

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

LIU Yibo, WU Zirong, SUN Cheng

Resumen: El diseño urbano, como campo de intersección entre la planificación urbana y la arquitectura, se encuentra aún, en el contexto del desarrollo de la inteligencia artificial de nueva generación, en una etapa inicial de construcción teórica y exploración técnica. En el proceso de diseño, afronta principalmente dos dificultades: la racionalidad de los valores y la racionalidad instrumental. Por ello, el diseño urbano debe reforzar respectivamente su profundidad cognitiva y la amplitud de su ejecución mediante la transformación del paradigma y el empoderamiento por inteligencia digital. Frente a la dificultad de la racionalidad de los valores, debe transitar de los paradigmas de integralidad y valor hacia un paradigma de interacción, proceso que comprende tres momentos: reconstrucción de mecanismos, reconfiguración de valores y reorganización espacial. Frente a la dificultad de la racionalidad instrumental, debe evolucionar de un modelo de empoderamiento digital impulsado por datos hacia un modelo impulsado por inteligencia artificial, explorando vías de integración de tecnologías transdisciplinarias como las formas de vida artificial, la cadena de bloques y los modelos de generación de imágenes y videos mediante IA, a fin de proporcionar un motor técnico para dicha transformación paradigmática. Además, el diseño urbano orientado al futuro debe volver a la intención original de la tecnología y precisar que la IA desempeña un papel auxiliar, no sustitutivo, con miras a realizar una gestión del hábitat humano durante todo su ciclo de vida.

Palabras clave: inteligencia artificial de nueva generación; diseño urbano; transformación paradigmática; empoderamiento por inteligencia digital

Número de clasificación de la Biblioteca China: TU984; Código del documento: A

DOI: 10.16361/j.upf.202501009; Número de artículo: 1000-3363(2025)01-0064-07

Biografía de los autores: LIU Yibo, profesor asociado y tutor de maestría, Escuela de Arquitectura y Diseño, Harbin Institute of Technology, y Laboratorio Clave de Planificación Espacial Territorial, Protección y Restauración Ecológica de las Regiones Frías, Ministerio de Recursos Naturales. Email: lyb@hit.edu.cn; WU Zirong, estudiante de maestría, Escuela de Arquitectura y Diseño, Harbin Institute of Technology, y Laboratorio Clave de Planificación Espacial Territorial, Protección y Restauración Ecológica de las Regiones Frías, Ministerio de Recursos Naturales; SUN Cheng, profesor y tutor doctoral, Escuela de Arquitectura y Diseño, Harbin Institute of Technology, y Laboratorio Clave de Ciencia y Tecnología del Hábitat Urbano y Rural en Regiones Frías, Ministerio de Industria y Tecnología de la Información; autor de correspondencia. Email: suncheng@hit.edu.cn.

Financiación: Proyecto para Jóvenes de la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, «Mecanismo de influencia del análisis cuantitativo de las características morfológicas sobre el desempeño de salud espacial de manzanas urbanas en regiones frías y métodos de optimización del diseño» (núm. 52308018); Fondo de Innovación Universidad-Industria-Investigación de China, «Investigación aplicada sobre programación espacial y generación de diseño asistida por inteligencia artificial para barrios peatonales urbanos» (núm. 2024SE031); Fondos Fundamentales de Investigación para Universidades Centrales, «Estudio comparativo de las concepciones estéticas chinas y occidentales en el diseño morfológico de manzanas urbanas» (núm. HIT.HSS.202312).

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

La inteligencia artificial (IA) penetra gradualmente en la vida social y la reconfigura en profundidad. Con los avances de sus tecnologías clave y la aceleración de nuevos escenarios de aplicación, el empoderamiento científico-tecnológico se ha convertido en un signo destacado del desarrollo de alta calidad. La IA es ya una fuerza motriz importante de la modernización china y transforma en profundidad los sistemas de elementos y los mecanismos operativos de la arquitectura y la planificación urbana^[1].

Desde que la IA entró en el campo del diseño urbano a finales del siglo XX, la digitalización y la informatización se han convertido gradualmente en apoyos esenciales para su desarrollo. Tecnologías de IA como la realidad virtual^[2] y la visión por computador^[3] proporcionan a los análisis urbanos datos de alta precisión y gran volumen. Sobre esta base, funciones como la interpretación de elementos^[4-7], la simulación de evoluciones^[8-12], la generación de decisiones^[13-14] y la evaluación de la implementación^[4,15-17] impulsan la previsión y ejecución de los objetivos de desarrollo urbano sostenible^[18], y favorecen la protección ecológica, el crecimiento económico y la justicia social^[19-22]. Los estudios existentes^[23-24] han explorado de forma útil el uso de la IA para extraer y simular las leyes de evolución de la población y del espacio urbano, así como para evaluar los efectos de la localización de equipamientos. En general, han permitido una extracción más precisa de regularidades y una construcción más científica de sistemas, respondiendo en parte a necesidades clave de la planificación y el diseño urbanos en materia de análisis de datos urbanos, simulación del desarrollo, optimización de estructuras espaciales y asignación funcional. En la actualidad, el efecto impulsor de la IA de nueva generación sobre el diseño urbano empieza a hacerse visible, pero la investigación sigue en una fase inicial de construcción teórica y exploración técnica. Con una orientación prospectiva y sistemática, analizar las dificultades actuales del diseño urbano y superarlas mediante nuevas tecnologías de IA constituye una tendencia inevitable para su desarrollo innovador.

1 Dificultades: paradojas reales en el desarrollo del diseño urbano

Como campo interdisciplinar que vincula la planificación urbana y la arquitectura, el diseño urbano se caracteriza por su impulso creativo, la unidad entre inteligencia y emoción, su orientación humanista y su concreción espacial^[25-26]. Esta sección analiza el proceso de desarrollo del diseño urbano bajo la influencia de la IA y sus características correspondientes, y sintetiza las paradojas existentes en sus distintas etapas bajo el impulso de la IA de nueva generación, a fin de extraer dos dificultades reales: la racionalidad de los valores y la racionalidad instrumental.

