

"Metaverso urbano": el Metaverso potencia el diseño urbano futuro

Wu Zhiqiang, Liang Jing, Jia Weiyi, Hei Jinghao, Zhang Shaohan, Chen Fan, Xu Haowen, Fan Siqi, Ji Xinghua

Academia China de Ingeniería, Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana de la Universidad de Tongji, Escuela de Diseño y Creatividad de la Universidad de Tongji, Instituto de Investigación y Diseño Arquitectónico de la Universidad de Tongji (Group) Co., Ltd.

Resumen: Clasificar las características clave del surgimiento y desarrollo del metaverso y señalar los puntos en común entre el metaverso y el diseño urbano: derivados de la visión, basados en la realidad y la creación colaborativa; Resume además las tres dimensiones del diseño urbano potenciado por el metaverso: expansión espacial, continuación del tiempo y co-construcción de las personas. De acuerdo con las necesidades de la construcción y operación urbana y el desarrollo del trabajo de diseño urbano, se propone un método que combina "R (realidad) y AR (realidad aumentada) virtual y real:" RAR (realidad augmented reality)". El proceso y los resultados del diseño urbano potenciados por el metaverso llevados a cabo por el método "RAR" se denominan colectivamente "Metaverso urbano". Resume la práctica típica del "metaverso urbano", clasifica y refina el proceso creativo y estructura el diagrama de flujo general de creación y operación, y detalla el camino técnico para aplicar el método "RAR" para lograr el diseño urbano potenciado por el metaverso, con el fin de lograr el desarrollo del futuro diseño urbano en el contexto existente.

Fondo: Proyecto de construcción del Centro de Conocimiento de Ciencia y Tecnología de Ingeniería de China "Centro Internacional de Conocimiento de Ciencia y Tecnología de Ingeniería y Cooperación Internacional" (Número de proyecto: CKCEST-2023-1-5); Proyecto "Co-construcción del espacio inteligente digital de la cultura electrónica de la Academia de Ingeniería Chino-Alemana de Renovación Urbana" de la Universidad de Tongji (Número de proyecto: ZD2023022)

Palabras clave: metaverso; Universo Chengyuan; Diseño urbano; RAR; Creación virtual y real
Sobre el autor:

Wu Zhiqiang, académico de la Academia China de Ingeniería, profesor de la Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana de la Universidad de Tongji, wus@tongji.edu.cn

Liang Jing, profesor asociado, Escuela de Diseño y Creatividad, Universidad de Tongji

Jia Weiyi, estudiante de maestría, Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana, Universidad de Tongji, jwy@tongji.edu.cn

Hei Jinghao, candidato a doctorado en la Escuela de Diseño y Creatividad de la Universidad de Tongji

Zhang Shaohan, ingeniero asistente, Instituto de Investigación y Diseño Arquitectónico de la Universidad de Tongji (Group) Co., Ltd.

Chen Fan, becario postdoctoral, Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana, Universidad de Tongji

Xu Haowen, candidato a doctorado, Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana, Universidad de Tongji

Fan Siqi, estudiante de maestría, Escuela de Diseño y Creatividad, Universidad de Tongji

Ji Xinghua, diseñador asistente del Instituto de Investigación y Diseño Arquitectónico de la Universidad de Tongji (Group) Co., Ltd.

Con el desarrollo de Internet 3.0, Industria 4.0 y Sociedad 5.0, el Metaverso se ha convertido en un tema de gran preocupación tanto en los campos académico como industrial. Como imaginación positiva de los seres humanos sobre la forma definitiva de la sociedad futura, la relación entre los mundos virtual y real explorada en el Metaverso inevitablemente afectará el desarrollo urbano futuro. En las ciudades, cómo interviene el Metaverso para promover el desarrollo urbano, si puede potenciar el proceso de creación y construcción urbana, cómo aplicar el concepto del Metaverso y las tecnologías relacionadas para llevar a cabo trabajos prácticos, esta serie de cuestiones subsiguientes necesitan ser discutidas urgentemente. En este contexto, este artículo parte de clasificar las características de desarrollo del metaverso, se centra en explorar el metaverso y el diseño urbano, señala las similitudes entre el metaverso y el diseño urbano y propone además tres dimensiones para que el metaverso potencia el diseño urbano. Sobre la base de considerar plenamente la experiencia de exploración de Fuzhou, Taizhou y otros lugares, este artículo propone el método "RAR (realidad agregada)" que combina el espacio físico urbano "R (realidad)" y la tecnología representada por "AR (realidad agregada)", detallando el camino técnico para aplicar "RAR" para llevar a cabo la práctica del "universo urbano", con el fin de abrir nuevas ideas para el desarrollo del trabajo de diseño urbano. Estimular una nueva vitalidad en la ciudad.

