

Paradigma teórico y metodología del diagnóstico espacial territorial asistido por IA

LIU Xiaochang, WU Zhiqiang

Resumen: Ante las complejas enfermedades urbanas que emergen dentro del espacio territorial, el diagnóstico espacial territorial suele caer en un tratamiento sintomático fragmentado y en la adopción de decisiones basadas en la experiencia apresurada durante la práctica de planificación, que puede convertir la planificación espacial en un ejercicio abstracto separado de la realidad. Aunque las tecnologías de IA con un razonamiento holístico de alto nivel y racionalidad ecológica muestran un potencial sustancial para mejorar la racionalidad científica de la planificación territorial, los paradigmas teóricos eficaces y los métodos operacionales para el diagnóstico espacial territorial asistido por IA siguen siendo insuficientes. Partiendo de las características teóricas y tareas centrales del diagnóstico espacial territorial, este trabajo revisa la trayectoria de desarrollo de las tecnologías de diagnóstico e identifica los desafíos que enfrenta su transformación inteligente. Sobre esta base, construye un paradigma de Dual-Helix y un marco de Diamantes para el diagnóstico espacial territorial bajo inteligencia híbrida de máquina humana, y propone además cinco direcciones para los cambios en los métodos cognitivos y de acción y seis sistemas para mejorar los métodos de trabajo después de que la IA se introduzca en el diagnóstico espacial territorial. Se espera que el marco propuesto aborde sistemáticamente los problemas y síntomas del diagnóstico espacial territorial tradicional, mejore la racionalidad científica de la planificación territorial y promueva el desarrollo sostenible del espacio territorial.

Palabras clave: diagnóstico territorial espacial; tecnología de inteligencia artificial; paradigma teórico; métodos cognitivos y de acción; leyes espaciales; inteligencia híbrida de la máquina humana

Desde el período de reforma y apertura, el espacio territorial de China ha sufrido una rápida urbanización a una escala raramente vista en la historia humana. Han surgido diversos efectos negativos y enfermedades urbanas y ahora plantean graves amenazas para el desarrollo sostenible del espacio territorial. Cuando se enfrentan a trastornos espaciales muy diversos, el diagnóstico espacial territorial suele tratar los síntomas de manera fragmentada y se basa en decisiones apresuradas basadas en la experiencia en la práctica de planificación espacial rápida. Esto puede convertir la planificación espacial en un ejercicio abstracto separado de las condiciones reales.

Para mejorar aún más la racionalidad de la planificación espacial, los académicos en el terreno han explorado las bases intelectuales del diagnóstico espacial territorial y sus tecnologías de apoyo, incluyendo la digitalización, la informatización y la inteligenteización [1]. La profesión de planificación también ha emitido normas relativas al examen y evaluación territoriales de salud espacial [2]. Por consiguiente, se ha adoptado gradualmente un sistema teórico, metodológico y técnico para identificar y prevenir los trastornos espaciales territoriales. Las tecnologías de apoyo para el diagnóstico espacial territorial pueden dividirse ampliamente en dos tipos. La primera es la tecnología basada en el conocimiento. El examen y evaluación territoriales de la salud, por ejemplo, construye bases de conocimientos especializados, extrae conocimientos en sistemas de indicadores y ajustes de indicadores específicos, y luego utiliza estas normas para realizar exámenes y evaluaciones [3-5]. Sistemas de apoyo a la planificación basados en reglas de si-entonces traducen el conocimiento en reglas estandarizadas ejecutables por máquinas [6-7]. La segunda es la tecnología basada en datos. El aprendizaje de la máquina ya no se basa únicamente en conocimientos extraídos explícitamente; mediante la capacitación, validación y pruebas en conjuntos de datos masivos, obtiene conocimientos que son de muestreo completo en lugar de basados en muestras, orientados a la eficiencia en lugar de orientados a precisión, y basados en correlación en lugar de causalidad, y luego lo utiliza para el diagnóstico de problemas [7-8]. Las tecnologías

recientes de IAGC, incluyendo DeepSeek, ChatGPT, Midjourney y Gemini, se basan en modelos generales grandes e incorporan técnicas de capacitación, generación aumentada de recuperación y agentes. Hacen posible construir grandes modelos profesionales e industriales para la planificación espacial y generar diversos productos como los informes de examen territorial de salud espacial [9].

Sin embargo, cuando estos dos tipos de tecnologías de apoyo se examinan conjuntamente, quedan muchas dificultades prácticas. La dificultad de la tecnología basada en el conocimiento radica en la extracción efectiva y la expresión exacta del conocimiento. Esta dificultad se origina en las características integrales, inclusivas, equilibradas, orientadas a la ley, ecológicas y sostenibles de la planificación espacial [10]. La tecnología impulsada por datos evita el problema de la extracción y expresión del conocimiento, pero el conocimiento de la caja negra todavía crea limitaciones en la dependencia de datos, la interpretación de resultados, la transferencia cognitiva y la credibilidad de la decisión, y por lo tanto no puede mejorar exhaustivamente la científica del diagnóstico espacial territorial [11].

Aun así, la oleada de tecnología de IA en la planificación espacial continúa desarrollando y ha ejercido una influencia cada vez más profunda en el diagnóstico espacial territorial [8, 10]. En este contexto, es necesario reconsiderar la aplicación de la IA en este campo. ¿Cómo se puede construir sistemáticamente un paradigma teórico y una arquitectura modelo para el diagnóstico espacial territorial asistido por IA? ¿Cómo se pueden aclarar completamente los cambios en los métodos cognitivos y de acción después de la intervención de IA? Estas preguntas son fundamentales para superar los déficits de racionalidad técnica del diagnóstico espacial territorial tradicional, incluida la dificultad de percibir las preocupaciones públicas, rastrear los flujos, distinguir las trayectorias, siguiendo leyes y demostrando efectos [12].

1 Características teóricas y tareas principales del diagnóstico espacial territorial

1.1 Características teóricas del diagnóstico espacial territorial

1.1.1 Orientación hacia leyes objetivas

El razonamiento deductivo es uno de los métodos más utilizados en el diagnóstico clínico, y ofrece una referencia efectiva para las características teóricas del diagnóstico espacial territorial [13]. El razonamiento deductivo comienza con leyes comunes o universales y, al compararlas con criterios de diagnóstico [14], alcanza una comprensión de objetos individuales [15].

La hipótesis básica del diagnóstico espacial territorial es que el espacio territorial es un órgano viviente con sus propias leyes objetivas de desarrollo y evolución. El diagnóstico determina si estas leyes han sido desviadas, el grado de desviación y las causas de tal desviación. Por lo tanto, el diagnóstico territorial debe reconocer, respetar y seguir las leyes del desarrollo territorial y la evolución [16], asignar recursos limitados a los trastornos que más se desvían de estas leyes y evitar el diagnóstico exagerado o los juicios fragmentados.

1.1.2 Orientación hacia la coordinación múltiple

La medicina basada en pruebas también proporciona una referencia importante para las características teóricas del diagnóstico espacial territorial. La evidencia clínica externa puede informar a la práctica, pero nunca puede sustituir el conocimiento profesional en contextos clínicos individuales. Este conocimiento profesional determina si la evidencia externa se aplica a un paciente específico. Del mismo modo, al decidir si la condición clínica, el contexto y las preferencias de un paciente coinciden con la experiencia del médico. La idea fundamental de la medicina basada en evidencia es, por tanto, combinar evidencia clínica, experiencia médica y preferencias de pacientes en la formulación colaborativa de decisiones médicas [17].