1.1 Desarrollo del diseño urbano bajo la influencia de la IA

Ya a mediados del siglo XX, la IA había puesto en uso, en biología y fabricación industrial, métodos de investigación como los algoritmos genéticos de modelos cerrados^[27] y el diseño de optimización integrada de microondas^[28]. Sin embargo, solo ingresó en los estudios urbanos a finales del siglo XX y comienzos del XXI, con una función todavía difusa; por ello, su introducción en el diseño urbano presentó rezago teórico y técnico. Bajo la influencia de la IA, el diseño urbano atravesó sucesivamente una etapa de diseño asistido por ordenador (computer-aided design, CAD), en la que la IA temprana servía principalmente como herramienta de dibujo; una etapa de diseño paramétrico (parametric design, PD), en la que la IA basada en el desarrollo informático actuaba como herramienta de modelización dinámica urbana; y una etapa de diseño asistido por algoritmos (algorithms-aided design, AAD), en la que la IA automatizada apoyaba el análisis y el juicio. Como muestran la Fig.1 y la Tab.1, se ha formado inicialmente un sistema teórico, metodológico y técnico de IA auxiliar para el diseño urbano^[33-35], y su carácter integral, práctico, innovador y científico aumenta con el avance de las investigaciones y prácticas relacionadas.

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

En los últimos años, la complejidad y la incertidumbre de las formas de desarrollo de los ecosistemas urbanos y de los contextos de política pública han vuelto cada vez más complejas las tareas de diseño urbano. Sin embargo, la investigación urbana aún afronta problemas de discontinuidad entre las etapas de diseño, alta intensidad intelectual y elevados costes^[32]. La innovación en los productos de la planificación y el diseño, así como la articulación y retroalimentación entre planificación-diseño y gobernanza espacial, se han convertido en exigencias urgentes. Aunque la IA de nueva generación, representada por grandes modelos de lenguaje como ChatGPT y modelos de generación de imágenes como Stable Diffusion, se halla todavía en una fase inicial de desarrollo técnico, su capacidad de integrar datos masivos, multidimensionales y multisource, su potencial de autoentrenamiento y adaptación, y su cientificidad y explicabilidad anuncian las perspectivas del AI-generated design (AIGD)^[36]. Impulsar los estudios urbanos mediante IA responde a la nueva ola tecnológica y atiende las necesidades de transformación innovadora de la arquitectura y la planificación.

Actualmente, la IA es ampliamente reconocida como una tecnología clave de apoyo al desarrollo del diseño urbano. No obstante, los efectos de su nueva generación sobre el espacio urbano y el sistema operativo de sus elementos, así como sobre la investigación y la práctica de la planificación urbana, en especial del diseño urbano, plantean todavía problemas concretos no resueltos.

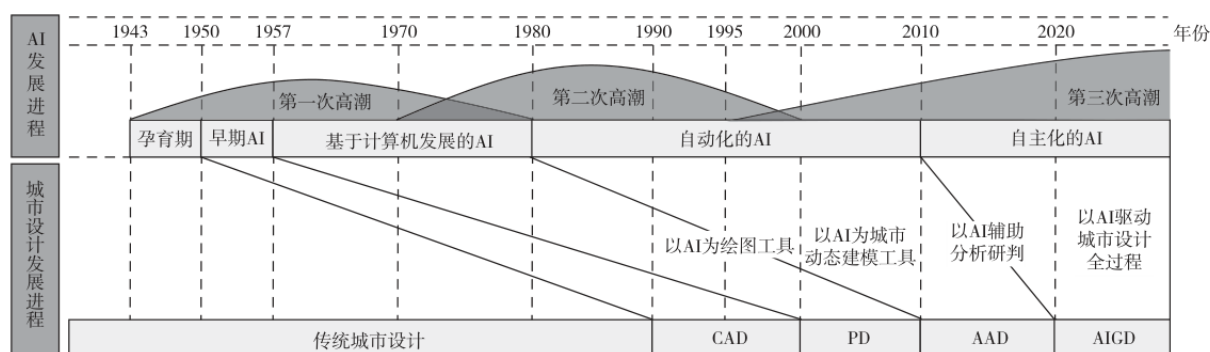


Fig.1 Relación entre la IA y el diseño urbano

Tab.1 Desarrollo del diseño urbano bajo la influencia de la IA

城市设计进程	发展时间	AI 工具	城市设计发展优势	城市设计发展问题
CAD	20 世纪末 21 世纪初	早期 AI	借助以 CAD 等计算机绘图软件为代表的 AI 传达设计方案 ^[29] , 主要使用勘测调研、问卷调查等田野调查法获取城市空间数据	设计数据精度较低, 设计要素单一, 设计空间大多仅停留在人视角下建筑和场地空间的功能和美学层面, 设计工作单向传导, 繁重低效, 且存在与城市规划、城市治理逻辑分离
PD	2000 年至 2010 年	基于计算机发展的 AI	通过 AI 提供的描述城市情境的参数化工具和可将参数化工具与城市社会经济数据进行空间融合的设计平台, 构建城市多元性能的量化指标体系, 建立短期时间演变下的城市立体模型, 使构想经济效益达成最优解的空间方案成为可能	由于计算、存储能力限制, 基于计算机发展的 AI 离识别与获取高精度、高产量、高质量数据尚有一段距离, 此外城市动态模型建设成本极高, 在城市设计中的普及性和实施性不强, 相当一部分城市设计仍以质性研究为决策依据 ^[30]
AAD	2010 年至 2020 年	自动化的 AI	利用自动化 AI, 突破 CAD 等绘图软件和 BIM 等 3D 建模软件的局限性, 学习城市系统要素特征的能力, 结合专家决策预测城市系统发展、提出风险防控决策和监督系统运转 ^[31]	由于 AI 尚未形成基于城市规划建设理论研究和实践经验的城市空间认知, 其设计决策输出质量不高, 且设计师需在该过程中投入大量时间成本, 因此城市多方利益主体对其智能决策模型的实施性仍保持观望态度 ^[32]
AIGD	2020 年 至今	新一代自主化的 AI	具备海量高维度多源数据集成能力、自训练和自适应潜力、科学性和可解释性	

1.2 Dificultades reales del diseño urbano

El proceso típico del diseño urbano puede resumirse en varias etapas: formulación del problema de diseño, desarrollo de la propuesta, evaluación de la propuesta, decisión sobre la propuesta y resolución del problema^[25]. La diversificación de las fuentes de datos y la creciente inteligencia de las plataformas integradas humano-máquina, impulsadas por la IA, compensan las insuficiencias de las herramientas existentes en la toma de decisiones y la creación del diseño urbano. En cada etapa, las

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

tecnologías pertinentes pueden procesar, analizar, simular y presentar modelos de datos de diseño urbano, aumentar la eficiencia, resolver problemas de diseño y mejorar la calidad de los proyectos. La idea de que la IA de nueva generación transformará todo el proceso del diseño urbano constituye ya un consenso^[15,23,26,37-38]. Las dificultades actuales del diseño urbano son principalmente las siguientes (Fig.2).

