para su profundización

Este estudio examina la trayectoria procedimental de desarrollo de agentes de planificación y explica los principios de construcción de un agente de recuperación de información de planificación reguladora orientado a la participación pública. Sobre esta base, y con apoyo de la plataforma Dify, propone un método de tres etapas: procesamiento de datos textuales y de atlas, construcción automática de grafos de conocimiento, y creación de una arquitectura central compuesta por capas de interacción, tareas, conocimiento y motor. La validación aplicada con datos del distrito de Futian, Shenzhen, muestra que el agente construido en este estudio supera claramente a la solución tradicional de LLM con recuperación vectorial y a la solución de LLM puro en precisión del contexto, recuperación y otros indicadores, especialmente en preguntas y respuestas sobre indicadores con restricciones fuertes. En comparación con la versión pública de One Map para los planes detallados reguladores de Shenzhen, el agente permite a los ciudadanos explicar términos de la planificación reguladora, consultar indicadores de parcelas y rastrear fundamentos de resultados estatutarios mediante lenguaje natural, reduciendo así el umbral técnico para comprender y participar en los asuntos de la planificación reguladora.

La investigación futura debe profundizar el método en tres direcciones. Primero, ampliar los escenarios de aplicación del agente y verificar su capacidad de generalización en situaciones complejas de conflictos concretos de intereses espaciales. Segundo, promover la actualización iterativa autónoma del agente para lograr una evolución adaptativa frente a necesidades reales de participación pública y actualizaciones del conocimiento de planificación. Tercero, explorar el mecanismo de acoplamiento entre recuperación de información y construcción de consenso mediante deliberación participativa, fortaleciendo la participación de múltiples actores. Estas direcciones ayudarán a que el agente evolucione desde una aplicación única de recuperación de información de planificación reguladora hacia

una herramienta abierta de gobernanza integrada en la participación pública, y puedan formar un paradigma transferible y reutilizable de infraestructura pública de conocimiento urbano.

5.2 Posicionamiento técnico de los agentes de recuperación de información de planificación y expansión de sus aplicaciones de buena gobernanza

El agente de recuperación de información de planificación reguladora propuesto en este estudio es una rama específica de los agentes de planificación instrumentales en el campo de la planificación detallada reguladora. Su rasgo central consiste en convertir conocimiento profesional multisource y heterogéneo del ámbito de la planificación en datos generales comprensibles para el público y reconocibles por la máquina. Agentes similares pueden servir como "base de conocimiento" dentro de la trayectoria procedimental de desarrollo de agentes de planificación, o integrarse como "subagentes" en agentes generales, asistentes, de simulación y otros tipos de agentes de planificación. Así les proporcionan conocimiento profesional de alta precisión, trazable y actualizable de forma iterativa, fortaleciendo su capacidad de apoyo a la decisión en la práctica de la planificación.

Más allá de la recuperación de información de planificación reguladora orientada a la participación pública, los agentes de planificación se están convirtiendo gradualmente en soportes técnicos importantes que conectan conocimiento profesional, datos de múltiples fuentes, herramientas digitales y distintos usuarios. Pueden apoyar la revisión de resultados, la asistencia en la elaboración, el análisis espacial, la asignación de equipamientos, la simulación de alternativas, la percepción urbana, la deliberación participativa y la enseñanza de la planificación. Los casos pertinentes muestran que los límites de aplicación de los agentes de planificación se expanden desde la recuperación de información y las preguntas-respuestas individuales hacia procesos prácticos más complejos, como la invocación de herramientas, la orquestación de tareas, la generación de alternativas, la simulación de procesos y el apoyo a decisiones, contribuyendo a los objetivos de buena gobernanza.

5.3 Significado de largo plazo de los agentes de planificación para la transformación del sector desde la idea de buena gobernanza

La buena gobernanza urbana enfatiza la pluralidad, la inclusión, la consulta conjunta, la co-construcción y el disfrute compartido. Desde esta perspectiva, el desarrollo y la aplicación de agentes de planificación pueden impulsar la planificación tradicional hacia una práctica social más abierta. No solo mejoran la precisión y eficiencia del procesamiento de información de planificación y del juicio para la toma de decisiones, sino que también reconfiguran la producción, interacción y uso del conocimiento de planificación. No son simplemente "gemelos digitales" de los planificadores, sino plataformas inclusivas de apoyo a la gobernanza para la participación de múltiples actores, que habilitan rutas de implementación de planificación fortalecidas digital e inteligentemente mediante empoderamiento profesional, apoyo de datos, adaptación institucional y construcción de consenso.

Los agentes de planificación transformarán profundamente los flujos de trabajo de la planificación y el sistema de competencias de los planificadores. En el futuro, podrán integrarse en todo el proceso de elaboración, aprobación, modificación, implementación y supervisión de planes, elevando notablemente la automatización y la inteligencia de las actividades de planificación, mejorando su rigor científico y viabilidad, y reduciendo costos laborales. En correspondencia, las competencias centrales de los planificadores también deberán actualizarse. Sobre la base del diseño tradicional de propuestas, la elaboración de planes y la coordinación de gestión, será necesario fortalecer la capacidad de aprender y

aplicar herramientas de IA y procesamiento de datos, e integrarlas en todo el proceso mediante el cual la planificación sirve a la buena gobernanza urbana, remodelando así el valor profesional.