Por analogía, el diagnóstico espacial territorial combina el cuerpo de evidencia de trastornos espaciales, la experiencia práctica de los planificadores y las preocupaciones urgentes de los interesados. Sobre esta base,

elabora de forma colaborativa métodos de diagnóstico y planes de tratamiento para los trastornos territoriales espaciales, para lograr el mejor efecto diagnóstico y terapéutico posible.

1.1.3 Orientación hacia la evolución temporal

La toma de antecedentes médicos es otro método común en el diagnóstico clínico. Un historial médico registra principalmente síntomas y el proceso y resultado de su aparición, desarrollo, diagnóstico y tratamiento [18], apoyando así el diagnóstico y tratamiento precisos de enfermedades [14].

Del mismo modo, el espacio territorial es un complejo cuerpo de vida compuesto por innumerables procesos y elementos. Su proceso evolutivo implica conceptos como la crítica, el umbral, la sorpresa y la transición de fase [19]. Por lo tanto, el diagnóstico territorial hace más que juzgar problemas. También considera el calendario, el proceso de desarrollo y el plan de tratamiento de los trastornos espaciales, y simula aún más la evolución de los trastornos bajo diferentes planes de tratamiento. De esta manera, anticipa diferentes efectos de tratamiento y desplaza el diagnóstico espacial territorial de una práctica orientada hacia el diagnóstico orientado hacia el futuro.

1.1.4 Orientación hacia la Formación Mutua de Formas y Flujos

La planificación territorial territorial toma formas espaciales como principal objeto de gestión e intervención, mientras que el funcionamiento ordenado y eficiente de los flujos espaciales es un objetivo más profundo de la planificación territorial [20]. La formación mutua de formas y flujos trata el espacio territorial como un cuerpo vivo y enfatiza flujos con atributos naturales objetivos, intenciones de movilidad subjetiva y estándares de valor [1]. Por lo tanto, el objeto del diagnóstico espacial territorial no es sólo formas como edificios, ríos y carreteras, sino también flujos naturales, flujos de personas, flujos logísticos, flujos económicos, flujos funcionales e flujos de información, así como las interacciones entre formas y flujos.

1.2 Principales etapas del diagnóstico territorial espacial

En la medicina moderna, el diagnóstico de enfermedades generalmente incluye recopilar datos clínicos; analizar, sintetizar y evaluar datos; proponer un diagnóstico preliminar; y verificar o revisar el diagnóstico [14]. Este procedimiento para entender la enfermedad no puede ser omitido, saltado o invertido ocasionalmente.

Partiendo de este flujo de trabajo, el diagnóstico espacial territorial puede dividirse en cinco tareas: percepción de sentimiento, aprendizaje de pruebas, inferencia explicativa, juicio pronóstico y prescripción.

La percepción de sentir obtiene datos e información pertinentes sobre el espacio territorial. El aprendizaje de pruebas mide las leyes del desarrollo territorial y la evolución como criterios de diagnóstico. La inferencia explicativa identifica el grado de desviación de estas leyes y las causas de la desviación. El juicio pronóstico simula efectos a corto y largo plazo después de la auto-recuperación o intervención espacial, incluyendo recuperación, transición y progresión. La prescripción hace suplementos y revisa la auto-recuperación espacial o la intervención de planificación y propone estrategias de optimización.

2 Trayectoria de desarrollo de tecnologías de diagnóstico espacial territorial y desafíos de transformación inteligente

2.1 Tres etapas en el desarrollo de tecnologías de diagnóstico espacial territorial

La trayectoria de desarrollo de las tecnologías territoriales de diagnóstico espacial puede dividirse en tres etapas.

2.1.1 Etapa I: Experiencia de casos y tecnología de investigación manual

Un método común de diagnóstico espacial territorial es tomar materiales de caso como objetos de investigación, resumir la experiencia de ellos y formar posibles conclusiones causales [1]. Sin embargo, la racionalidad de este

enfoque se ve limitada por la acumulación de conocimientos de los profesionales. Se enfrenta tanto a la dificultad de la verificación como a la limitación de la falsificación [21], y a menudo se critica por la fuerte subjetividad, la alta arbitrariedad y la débil ciencia [22].

2.1.2 Etapa II: Visualización de datos, sistemas de expertos y algoritmos modelo

Con el rápido desarrollo de conjuntos de datos geográficos basados en la ubicación, como datos de señalización móvil [23], datos GPS [24], trayectorias de taxi [25], datos de tarjetas inteligentes de autobús [26] y puntos de interés (POI) [27], la tecnología de visualización de datos ha proporcionado nuevas perspectivas y métodos para observar, comprender y analizar problemas espaciales territoriales [1]. Marca una transición clave de la percepción a la cognición [28].

Tecnología modelo profesional introduce estadísticas matemáticas para realizar computación compleja dentro de un marco teórico claro. Por ejemplo, Yu Yajuan et al. [29] construyó un modelo de evaluación integrado para la salud territorial espacial que combina funciones de membresía trapezoidal, un método mejorado de desviación media cuadrada y una distancia euclidiana ponderada. Wu Zhiqiang et al. [5] utilizaron la búsqueda de proyección para diagnosticar los beneficios ecológicos, económicos y sociales del uso espacial territorial en China.

La tecnología de apoyo a las decisiones generales integra la tecnología informática sobre la base de la visualización de datos y el modelado profesional para formar sistemas de apoyo a la planificación de la percepción [30-31], proporcionando así apoyo científico y racional al diagnóstico espacial territorial. Klosterman [6], por ejemplo, desarrolló el sistema de diagnóstico de capacidad terrestre QUÉ SI. La tecnología general de apoyo a las decisiones también ha producido logros notables en etapas de diagnóstico posteriores. Li Xia et al. [32] utilizaron automata celular para analizar mecanismos de crecimiento territorial espacial. En general, la tecnología general de apoyo a la decisión clasifica decisiones alternativas según ciertas reglas y objetivos de decisión, y es una acción basada en la representación del conocimiento y el razonamiento [33].

2.1.3 Etapa III: Tecnología de Inteligencia Artificial

La tecnología IA forma estudiantes fuertes combinando estudiantes débiles de diferentes maneras para realizar computación, aprendizaje y razonamiento complejos. Incluye principalmente aprendizaje automático, aprendizaje profundo y aprendizaje de refuerzo. El aprendizaje automático utiliza factores de control de insumos y soluciones de salida como datos de capacitación, calcula la asignación entre insumos y productos, y se ha utilizado ampliamente en la identificación de funciones espaciales territoriales y la evaluación de beneficios de uso [33]. Los algoritmos comunes incluyen árboles de decisión y máquinas vectoriales de soporte [27, 34-36]. El aprendizaje profundo adopta arquitecturas ocultas multicapas y una estrategia jerárquica de preentrenamiento que incluye formas discriminatorias, generativas e híbridas. Fortalece eficazmente la extracción de características y el aprendizaje de leyes [37], y tiene amplias aplicaciones en el procesamiento, análisis, comprensión y cognición de imágenes espaciales territoriales [38]. Los algoritmos comunes incluyen redes de creencias profundas y redes neuronales convolutivas [39]. El aprendizaje de refuerzo maximiza la recompensa acumulativa obtenida por un agente de su entorno para que pueda aprender una estrategia óptima para alcanzar un objetivo. Pone mayor énfasis en estrategias de aprendizaje para resolver problemas territoriales de diagnóstico espacial, y comúnmente utiliza algoritmos como Q-learning y métodos críticos actor [40]. En general, la tecnología IA no es lineal, de aprendizaje adaptativo y multidireccional. Puede manejar escenarios complejos y tiene un potencial sustancial en el diagnóstico espacial territorial.