(1) En las etapas de formulación del problema y desarrollo de la propuesta existe una paradoja entre la incompletitud del sistema cognitivo de los modelos de IA y el desarrollo multidimensional y multivisual del espacio urbano. Las limitaciones del sistema cognitivo de la IA se manifiestan en dos niveles. Primero, los modelos actuales privilegian la optimización de la competitividad económica del espacio urbano y prestan poca atención a informaciones espaciales inmateriales, como el contexto histórico o la estética del diseño, que los sensores de datos no pueden captar. Algunas investigaciones han desarrollado métodos que combinan indicadores cuantitativos y cualitativos, pero aún están en fase inicial, solo pueden aplicarse al diseño de elementos aislados y no se han utilizado en escenarios urbanos complejos; los estudios sobre diseño tridimensional multiescalar siguen siendo limitados. Segundo, la actualización técnica de la IA es transdisciplinar y el diseño urbano implica múltiples partes interesadas, lo que impone mayores exigencias a los grafos de conocimiento y a los modelos integrados de AIGD. Definir la relación humano-máquina y el posicionamiento disciplinar, construir plataformas de asistencia por IA de varios niveles basadas en datos heterogéneos multisource, integrar conocimientos profesionales compuestos y establecer mecanismos AIGD que combinen distintos algoritmos y mecanismos generativos se convierten así en cuestiones importantes.

(2) En las etapas de evaluación y decisión de la propuesta aparece una paradoja entre la lógica binaria de la decisión por IA y la complejidad plural del contenido del diseño urbano. La mayoría de los métodos de investigación relacionados con la IA permanecen en fase conceptual o experimental y se centran en mejorar la inteligencia de modelos y plataformas de diseño; sin embargo, el nivel de inteligencia no equivale a la capacidad de decisión en diseño. El primero se manifiesta sobre todo en la velocidad de cálculo y decisión y en la capacidad de procesamiento multihilo de problemas, mientras que la multidimensionalidad, la ingeniería y la dimensión social de la ciudad exigen evaluaciones multiobjetivo de escenarios de diseño complejos, una mejor conexión entre investigación científica en IA y creación de diseño, y una mayor capacidad de generalización de las tecnologías de IA. Además, la lógica operativa de los sistemas decisionales actuales de IA difiere del pensamiento de las partes interesadas urbanas; sus resultados de interpretación espacial pueden divergir de la ciudad real, y sus decisiones, a menudo binarias, pueden carecer de consideración ética, generar injusticias espaciales^[39] o apartarse de la realidad.

En conjunto, a partir de las características del desarrollo de las tecnologías de IA, de los sistemas urbanos y de la lógica del diseño urbano, el diseño urbano orientado a la IA de nueva generación debe resolver dos dificultades esenciales:

(1) Dificultad de la racionalidad de los valores. La IA se desarrolla con fuerza, pero resulta difícil que encaje perfectamente con los mecanismos del diseño urbano; las limitaciones cognitivas y decisionales del diseño urbano se deben, en esencia, a que no se han aclarado los derechos y responsabilidades de los múltiples actores en el funcionamiento de la IA. Este problema determinará la ecología de desarrollo del AIGD, es decir, el grado de integración de la tecnología de IA con el trabajo de los diseñadores, las herramientas de diseño urbano y la gobernanza urbana, y se manifestará finalmente en la eficacia de las decisiones de diseño y su fuerza de ejecución. En el plano de la racionalidad de los valores, el diseño urbano debe responder extrayendo, a partir de las características

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

de aplicación de la IA de nueva generación, las nuevas características y exigencias de transformación del paradigma del diseño urbano.

(2) Dificultad de la racionalidad instrumental. La tendencia transdisciplinar del desarrollo de la IA, el contenido social de la ciudad y las diferencias territoriales imponen exigencias técnicas al diseño espacial personalizado. En esta etapa, la IA aún tiene dificultades para construir un modelo de inteligencia digital que cubra toda la ciudad, y el valor práctico de las propuestas generadas sigue siendo limitado. Esto frena la participación del mercado y del público en el AIGD, limita la escala de sus aplicaciones industriales y afecta finalmente a su dinámica de desarrollo y a la realización de su racionalidad. En el plano de la racionalidad instrumental, el diseño urbano debe responder aclarando la lógica de empoderamiento por inteligencia digital que conduce de un modelo impulsado por datos a un modelo impulsado por IA.

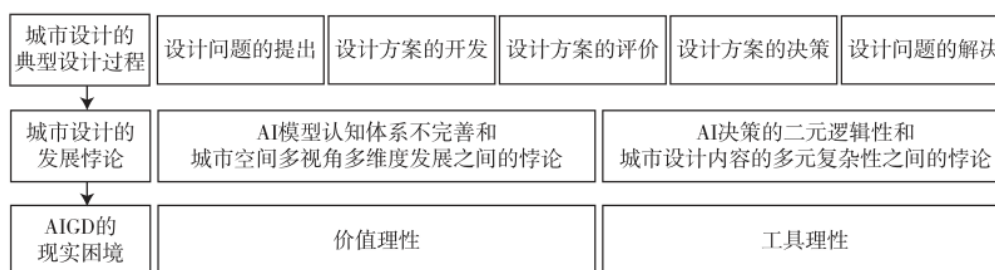


Fig.2 Dificultad real del diseño urbano

2 Transformación paradigmática: del diseño único al diseño híbrido

Para realizar un diseño urbano conforme a la racionalidad de los valores en el contexto de la IA de nueva generación, primero es necesario interpretar la orientación de su transformación paradigmática. Según las características de la relación humano-máquina, la evolución de los paradigmas del diseño urbano puede resumirse en tres etapas: paradigma de integralidad, paradigma de valor y paradigma de interacción. Va desde un paradigma subjetivo de diseño urbano, no influido por la IA y basado únicamente en el cerebro humano, hacia el paradigma objetivo actual, en el que modelos paramétricos y algoritmos asisten la decisión informática, y luego hacia un futuro paradigma híbrido de interacción humano-máquina. Esta transformación implica la reconstrucción de mecanismos, la reconfiguración de valores y la reorganización del espacio.