El empoderamiento de la ciudad centrada en las personas y de la buena gobernanza mediante agentes de planificación será un proceso de largo alcance para el sector. Por un lado, la inteligencia artificial se desarrolla rápidamente, y modelos, algoritmos y plataformas se actualizan de manera continua, acelerando la iteración "entre tecnologías". Por otro lado, la reconstrucción de las relaciones "entre humanos y tecnología" y "entre humanos" sigue siendo gradual y está condicionada por la ética social, las estructuras de gobernanza, la cognición pública y otros factores. Las decisiones de planificación aún requieren equilibrar dinámicamente la equidad social, el interés público y la protección de derechos privados. Esta tensión profunda entre tecnología y sociedad determina que los agentes de planificación no sean meras herramientas técnicas, sino una infraestructura futura de buena gobernanza espacial. Pueden reducir los umbrales de acceso, comprensión y análisis de la información; reconfigurar los canales de comunicación entre gobierno, público y profesión planificadora; y mejorar la inclusividad y eficacia del trabajo de planificación. La clave para desplegar plenamente su utilidad no reside solo en el grado de avance tecnológico, sino en establecer conexiones efectivas entre sistemas técnicos de rápida iteración e instituciones sociales relativamente estables, de modo que cada persona en la ciudad forme parte de una comunidad territorial que aprende, influye y progresa conjuntamente.

Notas

[1] La alucinación de los LLMs se refiere a contenido semánticamente plausible pero inexacto en términos de hechos o cláusulas normativas.

[2] Las seis reglas para construir pares de pregunta-respuesta en Ragas son: la respuesta puede derivarse completamente del contexto dado; la información no es un hecho simple; la respuesta no contiene enlaces; la dificultad es moderada; la pregunta es razonable y puede ser respondida por humanos; y no se incluyen expresiones como "proporcionar contexto".

[3] La versión pública de la plataforma "One Map" de planificación detallada reguladora de Shenzhen publica resultados de planificación detallada mediante un mapa electrónico. Sus características incluyen, entre otras, la cartografización de la información de planificación, la publicación dinámica de resultados y la consulta cómoda por ubicación (<https://pnr.sz.gov.cn/d-xgmap/>).

[4] En la evaluación Ragas, el prompt exigió al modelo evitar invenciones cuando faltara evidencia recuperada, y la temperatura se fijó en 0. La relevancia de respuesta igual a 0 en la solución de LLM puro significa que la respuesta no permite inferir inversamente la pregunta original; no evalúa la corrección factual. Además, dado que este estudio incorporó la pregunta misma en el contexto, las altas puntuaciones de fidelidad de los tres experimentos solo indican que las respuestas estaban respaldadas por el contexto dado, no que fueran necesariamente correctas en términos factuales.

Referencias

[1] LIU Y S, ZHOU Y. Planificación territorial y espacial y sistema de gobernanza nacional en China[J]. Land Use Policy, 2021, 102: 105288.

[2] YU Y D, CAO X D, YE D, et al. Consideraciones críticas en la planificación territorial y espacial provincial en China: análisis cualitativo y espacial[J]. Humanities & Social Sciences Communications, 2025, 12(1): 1422.