2.1.4 Diferencias en la aplicabilidad, mecanismos y capacidades básicas de las tres etapas

La comparación de las tres etapas muestra que la tecnología IA difiere fundamentalmente en las condiciones de aplicabilidad, la lógica del mecanismo y las capacidades básicas (tabla 1). Puede compensar más eficazmente los déficits de racionalidad técnica del diagnóstico espacial territorial tradicional y sienta una base importante para construir el paradigma teórico del diagnóstico espacial territorial asistido por IA.

2.2 Limitaciones en la transformación inteligente de tecnologías de diagnóstico espacial territorial

Aunque las tecnologías inteligentes proporcionan un apoyo útil para el diagnóstico espacial territorial, sigue siendo necesario preguntar si estas tecnologías coinciden realmente con sus características teóricas y si mejoran sus tareas básicas. En la actualidad, las limitaciones en la transformación inteligente de las tecnologías territoriales de diagnóstico espacial pueden resumirse en cuatro aspectos.

2.2.1 Limitación I: Insuficiente atención a las características similares a la vida del espacio

A nivel macroeconómico, los estudios actuales del diagnóstico espacial territorial abordan principalmente los ecosistemas espaciales territoriales [29], utilizan el rendimiento y el diagnóstico de factor de obstáculo [41]. A nivel micro, abordan principalmente la ubicación funcional [42], el espacio público abierto [43] y el diagnóstico ambiental comunitario [44]. En general, la mayoría de los estudios se centran en un sistema de planificación particular, subsistema o tipo espacial. Aunque los estudiosos han realizado análisis bionicos sistemáticos de la arquitectura funcional del diagnóstico espacial territorial [1], los marcos teóricos sistemáticos orientados hacia las características de la vida del espacio siguen siendo insuficientes. Por lo tanto, la introducción de la IA en el diagnóstico espacial territorial debe retornar a la premisa filosófica de que el espacio territorial es un cuerpo de vida complejo que contiene innumerables procesos y elementos, para mejorar características teóricas como leyes objetivas, coordinación múltiple, evolución temporal y formación mutua de formas y flujos.

2.2.2 Limitación II: Insuficiente atención a las leyes espaciales objetivas

Las tecnologías clásicas de diagnóstico a menudo calculan la media o mediana de muestras de evidencia comparables como norma. Esta norma cambia con el nivel general de los órganos de pruebas en el mismo período y está menos restringida por el sesgo causado por un valor estándar basado en la experiencia. Sin embargo, las muestras de insumos a menudo carecen de interpretabilidad con respecto al proceso de decisión y su base. Como resultado, siguen ausentes las normas diagnósticas orientadas hacia leyes espaciales objetivas, que pueden conducir a un diagnóstico exagerado o a juicios fragmentados. Las razones son triples. First, IA technologies have not fully served the mining of objective laws and the formulation of evaluation standards. En segundo lugar, la investigación sobre la tecnología IA ha prestado escasa atención a ayudar a las personas a comprender el proceso de decisión y la base de cada muestra de entrada [45]. En tercer lugar, las tecnologías de IA confiables, fiables y explicables no se han aplicado plenamente a los mecanismos, efectos y estrategias de optimización que se ocupan del diagnóstico espacial territorial.

2.2.3 Limitation III: Insufficient Evidence-based Hybrid Intelligence

El diagnóstico espacial territorial actual se puede resumir en dos modos: los humanos introducen datos y máquinas ejecutando pasivamente; o se ignora la conciencia humana y las máquinas generan directamente salidas. Los métodos utilizados por los modelos IA son esencialmente métodos empíricos y basados en la retroalimentación como clasificación, inducción y ensayo y error. Son metodológicamente incompletas para el diagnóstico espacial territorial y dependen en gran medida de la experiencia similar y la anotación de datos humanos. La inteligencia que simulan a menudo sólo puede generalizarse a dominios similares limitados, a saber, la generalización local, y es difícil extenderse a todos los dominios, a saber, la generalización mundial. Por lo tanto, su resistencia a las condiciones cambiantes es limitada. Para generar datos, desarrollar algoritmos y evaluar los resultados se requiere colaboración humana-máquina.

2.2.4 Limitación IV: Falta de un marco técnico orientado a tareas

Por un lado, los estudios existentes de diagnóstico espacial territorial se fragmentan y dispersan. A menudo hacen avances profundos en problemas específicos en un determinado sistema, pero carecen de un marco general del sistema técnico. Por otra parte, las tecnologías diagnósticas a menudo se centran en mejorar sus propios algoritmos, computar el poder y los datos, mientras que carecen de marcos técnicos orientados hacia las principales tareas del diagnóstico espacial territorial, incluyendo la percepción de sentimiento, el aprendizaje de pruebas, la inferencia explicativa, el juicio pronóstico y la elaboración de recetas. Las razones también son triples. En primer lugar, el objetivo técnico no se centra en servir las tareas centrales del diagnóstico espacial territorial. En segundo lugar, los profesionales de la planificación espacial tienen una comprensión limitada del paradigma teórico y los métodos de pensamiento del diagnóstico espacial territorial asistido por IA. En tercer lugar, los algoritmos pertinentes aún no se han ajustado con precisión a las tareas centrales de diagnóstico.

3 Paradigma teórico y arquitectura modelo para el diagnóstico espacial asistido por IA

3.1 El paradigma de doble helix de diagnóstico espacial asistido por IA

En el diagnóstico territorial espacial, la intervención de IA debe seguir cuatro principios.

El principio 1 es la IA centrada en datos. Basado en conocimientos previos, el enfoque cambia hacia la mejora y el enriquecimiento de datos efectivos para algoritmos de entrenamiento.

El principio 2 es la IA modelo. Mediante la captura de la IA o las relaciones causales pertinentes, mejora la interpretación, la robustez y la adaptabilidad, y reduce el sesgo sistemático de IA.

El principio 3 es la IA centrada en aplicaciones. Se requiere una comprensión clara de cómo la planificación territorial toma decisiones y cómo el diagnóstico espacial territorial puede mejorar la racionalidad científica de la planificación.

El principio 4 es la IA centrada en el ser humano. Su propósito es empoderar a la toma de decisiones humanas, no sustituirla.

3.2 Marco de Diamante de Diagnóstico Espacial Territorial asistido por IA

En los estudios existentes, la tecnología de IA suele incorporarse en el campo de investigación de las nuevas tecnologías para la planificación territorial, mientras que todavía no se ha formado una teoría dedicada al diagnóstico espacial territorial inteligente. Este estudio propone el paradigma Dual-Helix del diagnóstico espacial territorial asistido por IA (Fig. 1).