2.1 Reconstrucción del mecanismo de transmisión

En los periodos PD y AAD, las potentes capacidades de almacenamiento y cálculo del ordenador atrajeron la atención del sector. El diseño urbano presentaba entonces un marcado apoyo en datos y su mecanismo de transmisión se manifestaba como una estructura unidireccional «ordenador-espacio-humano». Los diseñadores recibían pasivamente los modelos de análisis, supervisión y predicción urbanos proporcionados por la IA, y los perfeccionaban. Por un lado, esto aceleró la conversión del conocimiento espacial urbano desde una expresión cualitativa hacia información cuantitativa que integra evolución histórica y multiescalar y puede actualizarse dinámicamente; por otro, condujo a que los resultados de diseño redujeran los intereses urbanos plurales a la competitividad económica, consideraran el espacio urbano como un espacio físico completamente cuantificado y carente de cuidado humanista, y asimilaran la planificación-diseño al mantenimiento de fallos del sistema de datos urbanos.

Con la innovación de las tecnologías de IA, el diseño urbano, para asegurar su controlabilidad, prestará cada vez más atención a la lógica semántica del funcionamiento de los sistemas de IA, a anclajes espaciales concretos y a la colaboración con los diseñadores para la implementación. A partir

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

de las ventajas y límites de los mecanismos previos, propone un mecanismo ternario de retroalimentación «humano-IA-espacio» (Fig.3).

Desde el punto de vista de sus funciones, los diseñadores pasarán de dibujantes y planificadores a expertos en experiencia y lógica de diseño, así como creadores de propuestas. Deberán proporcionar a la IA experiencia de diseño y verificar y optimizar oportunamente su cognición del diseño, el funcionamiento de sus modelos y la implementación de las soluciones. Las autoridades competentes definirán principalmente normas, reglas y orientaciones de valor del AIGD, y organizarán periódicamente la supervisión y evaluación de los modelos y resultados de diseño urbano. El público transmitirá y retroalimentará, mediante el modelo de IA, la renovación de su comprensión de la IA y de los resultados de diseño producidos por ella, la expresión de sus necesidades y sus sugerencias de control. La IA de nueva generación interpretará con parámetros específicos el marco lógico y las propuestas de diseño urbano adquiridos, y generará modelos de efectos urbanos ideales como retroalimentación preliminar para el diseño. El espacio urbano, como referencia real para el autoentrenamiento y la adaptación de los modelos de IA, permitirá actualizar el sistema de cognición espacial en una doble dirección vertical y horizontal, subjetiva y objetiva, y profundizar el sistema de diseño espacial combinando sentido de diseño y científicidad, funcionalidad y humanidad.

Esta estructura ternaria rompe el estancamiento del diseño pasivo actual y muestra que la IA, en esencia, está conformada por la ciudad y por las personas, lo que otorga al AIGD una fuerte correlación interna y potencial de desarrollo. Como complejo que da forma a las dinámicas sociales, la ciudad no acepta pasivamente el AIGD; reconfigura el espacio material mediante los comportamientos ambientales propios del diseño urbano. Sus elementos espaciales y sus datos proporcionan materias primas y energía a la IA, e influyen en su propia naturaleza^[40].

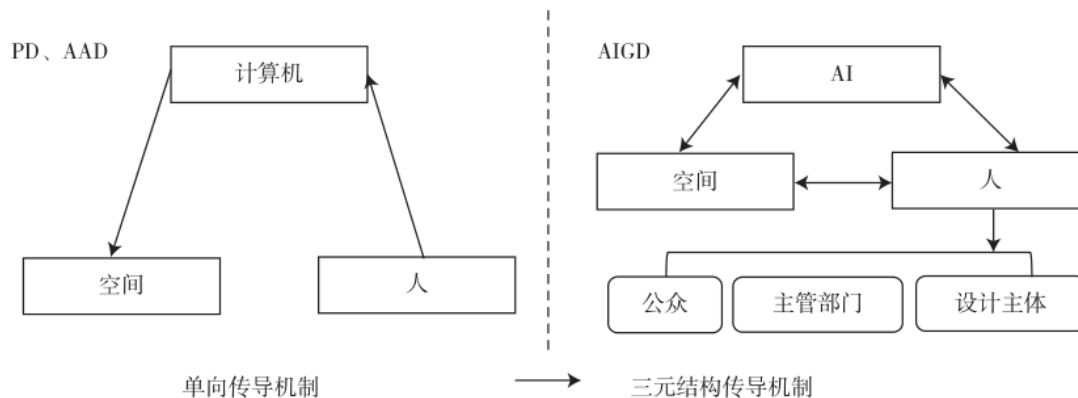


Fig.3 Lógica de reconstrucción del mecanismo de transmisión del AIGD

2.2 Reconfiguración de los valores humanistas

El ser humano es a la vez el elemento estructural central y el motor de la ciudad y de la IA, así como el punto de partida para definir los problemas de diseño urbano y el sujeto que percibe los resultados del diseño. El diseño, la construcción y la supervisión asistidos por IA deben ser realizados por personas, y la resolución de los problemas de diseño afecta directa o indirectamente a los grupos humanos. La PD ponía el acento en cuantificar el interés público mediante datos y consideraba a los múltiples actores como sujetos económicos ideales; la AAD incorporó más el concepto humanista y situó a la persona como ser natural. Frente a la IA de nueva generación, el diseño urbano, basándose en las características de trabajo del cerebro humano y del ordenador y en las necesidades del desarrollo social e individual, debe aclarar aún más la relación humano-máquina y reconfigurar los valores de diseño.

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

Desde la capacidad decisional de diseño, el cerebro humano combina una potencia de cálculo limitada con la unidad de inteligencia y emoción. La IA, gracias a sus capacidades relativamente potentes de cálculo y almacenamiento, posee ciertas ventajas en percepción urbana, eficiencia de aprendizaje y conexión de conocimientos, pero carece de una base cognitiva y de capacidad creativa propias del diseño urbano^[41]. La IA de nueva generación puede captar datos espaciales urbanos y percepciones humanas de alta precisión y múltiples dimensiones; es una extensión material para que las personas profundicen en las leyes de funcionamiento urbano y las necesidades de diseño, y una de las fuerzas productivas del diseño urbano dirigido por el ser humano. En esta etapa, la persona, desde su ubicación en el entorno natural, presta más atención a la articulación espacial entre atributos sociales y naturales; desde su ubicación en el entorno social, clarifica mejor los derechos, responsabilidades y supervisión de las distintas partes en la división del trabajo del diseño urbano. La IA de nueva generación promueve la integración del ser ecológico y el ser natural en el diseño urbano (Fig.4).