- [3] WANG Yan, ZENG Xiangkun. Exploración de la evaluación de la planificación detallada dentro de los límites del desarrollo urbano desde la perspectiva de la gestión de ciclo completo[J]. Urban Planning Forum, 2024(5): 113-118.
- [4] JIANG Tao, LI Yanxin, JIANG Mei. Investigación sobre el sistema de elementos de control del diseño urbano en la etapa de planificación detallada reguladora[J]. Urban Planning Forum, 2017(4): 65-73.
- [5] LIU Xiaochang, WU Zhiqiang. Construcción de un paradigma teórico para el diagnóstico territorial y espacial asistido por IA y transformación de métodos de pensamiento y práctica[J]. Urban Planning Forum, 2026(1): 12-20.
- [6] JIANG Huaxiong. Dilemas de implementación de los sistemas occidentales de apoyo a la planificación, vías de solución e implicaciones[J]. Urban Planning International, 2023, 38(1): 117-123.
- [7] DARGAN S, KUMAR M, AYYAGARI M R, et al. Revisión del aprendizaje profundo y sus aplicaciones: un nuevo paradigma para el aprendizaje automático[J]. Archives of Computational Methods in Engineering, 2020, 27(4): 1071-1092.
- [8] JIANG H, LI M, WITTE P, et al. Conversación urbana: explorar el potencial de ChatGPT y la IA generativa para mejorar el apoyo a la planificación[J]. Cities, 2025, 158: 105701.
- [9] BATTY M. La transformación digital de la planificación[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2021, 48(4): 593-597.
- [10] WILSON A, TEWDWR-JONES M, COMBER R. Planificación urbana, participación pública y tecnología digital: el desarrollo de aplicaciones como método para generar participación ciudadana en procesos locales de planificación[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(2): 286-302.
- [11] SHAHAB S, BAGHERI B, POTTS R. Barreras para emplear la participación electrónica en el sistema de planificación iraní[J]. Cities, 2021, 116: 103281.
- [12] ARANDA N R, DE WAEGEMAEKER J, VAN DE WEGHE N. Evolución de las barreras de los SIG de participación pública (PPGIS) en la práctica de la planificación espacial[J]. Applied Geography, 2023, 155: 102999.
- [13] YANG Junyan, ZHANG Xun, SHI Yi, et al. Ver objetos y personas: exploración del diseño urbano basada en retratos digitales de la población urbana[J]. Urban Planning Forum, 2025(4): 41-49.
- [14] CHEN Jun, ZHANG Shanqi, ZHANG Bing, et al. Direcciones de desarrollo para potenciar la planificación territorial y espacial con información espacio-temporal[J]. Urban Planning Forum, 2025(2): 20-27.
- [15] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. Potenciar la planificación urbana con inteligencia artificial de nueva generación: oportunidades y desafíos[J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11.
- [16] CHEN Yourong, ZHANG Lina. Reflexiones sobre la transformación digital de la planificación detallada bajo el sistema de planificación territorial y espacial: el caso del área Nanhu en Fuzhou[J]. Urban Planning Forum, 2025(4): 96-102.
- [17] MA Chenxi, YANG Jianqiang, XU Zun, et al. Reforma y ajuste adaptativo de la planificación detallada reguladora en el contexto de la planificación territorial y espacial[J]. Urban Development Studies, 2025, 31(1): 26-32.
- [18] WU Songtao, WANG Jingyuan, WEN Shipeng, et al. Jerarquía, respuesta y coordinación: evolución y reflexión sobre unidades de planificación detallada orientadas a la optimización de herramientas de nivel meso[J]. City Planning Review, 2025, 49(1): 97-107.

- [19] WU Zhiqiang, SHEN Qingji, WANG Yajuan, et al. Nuevo paradigma de planificación: planteamiento conceptual, sistema metodológico y trayectoria práctica[J]. Urban Planning Forum, 2025(6): 11-17.
- [20] KACZMAREK I, IWANIAK A, SWIETLICKA A, et al. Enfoque de aprendizaje automático para integrar planes de desarrollo espacial basado en procesamiento del lenguaje natural[J]. Sustainable Cities and Society, 2022, 76.
- [21] DENG Z Y, FU X Y, LI C S. Automatización de la extracción de políticas urbanas: marco basado en grandes modelos de lenguaje para extraer políticas locales de calor de documentos de planificación[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2025.
- [22] SILVENNOINEN H, CHADZYNSKI A, FARAZI F, et al. Enfoque de web semántica para regulaciones de uso del suelo en planificación urbana: la ontología OntoZoning de zonas, usos del suelo y programas para Singapur[J]. Journal of Urban Management, 2023, 12(2): 151-167.
- [23] NIU Xinyi, LIU Sihan, SANG Tian, et al. Aprendizaje profesional de grandes modelos: construcción de un modelo de generación de imágenes que incorpora conocimientos de diseño de morfología espacial urbana[J]. Urban Planning Forum, 2025(1): 55-63.
- [24] YAN Fengying, LU Yunmo. Método de cognición urbana dinámica y aplicaciones de microescenarios basadas en grafos de conocimiento[J]. Urban Planning Forum, 2025(5): 39-46.
- [25] YANG Junyan, ZHU Xiao, SHAO Dian. Mirada retrospectiva a la historia: evolución centenaria y tendencias futuras de las tecnologías de diseño urbano basadas en grafos de conocimiento[J]. Urban Planning Forum, 2021(6): 20-27.
- [26] ZHANG W S Q, CHEN Y M, LIU X P, et al. Enfoque basado en grandes modelos de lenguaje para construir el grafo de conocimiento de un plan maestro: caso de Guangzhou, China[J]. Land Use Policy, 2025, 159: 106395.
- [27] ZHU H, ZHANG W J, HUANG N X, et al. PlanGPT: mejorar la planificación urbana con un modelo de lenguaje especializado y recuperación eficiente[J/OL]. ArXiv Preprint, 2024.
<https://arxiv.org/abs/2402.19273>.
- [28] WU Zhiqiang, YAN Juan, XU Haowen, et al. Diez temas clave anuales en el desarrollo de la disciplina de planificación urbana y rural, 2024-2025[J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8-11.
- [29] WOOLDRIDGE M, JENNINGS N R. Agentes inteligentes: teoría y práctica[J]. Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152.
- [30] WANG L, MA C, FENG X Y, et al. Revisión de agentes autónomos basados en grandes modelos de lenguaje[J]. Frontiers of Computer Science, 2024, 18(6): 186345.
- [31] ZHAO Guangying, LIU Shujuan. Reflexión sobre la lógica de orientación y control de la planificación desde la perspectiva de los actos administrativos: contenido obligatorio y control rígido[J]. Urban Planning Forum, 2025(5): 31-38.

Traducción asistida por IA