Fig. 1 Paradigma de doble hélice del diagnóstico espacial territorial asistido por IA

Específicamente, el diagnóstico territorial inteligente toma el espacio territorial como un cuerpo de vida complejo como su idea rectora y las leyes objetivas del desarrollo y la evolución territoriales como base fundamental. Da pleno juego a las respectivas fortalezas de los modelos humanos de sabiduría previa y IA en las cinco etapas principales de percepción de sentimiento, aprendizaje de pruebas, inferencia explicativa, juicio pronóstico y elaboración de recetas. Mediante la mejora híbrida en espiral, identifica el estado normal y saludable en el que las formas y flujos se constituyen mutuamente, el grado y las causas de la desviación de este estado, y los puntos de dolor que se desvían seriamente de las leyes objetivas. A continuación, asigna recursos limitados a esos puntos de dolor, persiguiendo así la unidad de entornos naturales y contruidos, la armonía entre múltiples elementos del sistema, y la sostenibilidad de la continuidad de la civilización y la innovación.

3.3 Arquitectura general modelo para el diagnóstico espacial asistido por IA

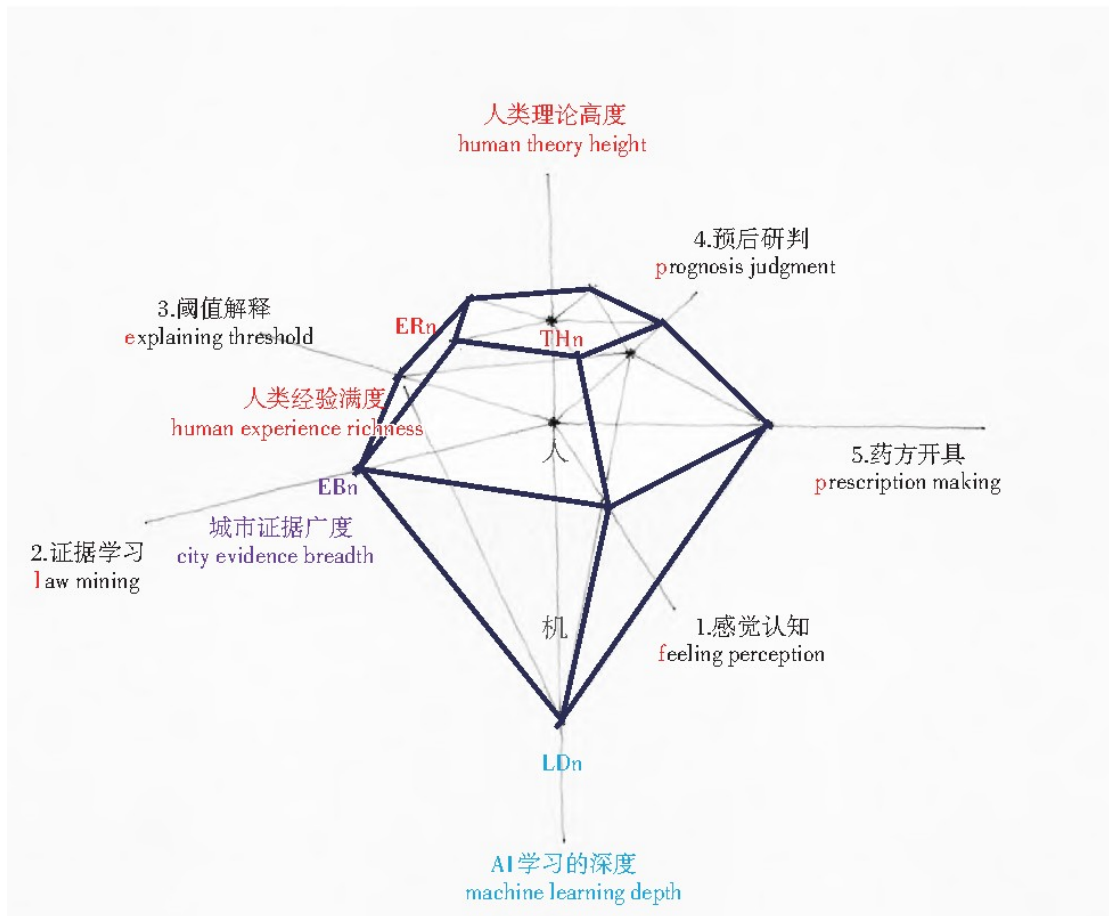


Fig. 2 Marco diamante del diagnóstico espacial territorial asistido por IA

Basado en el paradigma Dual-Helix del diagnóstico espacial territorial inteligente, este estudio incrusta modelos humanos de sabiduría previa y de inteligencia artificial en las cinco etapas principales del diagnóstico espacial territorial y construye un modelo de Diamante humano en la plataforma para el diagnóstico inteligente mejorado híbrido. Como se muestra en la Fig. 2, el modelo consiste en un frusto pentagonal que representa la sabiduría humana anterior y una pirámide pentagonal que representa los modelos IA. Su volumen combinado indica el rendimiento general del modelo de diagnóstico inteligente mejorado híbrido para el espacio territorial.

4 Cambios en los métodos cognitivos y de acción después de introducir la IA en el diagnóstico territorial

4.1 From One-way Passivity to Collective Initiative

El método de pensamiento pasivo de un solo sentido contiene dos significados. En primer lugar, el tratamiento unilateral del dolor de cabeza al tratar el dolor de cabeza y pie al tratar el pie niega la influencia de otros sistemas fuera del sistema y discute el sistema sólo dentro de sí mismo [46]. En segundo lugar, la pasividad significa que el diagnóstico suele depender de la voluntad personal, los hábitos, la experiencia y las preferencias, y trata el análisis de estatus rutinizado y formalizado como diagnóstico espacial territorial. Este diagnóstico a menudo termina apresuradamente y se convierte en análisis por su propio bien [8].

Después de la intervención de IA, el método de pensamiento del diagnóstico espacial territorial se mueve hacia la iniciativa colectiva. En comparación con un modo de una sola vía, un modo colectivo requiere tanto caminos de pensamiento multisistema como coordinación entre ellos. En comparación con la pasividad, la iniciativa se basa en las capacidades de IA para la percepción de múltiples fuentes, el aprendizaje profundo, el razonamiento riguroso, la retroalimentación sensible y el apoyo a la decisión para realizar un examen activo de las

características de desarrollo espacial territorial y los efectos de planificación de la implementación [47]. Por lo tanto, el diagnóstico espacial se considera una tarea tan importante como la planificación espacial.

4.2 De Flujo determinado por Forma a la Formación Mutua de Formas y Flujos

El método de pensamiento de flujo determinado de forma toma forma espacial física como el principal objeto diagnóstico, considera los flujos como apéndices de forma física y presta atención limitada a los flujos mismos. La formación mutua de formas y flujos considera las corrientes en el espacio territorial como el origen de las formas. Si una forma no se ajusta a las leyes de demanda de corrientes, las corrientes se bloquean y la salud del espacio territorial se ve afectada. Por lo tanto, el diagnóstico territorial debe diagnosticar el estado de salud de los flujos y juzgar si las formas se ajustan a las leyes de demanda de los flujos, de modo que las formas puedan seguir mejor los flujos y asegurar una circulación fluida [1].