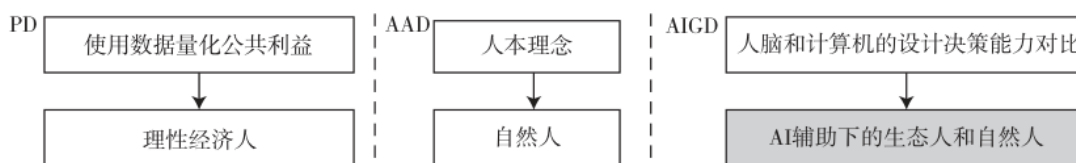


Fig.4 Lógica de reconfiguración de los valores humanistas del AIGD

2.3 Reorganización del espacio de diseño

Puesto que el diseño urbano crea orden espacial, el paradigma de empoderamiento de la IA de nueva generación se manifestará finalmente en la reorganización del espacio de diseño. Este proceso se expresa en los niveles macro, meso y micro (Fig.5).

2.3.1 Macro: sistema de desarrollo del diseño urbano que integra dimensiones materiales e inmateriales

En el nivel macro, el AIGD puede realizar un modelo de desarrollo espacial que articula dimensiones duras y blandas, es decir, combina la construcción material del espacio con la construcción humanística de sus significados. El diseño duro del espacio urbano se orienta principalmente a la renovación funcional del espacio y al funcionamiento normal de las infraestructuras, mantiene las actividades básicas de producción y vida y mejora la resiliencia espacial urbana. El diseño blando se centra en la excavación del espíritu y la cultura urbanos, en la protección de la memoria histórica y en la mejora de la experiencia perceptiva. La IA de nueva generación permite coordinar ambas dimensiones, traducir la información blanda a un lenguaje espacial operable y promover una gestión más integral del desarrollo urbano.

2.3.2 Meso: sistema inteligente de organización de clústeres orgánicos urbanos

En el nivel meso, el espacio de diseño urbano empoderado por la IA de nueva generación mostrará una lógica inteligente de clústeres orgánicos complejos. Las aplicaciones anteriores de la IA se concentraban en el análisis de unidades espaciales o elementos aislados; en cambio, el AIGD debe integrar barrios, redes de espacio público, infraestructuras, actividades sociales y gobernanza en unidades orgánicas interrelacionadas. Con datos multisource y modelos de aprendizaje, puede identificar relaciones entre funciones, flujos y formas, apoyar la organización de clústeres urbanos adaptativos y mejorar la coordinación entre eficiencia espacial, vitalidad social y calidad ambiental.

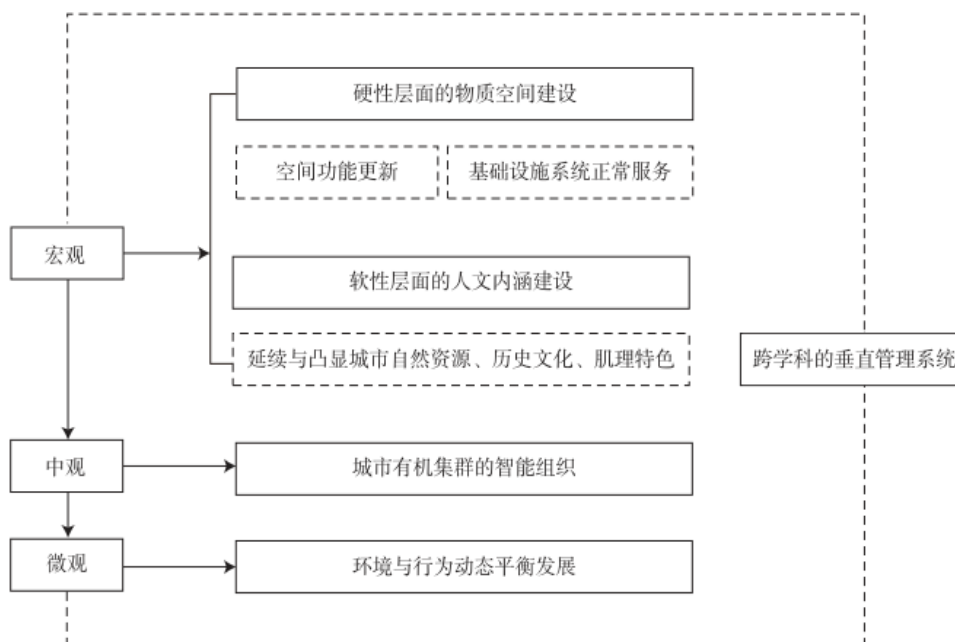


Fig.5 Lógica de reorganización del espacio de diseño del AIGD

2.3.3 Micro: mediación espacial del equilibrio dinámico entre entorno y comportamiento

En el nivel micro, el diseño urbano asistido por la IA de nueva generación se centrará en los modos concretos de funcionamiento de los clústeres orgánicos urbanos, es decir, en la lógica de los comportamientos humanos y de la percepción ambiental en espacios específicos. Mediante la captación precisa de trayectorias, actividades, preferencias y emociones, la IA puede ayudar a ajustar detalles espaciales, optimizar las interfaces de calles y edificios, mejorar la seguridad, la comodidad y la inclusividad, y mantener un equilibrio dinámico entre entorno y comportamiento.

Además, el sistema de gestión vertical del diseño urbano puede mantener el orden orgánico del espacio de diseño desde el nivel macro hasta el micro, cuantificar dinámicamente la acción de cada elemento espacial y de cada actor, y formar un circuito de retroalimentación entre diagnóstico, generación, evaluación y actualización. Esto permite que el diseño urbano no sea una intervención única, sino un proceso continuo de aprendizaje y adaptación.

3 Empoderamiento por inteligencia digital: del modelo impulsado por datos al modelo impulsado por IA

El tránsito de CAD y PD a AAD y AIGD siempre ha estado impulsado por la técnica. Las primeras fases se manifestaban sobre todo como un fortalecimiento, impulsado por datos, de las capacidades de análisis espacial, simulación y evaluación. La IA de nueva generación exige ir más allá de los datos como recurso pasivo, y construir un modelo de empoderamiento en el que la IA participe en el reconocimiento, la inferencia, la generación y la gobernanza del diseño urbano.