4.3 De Diagnóstico orientado a la experiencia a Diagnóstico orientado a la ley

El diagnóstico orientado a la experiencia tiene dos características. Primero, es lineal. El diagnóstico espacial territorial tradicional se basa a menudo en experiencias pasadas y se basa en caminos lineales de razonamiento, lo que dificulta la adaptación a la complejidad no lineal del espacio territorial. Segundo, es rígido. El diagnóstico tradicional tiende a esperar resultados que se ajusten a los conocimientos y la experiencia existentes, y por lo tanto conlleva subjetividad inherente.

Después de introducir IA en el diagnóstico espacial territorial, el método de pensamiento cambia hacia el diagnóstico orientado a la ley de dos maneras. En primer lugar, el hábito del muestreo aleatorio y la resummarización de la experiencia fragmentada basada en la voluntad personal es revocado y reemplazado por la revelación de leyes territoriales de desarrollo y evolución y el diagnóstico de las desviaciones de esas leyes. En segundo lugar, el simple uso de valores de datos altos o bajos como estándares de evaluación buenos o malos es reemplazado por el concepto farmacológico de dosis efectiva. Esto aclara la dosis mínima efectiva y la dosis máxima tolerada para la corrección de la ley y asigna recursos limitados a los puntos de dolor con serias desviaciones de las leyes.

4.4 Diagnóstico Estatal a Diagnóstico Pronóstico

El diagnóstico estatal se refiere al uso de ciertos métodos analíticos y de examen para comprender y evaluar el estado operativo y la condición de desarrollo de un espacio territorial específico, descubrir problemas e identificar sus causas. Incluye el diagnóstico de estados históricos y actuales [1].

Una visión clásica sostiene que la buena gobernanza trata la enfermedad antes de que aparezca y el trastorno antes de que ocurra. En la medicina, el pronóstico se utiliza para predecir el desarrollo probable o esperado de la enfermedad, incluyendo si los signos y síntomas mejorarán, empeorarán o permanecerán estables con el tiempo, y la posibilidad de complicaciones y problemas de salud relacionados [48]. El diagnóstico territorial territorial se enfrenta a un requisito similar. No puede saber sólo el pasado reciente sin entender el futuro. Por lo tanto, el pronóstico es una necesidad urgente y una dificultad técnica clave en la planificación. La tecnología IA puede simular y predecir los posibles estados futuros y posibles problemas del espacio territorial sobre la base de sus leyes objetivas de desarrollo y evolución. Puede ayudar a resolver problemas antes de que ocurran y cambiar el diagnóstico espacial territorial del diagnóstico estatal hacia el diagnóstico pronóstico.

4.5 From Human-machine Separation to Human-machine Collaborative Intelligence

La separación humana-máquina también contiene dos significados. En primer lugar, el diagnóstico territorial se basa completamente en el conocimiento humano previo, y la selección subjetiva se utiliza para elegir casos y datos que verifican la experiencia pasada y predeterminan problemas espaciales. En segundo lugar, el diagnóstico depende completamente de los modelos IA. En la actualidad, los modelos IA siguen siendo

metodológicamente incompletos para el diagnóstico espacial territorial y dependen en gran medida de la experiencia y la anotación humana anteriores. Su inteligencia simulada a menudo alcanza sólo la generalización local en lugar de global, y su capacidad para resistir la interferencia en condiciones cambiantes es limitada [49]. Por lo tanto, el diagnóstico espacial territorial debe integrar los modelos humanos previos y de inteligencia artificial y avanzar hacia la inteligencia colaborativa de la máquina humana. Esto se expresa a través de la mejora híbrida de la máquina-humana, mejora espiral y simbiosis iterativa. Los seres humanos poseen una fuerte capacidad teórica de construcción y un juicio inductivo para los trastornos territoriales espaciales, mientras que la IA puede revelar cuantitativamente las leyes objetivas del desarrollo y la evolución territoriales espaciales, determinar estados de desviación, grados y causas clave, y, desde la perspectiva de las recetas compuestas, prever la posición de los factores clave y sus efectos combinados en una receta para formular un plan de tratamiento coordinado.

5 Sistemas para mejorar los métodos de trabajo en el diagnóstico espacial asistido por IA

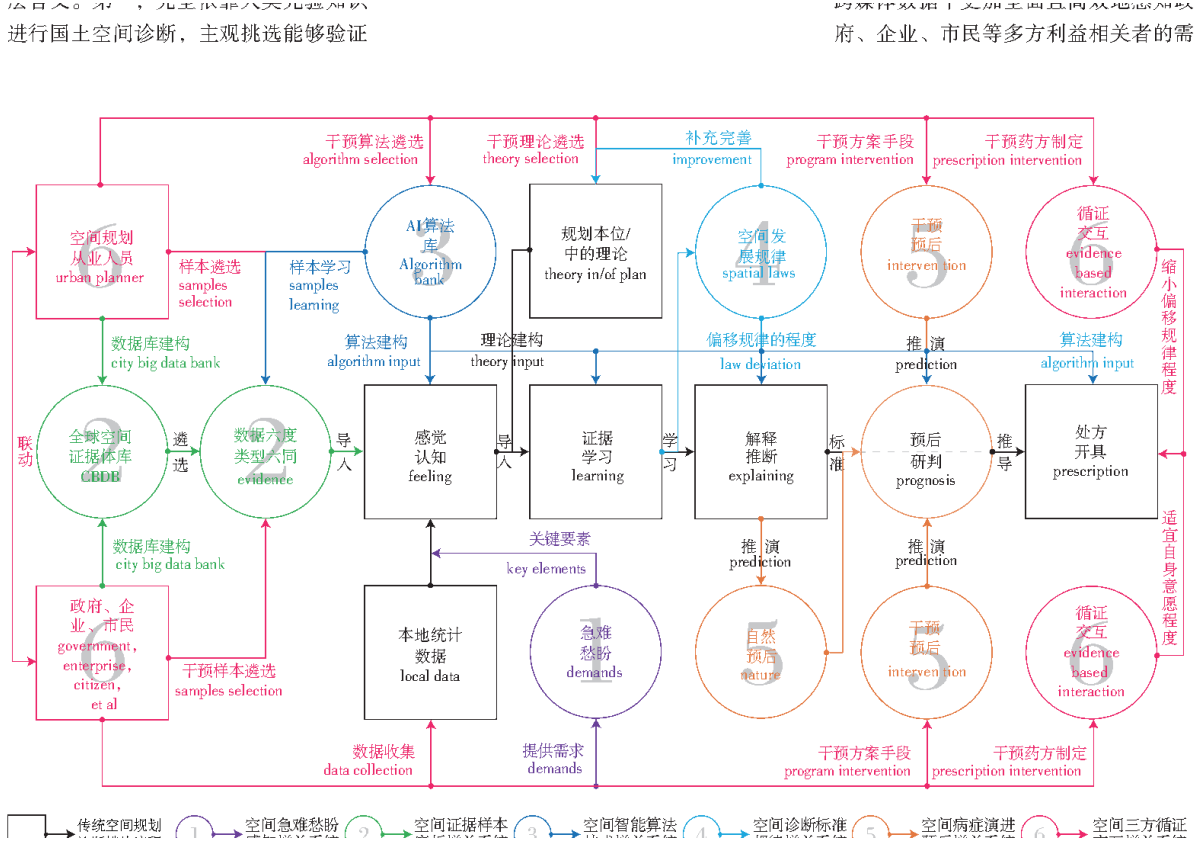


Fig. 3 Seis sistemas para mejorar los métodos de trabajo en el diagnóstico espacial territorial asistido por IA

En el diagnóstico espacial territorial tradicional, el flujo de trabajo básico es introducir datos de panel estático y de baja frecuencia, llevar a cabo el aprendizaje de pruebas mediante un procedimiento de cálculo específico, y luego juzgar problemas espaciales territoriales. En respuesta a las deficiencias de este proceso, el diagnóstico espacial territorial asistido por IA incluirá seis sistemas para mejorar los métodos de trabajo (Fig. 3), que ya se han aplicado eficazmente en varios proyectos de diagnóstico espacial territorial en China.

5.1 Sistema de mejora de las necesidades espaciales urgentes

El diagnóstico espacial territorial tradicional generalmente comprende las preocupaciones urgentes de múltiples partes interesadas mediante entrevistas y clasificación manual y resumición. En la práctica, sin embargo, los centros narrativos de estas fuentes son a menudo diferentes. La introducción de la tecnología de inteligencia

artificial permite percibir las necesidades de los gobiernos, las empresas, los ciudadanos y otros interesados de manera más amplia y eficiente de los datos masivos de los medios de comunicación, incluyendo imágenes, textos, vídeos y audio.

5.2 Sistema de mejora de las bases de referencia para muestras de pruebas espaciales

Un banco global de pruebas espaciales tiene las características de seis dimensiones de datos y seis similitudes de tipo. Las seis dimensiones de datos se refieren a la mejora y expansión continua de la dimensión, amplitud, granularidad, frecuencia y velocidad de los datos heterogéneos de múltiples fuentes. Estas mejoras permiten revelar con mayor precisión las leyes de desarrollo territorial y evolución y construir un banco mundial de pruebas espaciales a gran escala.

Las seis similitudes de tipo se refieren a la similitud en el espacio regional, el espacio de terreno, el espacio de escala, el espacio morfológico, el espacio de propiedad y el espacio de etapa [10]. La medicina clínica a menudo muestra diferencias importantes entre adultos y niños, hombres y mujeres y jóvenes y ancianos. Del mismo modo, el espacio territorial es un cuerpo de vida complejo. Su gestación, nacimiento, desarrollo, mutación, renovación, declive y evolución no son sólo movimientos físicos de simple a complejo, desorden al orden y niveles inferiores a más altos. También muestran diferentes características de vida según región, terreno, escala, morfología, propiedad y escenario. Por lo tanto, el estudio tipológico de características de vida similares es una premisa clave para establecer científicamente normas de referencia para el diagnóstico espacial territorial [50].

5.3 Sistema de Mejora Técnica para Algoritmos de Inteligencia Espacial

En el diagnóstico espacial territorial, los algoritmos de IA se pueden reorganizar alrededor de cinco niveles, a saber, percepción de sentimiento, aprendizaje de evidencia, inferencia explicativa, juicio pronóstico y elaboración de recetas, formando un sistema de mejora del algoritmo FLEPP.

El nivel 1 requiere algoritmos de inteligencia artificial para percibir las características de desarrollo del espacio territorial y los efectos de implementación de la planificación. Ejemplos incluyen algoritmos de aumento de datos tales como autoencoders de variación y modelos de difusión, y algoritmos de reducción de dimensionalidad tales como autoencoders y redes neuronales convolutivas. El nivel 2 requiere algoritmos de inteligencia artificial para aprender las leyes objetivas del desarrollo territorial y la evolución, utilizando métodos tales como agrupación espectral, máquinas de impulsor gradiente, aprendizaje bayesiano y redes neuronales. El nivel 3 requiere algoritmos de inteligencia artificial para determinar el grado de desviación de las leyes objetivas e inferir las causas de la desviación, utilizando algoritmos globales modelo-agnósticos como diagramas de dependencia parcial y algoritmos modelo-agnósticos locales como SHAP para identificar características importantes y explicar los efectos del umbral.

El nivel 4 requiere algoritmos de inteligencia artificial para juzgar los efectos a corto y largo plazo después de la recuperación o intervención espacial, incluida la recuperación o la progresión. El aprendizaje de árboles de decisión, las redes neuronales y las redes generativas adversarias pueden utilizarse para simulación y predicción. El nivel 5 requiere algoritmos de IA para complementar y revisar la auto-recuperación espacial o la intervención de planificación. El aprendizaje de refuerzo basado en funciones de valor o gradientes de políticas, incluidos marcos de crítica de actores, puede utilizarse para determinar la cartera óptima de estrategias de planificación territorial.

5.4 Sistema de mejora basado en la ley para normas de diagnóstico espacial

La tecnología IA tiene las características de asociación del sistema, pensamiento profundo y pensamiento ecológico. Puede minar las leyes evolutivas del desarrollo territorial mediante el aprendizaje profundo y formular normas de diagnóstico sobre esa base. El espacio territorial abarca la vinculación regional, el medio

ambiente ecológico, la industria económica, la dinámica de ciencia e innovación, la población social, la cultura histórica, los flujos de transporte, la morfología y la función, y la salud, la recreación y la sostenibilidad [51-52]. Implementa las ideas de unidad entre humanos y naturaleza, armonía del sistema y sostenibilidad intergeneracional, y responde a tres trastornos clave: falta de ajuste, a saber, conflicto entre entornos naturales y construidos; falta de armonía, a saber, desequilibrio entre múltiples elementos del sistema; y falta de continuidad, a saber, desconexión entre la continuación de la civilización y la innovación [10]. Estas ideas forman el sistema de mejora de la ley HOS para el diagnóstico espacial territorial.

“感觉认知（feeling）—证据学习（learn-（演员—评论家框架）确定国土空间规划律簇群；③空间康乐永续规律簇群。

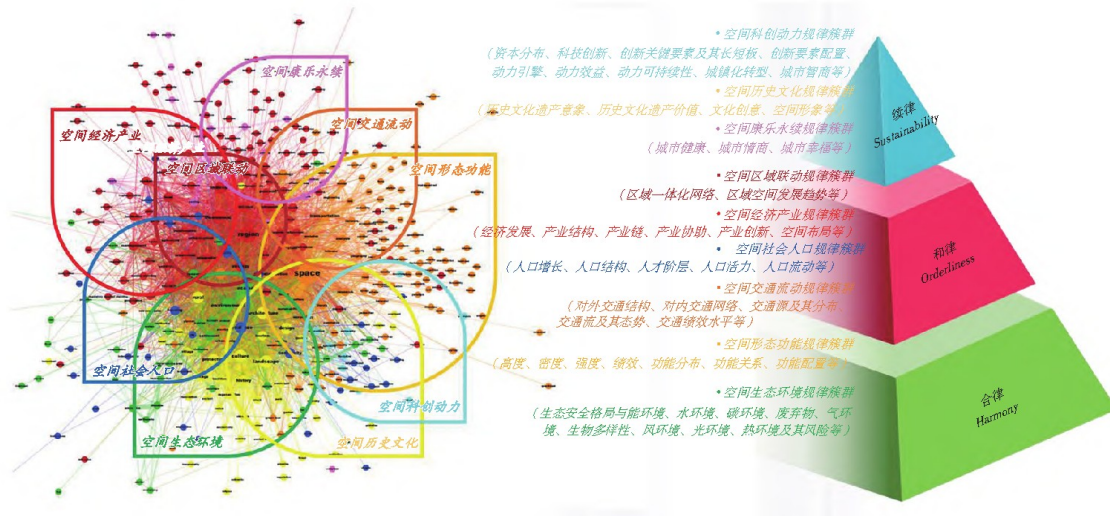


图4 国土空间智能诊断的“HOS”规律增益系统
Fig.4 The "HOS" law gain system of AI-assisted territorial spatial diagnosis