En primer lugar, en torno a la cartografía de entidades, la exploración del desarrollo de modelos urbanos inteligentes ofrece nuevas posibilidades para representar características urbanas. Mediante percepción urbana, modelización semántica y grafos de conocimiento, puede integrarse información espacial, funcional, social y cultural, lo que proporciona una base cognitiva más rica para el diseño urbano.

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

En segundo lugar, en torno a la simulación y la predicción, la exploración de tecnologías de inferencia inteligente ofrece vías de análisis para los juegos de interpretación y la optimización dinámica de los sistemas urbanos. La IA puede simular la evolución de escenarios, identificar riesgos, comparar efectos de distintas propuestas y apoyar decisiones más científicas y ajustables.

En tercer lugar, en torno al diseño preciso, el diseño generativo apoyado por diversos algoritmos de aprendizaje profundo y aprendizaje automático ofrece soporte técnico para la implementación de proyectos personalizados. A través de la interacción humano-máquina, la IA puede generar múltiples soluciones, evaluar restricciones y preferencias y ayudar a los diseñadores a seleccionar y optimizar propuestas.

Actualmente, el campo del diseño sigue estando principalmente impulsado por datos y algoritmos. Sin embargo, la medicina, la biología y las matemáticas ya exploran la IA de nueva generación^[45], lo que ofrece referencias para el diseño urbano. En el futuro, la integración transdisciplinar de IA con formas de vida artificial, cadena de bloques y modelos de generación de imágenes y videos proporcionará nuevas rutas para el empoderamiento por inteligencia digital.

3.1 IA + formas de vida artificial

Las tecnologías actuales de IA siguen limitadas a operaciones inteligentes en ámbitos aislados, como reconocimiento de imágenes, reconocimiento de voz o respuesta conversacional^[46-47]. Las formas de vida artificial, inspiradas en los mecanismos de autoorganización, evolución y adaptación de los sistemas vivos^[48-50], pueden aportar al diseño urbano modelos más dinámicos. La combinación de IA y formas de vida artificial permitiría simular la evolución de organismos urbanos, explorar la emergencia de patrones espaciales, construir sistemas de diseño capaces de autoaprendizaje y adaptación, y mejorar la comprensión de la complejidad urbana.

3.2 IA + cadena de bloques

La tecnología de IA proporciona al diseño urbano datos urbanos diversos y de alta precisión, pero todavía no ha formado, sobre la base de la experiencia de construcción urbana, un sistema confiable de reconocimiento y validación de conocimiento. La cadena de bloques, por su descentralización, trazabilidad, seguridad y mecanismos de consenso^[52-54], puede reforzar la credibilidad de los datos y de la toma de decisiones. Integrar IA y cadena de bloques ayudaría a registrar procesos de diseño, derechos y responsabilidades de los actores, retroalimentación pública y resultados de evaluación, construyendo un entorno de gobernanza transparente y confiable para el AIGD.

3.3 IA + modelos de generación de imágenes y videos

Para la expresión de conceptos y propuestas de diseño urbano, los modelos texto-imagen como DALL-E^[55-56] y los modelos texto-video como Sora^[57] resuelven el problema de fallos frecuentes entre intención de diseño y presentación visual. Mediante la traducción de lenguaje, parámetros y reglas espaciales en imágenes y videos, estos modelos pueden mejorar la comunicación de propuestas, facilitar la participación pública y apoyar la comparación de escenarios. No obstante, sus resultados deben ser verificados por diseñadores y por mecanismos técnicos, para evitar sesgos, errores espaciales o representaciones alejadas de la realidad^[58].

4 Conclusión y perspectivas: diseño urbano orientado al futuro

Frente a las dificultades reales de la racionalidad de los valores y la racionalidad instrumental bajo el impulso de la IA, el diseño urbano cuenta con oportunidades y necesidad de transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital. En conjunto, la salida de las dificultades del

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

diseño urbano conducido por la IA de nueva generación debe volver a la intención original de la tecnología, precisar, desde la ética y la seguridad de la IA, su papel de asistencia y no de sustitución, y realizar así la gestión del hábitat humano durante todo su ciclo de vida.

4.1 Esencia: volver a la intención original de la tecnología

Sea cual sea el salto de las tecnologías de IA, su aplicación al diseño urbano debe estar siempre guiada por la intención original de este. El AIGD puede destacar la simbiosis mutuamente beneficiosa entre las personas y el espacio urbano mediante las siguientes medidas: ① construir una lógica de valores y un marco técnico de IA orientados a reforzar tanto su capacidad de autoentrenamiento multimodal como la autonomía de los diseñadores urbanos; ② extraer datos espaciales urbanos y precisar objetivos de diseño a partir de la experiencia del diseño urbano, los problemas actuales del espacio urbano y las necesidades de desarrollo de la ciudad y de la población; ③ anticipar riesgos espaciales y puntos de optimización mediante la simulación de propuestas de diseño urbano personalizadas por los diseñadores; ④ optimizar las propuestas y prácticas de diseño urbano combinando la percepción espacial expresada por la participación pública y la experiencia constructiva de los diseñadores urbanos.

4.2 Ética: asistencia en lugar de sustitución

El principio de desarrollo de la IA consiste en aumentar la adaptabilidad multiescenario de los modelos de autoentrenamiento, incrementar las capacidades de almacenamiento y cálculo y reforzar el autocontrol y la autosupervisión de los modelos; no puede ni debe reemplazar el papel del diseñador. Las propuestas de diseño urbano se renuevan con el desarrollo de las personas y se profundizan a través de la relación entre el entorno urbano y los comportamientos humanos. Como la IA no es una parte interesada del espacio urbano, no puede percibir directamente los efectos espaciales del diseño urbano ni actualizar de forma autónoma su cognición y sus técnicas espaciales; solo puede ayudar a los diseñadores a expandir y luego concretar su pensamiento de diseño. Incluso con apoyo de IA y datos de gran capacidad, los diseñadores no deben depender en exceso del análisis de datos y del diseño generativo; deben utilizar herramientas inteligentes para extraer con mayor eficacia la experiencia del diseño urbano, crear ideas prospectivas y articular el empoderamiento del pueblo con el empoderamiento tecnológico en el nivel del diseño urbano.