Fig. 4 Sistema de mejora basado en la ley HOS para el diagnóstico espacial territorial

1) La ley espacial del ajuste incluye el grupo de leyes ambientales espaciales. 2) La ley espacial de armonía incluye grupos de leyes para la industria económica espacial, la población social espacial, las corrientes de transporte espacial, la morfología y la función espaciales y la vinculación regional espacial. 3) La ley espacial de continuidad incluye grupos de leyes para la dinámica de la ciencia espacial y la innovación, la cultura histórica espacial y la salud espacial, la recreación y la sostenibilidad.

5.5 Sistema de mejora pronóstico para la evolución de los trastornos espaciales

En la medicina, el pronóstico se refiere a la predicción basada en la experiencia del desarrollo de enfermedades. Puede dividirse en pronóstico natural y pronóstico de intervención, que respectivamente predicen el proceso de desarrollo y las consecuencias de una enfermedad con o sin tratamiento médico o intervención. Del mismo modo, el diagnóstico territorial espacial después de la introducción de la IA añade un sistema de mejora pronóstico para la evolución de los trastornos espaciales. También puede dividirse en pronóstico natural y pronóstico de intervención. En condiciones con o sin intervención de planificación, este sistema simula y predice el proceso de desarrollo y las consecuencias de un trastorno espacial territorial particular sobre la base de las leyes objetivas del desarrollo y la evolución territoriales [53]. El sistema de mejora pronóstico debería prestar especial atención al mecanismo de resiliencia del espacio territorial. Si el mecanismo tiene un efecto positivo, la planificación debe trabajar con él; si tiene un efecto

negativo, la planificación debería mejorarla contra la tendencia [13]. Respetar las leyes de auto-recuperación del espacio territorial reducirá los costos de planificación, que es también una de las bases del diagnóstico espacial territorial.

5.6 Sistema interactivo de mejora de las pruebas tripartitas

El diagnóstico espacial territorial inteligente añade un sistema tripartito de mejora de la interacción basado en las leyes objetivas del desarrollo y la evolución territoriales, la experiencia práctica de los profesionales de la planificación espacial y las preocupaciones urgentes de múltiples partes interesadas. Elabora de forma colaborativa métodos de diagnóstico y planes de tratamiento para los trastornos territoriales espaciales, logrando así efectos óptimos de diagnóstico y tratamiento. La interacción tripartita basada en pruebas se refleja principalmente en seis aspectos.

(1) Los profesionales de la planificación espacial y múltiples partes interesadas pueden intervenir en la selección del sistema de referencia de muestras de evidencia espacial de acuerdo con las seis similitudes del espacio. (2) Pueden intervenir en la construcción de modelos teóricos diagnósticos según la teoría de la planificación (TOP) y la teoría en la planificación (TIP). (3) Pueden intervenir en la selección de modelos técnicos de diagnóstico según la precisión, eficiencia, robustez, interpretación y capacidad de generalización de diferentes algoritmos de inteligencia artificial.

4) Las leyes de desarrollo y evolución territoriales espaciales basadas en el banco mundial de muestras de evidencia espacial mejoran aún más el TOP y el TIP y aumentan aún más la experiencia práctica de los profesionales de la planificación espacial. 5) Los profesionales de la planificación espacial y múltiples interesados pueden intervenir en planes de planificación espacial y simular el proceso y las consecuencias de los trastornos espaciales territoriales. 6) Siguiendo los principios de reducir al mínimo el grado de desviación de las leyes y maximizar la idoneidad a las preferencias de los interesados, los profesionales de la planificación espacial y múltiples interesados formulan conjuntamente planes de prevención y tratamiento de los trastornos espaciales territoriales en una lógica de prescripción coordinada.

6 Conclusión

Promover la integración profunda de la tecnología de IA y el diagnóstico espacial territorial es una necesidad urgente de mejorar las características teóricas del diagnóstico espacial territorial orientado hacia leyes objetivas, coordinación múltiple, evolución temporal y formación mutua de formas y flujos. Guiándose por la idea de que el espacio territorial es un cuerpo de vida complejo y basado en las leyes objetivas del desarrollo y la evolución territoriales espaciales, este estudio construye el paradigma de Dual-Helix y la arquitectura de Diamante para el diagnóstico espacial territorial después de la introducción de la tecnología IA desde las perspectivas de principios, teorías y modelos.

Sobre esta base, el estudio explica cinco direcciones de cambio en los métodos de pensamiento después de que la IA se introduce en el diagnóstico espacial territorial: de la pasividad de un solo sentido a la iniciativa colectiva, del flujo determinado por la forma a la formación mutua de formas y flujos, de la orientación de la experiencia a la orientación de la ley, del diagnóstico estatal al diagnóstico pronóstico, y de la separación de la máquina humana a la inteligencia colaborativa de máquina humana. Propone además seis sistemas para mejorar los métodos de trabajo, a saber, la percepción de preocupaciones urgentes, la base de las muestras de evidencia, la tecnología de algoritmos inteligentes, las leyes de estándares de diagnóstico, el pronóstico de la evolución del trastorno y la interacción tripartita basada en pruebas. Se espera que estos sistemas aborden los problemas y síntomas del diagnóstico espacial territorial tradicional, mejoren aún más la racionalidad científica de la planificación territorial y promuevan el desarrollo sostenible del espacio territorial.

Los autores agradecen a los revisores anónimos sus sugerencias y comentarios, y agradecen a la oficina editorial del Foro de Planificación Urbana su asistencia durante el proceso de publicación.

Notas

1 Por un lado, durante la práctica de las cinco etapas de trabajo del diagnóstico espacial territorial, los practicantes pueden realizar continuamente el aprendizaje humano-cerebro de los cuerpos de evidencia (EBn), mejorando así la altura teórica (THn) y la riqueza experiencial (ERn) del diagnóstico espacial territorial. En general, la riqueza experiencial de un individuo no excede la evidencia de la amplitud del conjunto completo, a saber, $ERn = EBn$, y la sabiduría humana previa se fortalece de manera integral. Por otro lado, los modelos de IA pueden conducir continuamente el aprendizaje automático (LDn) de los órganos de pruebas (EBn), mejorar la aplicación de los conocimientos obtenidos de pruebas limitadas a nuevas situaciones, y mejorar de forma integral la capacidad de generalización del modelo. Por lo tanto, la mejora continua de THn, ERn, EBn y LDn puede fortalecer el rendimiento general del modelo.