4.3 Contribución: gestión del hábitat humano durante todo el ciclo de vida

La IA de nueva generación puede simplificar el marco operativo del diseño urbano y mejorar la previsibilidad y controlabilidad de los elementos espaciales. Por ejemplo, los modelos de gemelo digital capaces de simular travesías espacio-temporales permiten filtrar y comparar fenómenos específicos del hábitat humano; las propuestas de diseño urbano personalizadas por IA mejoran la científicidad y pluralidad de la decisión de diseño; las técnicas de aprendizaje automático permiten construir marcos diversificados de autoaprendizaje del espacio urbano, reforzando la generalización de la IA y la viabilidad de las propuestas; y las técnicas de gobernanza por inteligencia colectiva pueden, según la idea de simbiosis entre múltiples formas de vida, supervisar dinámicamente la implementación de las propuestas de diseño urbano. Con la IA de nueva generación como plataforma, los mecanismos de funcionamiento del diseño urbano y los modelos de datos espaciales completarán la conexión informacional y la integración del desarrollo, realizando finalmente una gestión fina del hábitat humano durante todo su ciclo de vida.

Referencias

Diseño urbano orientado a la inteligencia artificial de nueva generación: transformación paradigmática y empoderamiento por inteligencia digital

- [1] CAI Yuezhou. Gobernanza de la innovación científica y tecnológica bajo la dirección del Partido Comunista de China y transformación digital: perspectiva de construcción y mejora de un nuevo sistema nacional basado en datos [J]. *Management World*, 2021, 37(8): 30-46. (en chino)
- [2] DUAN Xuejun. Ciudad virtual: soluciones técnicas y aplicaciones [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2001(12): 1-3. (en chino)
- [3] CHENG Jia, WANG De. Aplicaciones de la visión por ordenador en la investigación urbana [J]. *Time + Architecture*, 2017(5): 6-13. (en chino)
- [4] LONG Ying, SHEN Yao. Diseño aumentado por datos: respuestas y transformaciones de la planificación y el diseño en un nuevo entorno de datos [J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2015(2): 81-87. (en chino)
- [5] WANG De, WANG Can, XIE Dongcan, et al. Comparación de áreas de influencia de centros comerciales de distintos niveles en Shanghái con datos de señalización móvil: caso de Nanjing East Road, Wujiaochang, Anshan y Dapugiao [J]. *Urban Planning Forum*, 2015(3): 50-60. (en chino)
- [6] JIANG Haobo, LU Shan, XIAO Yang. Método de evaluación de colores urbanos de barrios históricos y culturales de Shanghái basado en tecnología Street View [J]. *Urban Planning Forum*, 2022(3): 96-103. (en chino)
- [7] TIAN Baojiang, NIU Xinyi. Práctica de diseño urbano apoyada en big data: planificación de la red de espacios de actividad pública del barrio histórico y cultural Hengshan Road-Fuxing Road [J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2016(2): 45-50. (en chino)
- [8] LI Xia, YE Jiaan. Autómatas celulares basados en redes neuronales y simulación de sistemas complejos de uso del suelo [J]. *Geographical Research*, 2005(1): 19-27. (en chino)
- [9] WADDELL P, BORNING A, NOTH M, et al. Microsimulation of urban development and location choices: design and implementation of UrbanSim [J]. *Networks and Spatial Economics*, 2003, 3(1): 43-67.
- [10] GAN Wei. Teoría y modelo de planificación por IA desde la perspectiva de la vida urbana [J]. *Planners*, 2018, 34(11): 13-19. (en chino)
- [11] WU Zhiqiang, GAN Wei. Práctica de tecnologías inteligentes de planificación urbana en periodo de transición [J]. *Urbanism and Architecture*, 2018(3): 28-31. (en chino)
- [12] WU Zhiqiang. Planificación urbana asistida por IA [J]. *Time + Architecture*, 2018(1): 6-11. (en chino)
- [13] ZHENG H, YUAN P F. A generative architectural and urban design method through artificial neural networks [J]. *Building and Environment*, 2021, 205(6): 108178.
- [14] YANG Junyan, ZHU Xiao. Exploración de un modo de diseño interactivo progresivo a escala de manzana para el diseño urbano mediante inteligencia artificial [J]. *Urban Planning International*, 2022, 37(1): 19-25. (en chino)
- [15] WANG Jianguo. Diseño urbano digital basado en la interacción humano-máquina: reflexiones sobre la cuarta generación del paradigma de diseño urbano [J]. *Urban Planning International*, 2022, 37(1): 1-6. (en chino)
- [16] SUN Cheng, HAN Yunsong, WANG Jiabiao. Investigación y práctica sobre el diseño computacional de la morfología de envolventes arquitectónicas adaptativas [J]. *Architectural Journal*, 2022(2): 1-6. (en chino)
- [17] BATTY M, SHEN Yao. La IA en la planificación urbana y el diseño urbano [J]. *Time + Architecture*, 2018(1): 24-31. (en chino)

- [18] PAN Y, TIAN Y, LIU X, et al. Urban big data and the development of city intelligence [J]. Engineering, 2016, 2(2): 171-178.
- [19] JIANG F, MA J, WEBSTER C J, et al. Generative urban design: a systematic review on problem formulation, design generation, and decision-making [J]. Progress in Planning, 2023, 180(1-35): 100795.
- [20] QUAN S J, PARK J, ECONOMOU A, et al. Artificial intelligence-aided design: smart design for sustainable city development [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(8): 1581-1599.
- [21] FANG Z, JIN Y, YANG T. Incorporating planning intelligence into deep learning: a planning support tool for street network design [J]. Journal of Urban Technology, 2022, 29(2): 99-114.
- [22] SHEN J, LIU C, REN Y, et al. Machine learning assisted urban filling [C]//Proceedings of the 25th CAADRIA Conference. Hong Kong: Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2020, 2: 679-688.
- [23] LONG Ying, ZHANG Enjia. Trois voies par lesquelles la révolution scientifique et technologique favorise les études et pratiques urbaines : laboratoires urbains, nouvelles villes et villes futures [J]. World Architecture, 2021(3): 62-65. (en chino)
- [24] DENG Kaixuan, ZHANG Zhao, WANG Jun. Émergence et exploration du design intelligent de la morphologie urbaine dans le contexte numérique [J]. Urban and Rural Planning, 2023(3): 80-90. (en chino)
- [25] GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, et al. Construction d'un modèle théorique pour l'assistance AIGC à la diseño urbano [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 12-18. (en chino)
- [26] WANG Jianguo. Les quatre générations de paradigmes de diseño urbano du point de vue de la planification rationnelle [J]. City Planning Review, 2018, 42(1): 9-19. (en chino)
- [27] RENNER G, EKÁRT A. Genetic algorithms in computer aided design [J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(8): 709-726.
- [28] BANDLER J W. Optimization methods for computer-aided design [J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 1969, 17(8): 533-552.
- [29] SARCAR M M M, RAO K M, NARAYAN K L. Computer Aided Design and Manufacturing [M]. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2008.
- [30] SCHUMACHER P. Design parameters to parametric design [M]//KANAANI M, KOPEC D. The Routledge Companion for Architecture Design and Practice. New York: Routledge, 2015.
- [31] TEDESCHI A, LOMBARDI D. The algorithms-aided design (AAD) [M]//HEMMERLING M, COCCHIARELLA L. Informed Architecture: Computational Strategies in Architectural Design. Cham: Springer, 2017.
- [32] POPELKA S, ZERTUCHE L, BEROCHÉ H. Urban AI Guide [M]. Geneva: Zenodo, 2023.
- [33] GAN Wei. Étude des types et caractéristiques des technologies de planification urbaine intelligente en Chine et à l'étranger [J]. Urban Planning International, 2018, 33(3): 105-111. (en chino)
- [34] YANG Junyan. Du design numérique au contrôle numérique : exploration par Weihai du paradigme de quatrième génération de la diseño urbano [J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 109-118. (en chino)
- [35] YANG Junyan, ZHU Xiao, SHAO Dian. Retour sur l'histoire : évolution et perspectives d'un siècle de technologies de diseño urbano fondées sur les graphes de connaissances [J]. Urban Planning Forum, 2021(6): 20-27. (en chino)

- [36] HERZOG O, PAN Haixiao, DENG Zhituan, et al. La IA de nouvelle génération au service de l'urbanisme : opportunités et défis [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 1-11. (en chino)
- [37] WANG Shifu, LIANG Xiaoqi, DENG Zhaohua. Réflexions sur les idéaux spatiaux de la diseño urbano en Chine [J]. Zhuangshi, 2021(1): 32-37. (en chino)
- [38] WANG Fang. Accompagner la nature, intégrer l'humanisme et l'autonomisation numérique : intégration d'un paradigme de diseño urbano de la nouvelle ère dans Urban Design (4e éd.) [J]. The Architect, 2023(5): 126-129. (en chino)
- [39] ZHANG Y. CityMatrix: an Urban Decision Support System Augmented by Artificial Intelligence [D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2017.
- [40] CUGURULLO F, CAPROTTI F, COOK M, et al. Artificial Intelligence and the City: Urbanistic Perspectives on AI [M]. Oxfordshire: Taylor & Francis, 2023.
- [41] GRIFFITHS T L. Understanding human intelligence through human limitation [J]. Trends in Cognitive Sciences, 2020(11): 873-883.
- [42] VEREBES T. Modèles urbains interactifs : histoire et héritage liés au prototypage de la ville du XXIe siècle [J]. Urbanism and Architecture, 2015(28): 73-87. (en chino)
- [43] VEREBES T, LI Xuening. Ville adaptative : changement urbain, résilience et trajectoire vers un urbanisme de caractère [J]. World Architecture, 2013(9): 101-105. (en chino)
- [44] YIGITCANLAR T, CORCHADO J M, MEHMOOD R, et al. Responsible urban innovation with local government artificial intelligence (AI): a conceptual framework and research agenda [J]. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2021, 7(1): 71-87.
- [45] FUJII H, MANAGI S. Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: a global patent analysis [J]. Economic Analysis and Policy, 2018, 58: 60-69.
- [46] LI Y, LU H, LI J, et al. Underwater image de-scattering and classification by deep neural network [J]. Computers & Electrical Engineering, 2016, 54: 68-77.
- [47] LU H, LI B, ZHU J, et al. Wound intensity correction and segmentation with convolutional neural networks [J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2017, 29(6): e3927.
- [48] EMMERT-STREIB F, DEHMER M, HAIBE-KAINS B. Gene regulatory networks and their applications: understanding biological and medical problems in terms of networks [J]. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 2014, 2: 38-45.
- [49] DINH H Q, AUBERT N, NOMAN N, et al. An effective method for evolving reaction networks in synthetic biochemical systems [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2014, 19(3): 374-386.
- [50] LU H, LI Y, CHEN M, et al. Brain intelligence: go beyond artificial intelligence [J]. Mobile Networks and Applications, 2018, 23: 368-375.
- [51] LUUSUA A, YLIPULLI J, FOTH M, et al. Urban AI: understanding the emerging role of artificial intelligence in smart cities [J]. AI & Society, 2023, 38(3): 1039-1044.
- [52] TAGDE P, TAGDE S, BHATTACHARYA T, et al. Blockchain and artificial intelligence technology in e-health [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28: 52810-52831.
- [53] GHOSH P K, CHAKRABORTY A, HASAN M, et al. Blockchain application in healthcare systems: a review [J]. Systems, 2023, 11(1): 38-82.
- [54] ZUO Y, GUO J, GAO N, et al. A survey of blockchain and artificial intelligence for 6G wireless communications [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2023, 25(4): 2494-2528.

- [55] JHAJARIA S, KAUR D. Study and comparative analysis of ChatGPT, GPT and DALL-E2 [C]//2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). Piscataway: IEEE, 2023: 1-5.
- [56] MARCUS G, DAVIS E, AARONSON S. A very preliminary analysis of DALL-E 2 [J]. arXiv preprint arXiv, 2022, 2(2204): 13807-13821.
- [57] LIU Y, ZHANG K, LI Y, et al. Sora: a review on background, technology, limitations, and opportunities of large vision models [J]. arXiv preprint arXiv, 2024, 3(2402): 17177-17215.
- [58] TANG R, LIU L, PANDEY A, et al. What the DAAM: interpreting stable diffusion using cross attention [J]. arXiv preprint arXiv, 2022, 5(2210): 4885-4898.

Revisado: diciembre de 2024

(Este artículo fue traducido con asistencia de IA.)