2 <http://www.wupen.org/lectures/190?lesson=446>

Referencias

- [1] 叶锺楠, 吴志强. 城市诊断的概念、思想基础和发展思考[J]. 城市划, 2022, 46(1): 53-59.
- [2] 中国自然资源报. 新版《国土空间规划城市体检评估规程》发布[EB/OL]. (2025-05-19) [2025-07-25]. https://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202505/t20250519_2884504.html.
- [3] 石晓冬, 王吉力, 杨明. 北京城市总体规划实施评估机制的回顾与新探索[J]. 城市规划学刊, 2019(3): 66-73.
- [4] 伍江, 王信, 陈烨, 等. 超大城市城市体检的挑战与上海实践[J]. 城市规划学刊, 2022(4): 28-34.
- [5] 吴志强, 刘晓畅, 赵刚, 等. 空效益向替代: 城市治理关键评价指标[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 15-22.
- [6] KLOSTERMAN R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(3): 393-408.
- [7] 吴志强, 甘惟, 刘朝, 等. AI 城市: 理与模型架构[J]. 城市规划学刊, 2022(5): 17-23.
- [8] 张庭伟. 复杂性理论及人工智能在规划中的应用[J]. 城市规划学刊, 2017(6): 9-15.
- [9] 肖飞, 吴洪涛, 郭文华, 等. 自然资源行业大模型建设框架与典型场景研究[J]. 自然资源信息化, 2024(6): 54-62.
- [10] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 19-23.
- [11] 钮心毅, 林诗佳, 桑田, 等. 数字化规划技术: 数据与知[J]. 城市规划学刊, 2024(2): 18-24.
- [12] 吴志强, 李欣. 城市规划设计的永续理性[J]. 南方建筑, 2016(5): 4-9.
- [13] 吴志强. 国土空间规划原理[M]. 上海: 同济大学出版社, 2022.
- [14] 万学红, 卢雪峰. 诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [15] 季聪华, 刘珊, 张颖, 等. 基于诊疗大数据研究的循证医学证据等级思考[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(12): 5540-5542.
- [16] 新华社. 中央城市工作会议在北京举行 习近平发表重要讲话[EB/OL]. (2025-07-12) [2025-07-25]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202507/content_7032083.htm.
- [17] MAYER-SCHÖNBERGER V, CUKIER K. Big data: a revolution that will transform how we live, work, and think[M]. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- [18] 夏征农, 陈至立. 大辞海[M]. 上海: 上海辞出版社, 2016.
- [19] BATTY M. Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [20] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018(1): 6-11.

- [21] 张磊. 证实抑或证伪? 经验科学证实的困难与证伪的局限[J]. 山东师范大学学报(人文社会科学版), 2012, 57(3): 148-153.
- [22] 张浩. 城市规划范式的转变: 从定性规划向定性与定量相结合的过渡[J]. 美与时代(城市版), 2017(8): 24-25.
- [23] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.
- [24] SHOVAL N. Tracking technologies and urban analysis[J]. Cities, 2008, 25(1): 21-28.
- [25] LIU L, ANDRIS C, RATTI C. Uncovering cabdrivers' behavior patterns from their digital traces[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2010, 34(6): 541-548.
- [26] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1339-1352.
- [27] LIU X C, QIAO R L, ZHANG X N. Dissecting the nonlinear economic implications of urban extreme thermo-environment using a Monte Carlo simulation-based ensemble learning model[J]. Habitat International, 2025, 156: 103274. DOI: 10.1016/j.habitatint.2025.103274.
- [28] 王劲峰, 葛咏, 李连发, 等. 地理学时空数据分析方法[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1326-1345.
- [29] 郁亚娟, 郭成, 刘永, 等. 城市病诊断与城市生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008(4): 1736-1747.
- [30] GEERTMAN S, STILLWELL J. Planning support systems: an inventory of current practice[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2004, 28(4): 291-310.
- [31] 钮心毅. 规划支持系统: 一种运用计算机辅助规划的新方法[J]. 城市规划学刊, 2006(2): 96-101.
- [32] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005(1): 19-27.
- [33] 甘惟, 吴志强, 王元楷, 等. AIGC 辅助城市设计的理论模型建构[J]. 城市规划学刊, 2023(2): 12-18.
- [34] 王德, 王灿, 谢栋灿, 等. 基于手机信令数据的上海市不同等商中心商圈的比: 以南京东路、五角场、鞍山路例 [J]. 城市规划学刊, 2015(3): 50-60.
- [35] WU Z Q, QIAO R L, ZHAO S, et al. Nonlinear forces in urban thermal environment using Bayesian optimization-based ensemble learning[J]. Science of the Total Environment, 2022, 838(3): 156348.
- [36] LIU X C, QIAO R L, WU Z Q, et al. Unveiling the spatially varied nonlinear effects of urban built environment on housing prices using an interpretable ensemble learning model[J]. Applied Geography, 2024, 173: 103458.
- [37] LIU X C, LIU Z Y, ZHU Z L, et al. Decoupling the multi-drivers of urban extreme heat environment in urban agglomerations using ensemble learning[J]. Building and Environment, 2024, 258: 111618.
- [38] 谢永杰, 智贺宁. 基于机器视觉的图像识别技术研究综述[J]. 科学技术创新, 2018(7): 74-75.
- [39] 周飞燕, 金林鹏, 董军. 卷积神经网络研究综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(6): 1229-1251.
- [40] 万里鹏, 兰旭光, 张翰博, 等. 深度强化学习理论及其应用综述[J]. 模式识别与人工智能, 2019, 32(1): 67-81.
- [41] 吴一凡, 雷国平, 路昌, 等. 基于改进 TOPSIS 模型的大庆市城市土地利用绩效评价及障碍度诊断[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4): 85-90.
- [42] 白光润. 城市商业区位诊断研究[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2006(3): 74-80.
- [43] 陆路, 刘静, 周旋. 城市公共开放空间意度合断模型[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(6): 915-919.
- [44] 杨谦柔, 张世典. 可持续都市住区环境诊断模式之研究[J]. 城市发展研究, 2008, 15(6): 43-48.
- [45] BAEHRENS D, SCHROETER T, HARMEILING S, et al. How to explain individual classification decisions[J]. Journal of Machine Learning Research, 2010, 11: 1803-1831.
- [46] 林家彬. 我国“城市病”的体制性成因与对策研究[J]. 城市规划学刊, 2012(3): 16-22.
- [47] 石晓冬, 杨明, 金忠民, 等. 更有效的城市体检评估[J]. 城市规划, 2020, 44(3): 65-73.

- [48] CROFT P, ALTMAN D G, DEEKS J J, et al. The science of clinical practice: disease diagnosis or patient prognosis? evidence about "what is likely to happen" should shape clinical practice[J]. BMC Medicine, 2015, 13(1): 20.
- [49] 段伟文. 人工智能时代的价值审度与伦理调适[J]. 中国人民大学学报, 2017, 31(6): 98-108.
- [50] 朱勍. 城市研究中生命视角的引入[J]. 城市规划学刊, 2008(2): 24-30.
- [51] 刘晓畅. 改革开放 40 年来中国城乡规划研究领域演进[J]. 城市发展研究, 2021, 28(1): 6-12.
- [52] 吴志强, 刘晓畅. 改革开放 40 年来中国城乡规划知识网络演进[J]. 城市划学刊, 2018(5): 11-18.
- [53] 吴志强, 刘晓畅, 刘琦, 等. 基于水资源约束的我国城市发展策略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(5): 75-88.

Traducción asistida por IA