1 Metaverso y diseño urbano

1.1 Características del surgimiento y desarrollo del metaverso

Desde el mundo material natural hasta el mundo multidimensional creado por los seres humanos, la evolución de la civilización ha entrado ahora en una nueva era del mundo digital [1]. Como concepto emergente que integra una nueva generación de tecnología digital, el "Metaverso" ha inundado rápidamente todos los ámbitos de la vida desde que barrió todos los campos del desarrollo social urbano en 2021 y ha sido el foco de una amplia atención en los círculos académicos e industriales [2-5]. Sin embargo, los círculos académicos aún no han llegado a un consenso sobre el concepto de "metaverso", mostrando una tendencia de discusión académica de "cientos de escuelas de pensamiento que compiten" [6-7], y hay interminables discusiones en el campo práctico de la industria [8-9]. El concepto de "metaverso" nació por primera vez en la obra literaria de ciencia ficción Snow Crash [10] publicada en 1992 y se define como un mundo virtual paralelo al mundo real. El concepto tiene fuertes atributos espaciales desde su inicio. En las obras literarias, artísticas y creaciones de juegos que han surgido desde entonces, básicamente continúa el escenario conceptual de "mundo paralelo virtual" y se convierte en "juego sandbox de mundo abierto". "El más tío pico [11].

Aunque la práctica industrial del Metaverso es significativamente más rápida y más rápida que la discusión académica [12], con la profundización de los escenarios de aplicación, la discusión académica en torno al "Metaverso" ha aumentado gradualmente junto con la práctica industrial, y se ha expandido gradualmente desde la exploración de tecnologías específicas para explorar la definición y la connotación de valor de la visión general del mundo. La discusión académica sobre el nivel teórico del "metaverso" se centra actualmente en dos

aspectos (Figura 1): (1) Analizar el metaverso a partir de la relación entre el mundo virtual y real y el espacio [2-3, 11, 15-16]; (2) Analizar el metaverso desde la perspectiva de la implementación tecnológica [2.12, 15]. Zhang Hui y otros [12] creen que el metaverso es una forma digital construida por tecnología digital en la que el mundo virtual digital y el mundo real pueden coexistir hasta cierto punto. Irshad et al.[13] propusieron el concepto de metaverso basado en cinco estructuras clave, a saber, el metaverso en sí, las personas/encarnaciones, las capacidades técnicas del metaverso, el comportamiento y los resultados. Zhao Xing et al. [2] dividieron el camino de desarrollo del metaverso en tres categorías desde la perspectiva de la realización tecnológica: realidad reproducida, realidad trascendental y realidad aumentada. Chen Linsheng y otros [14] construyeron el modelo de "sistema de plástico mutuo tecnológico-económico" del Metaverso para integrar mejor el Metaverso con la economía y la industria reales.

A partir de la discusión de la relación entre virtual y real y basándose en la realización del desarrollo de tecnologías digitales emergentes, en la era digital, el concepto teórico de "metaverso" seguramente tendrá escenarios de aplicación más amplios. Como concepto teórico con fuertes atributos espaciales desde su nacimiento, el "Metaverso" intenta describir la relación entre el "espacio virtual" y el "espacio real" [2-5], que está destinado a tener un impacto en el espacio más grande de la supervivencia humana: la ciudad, un gran impacto [4]. Después de experimentar la "explosión" y la "discusión acalorada" iniciales, hasta el "cuestionamiento" y la "crítica", cuando el concepto del metaverso se "enfría" gradualmente y enfrenta el futuro desarrollo urbano, ahora debemos llevar a cabo discusiones esenciales sobre este concepto y tecnologías relacionadas. y exploración práctica orientada a aplicaciones.

1.2 Lugares en común entre el metaverso y el diseño urbano

1.2.1 A partir de la visión: características esenciales del metaverso y el diseño urbano

Desde el "primer año del metaverso" en 2021, las discusiones sobre el metaverso y las ciudades han aumentado gradualmente, centrándose principalmente en dos aspectos: por un lado, el análisis de fenómenos y conceptos, y los conceptos y marcos más típicos que involucran el "metaverso" [5], los cambios en el espacio social provocados por el desarrollo [6] y, por otro lado, la discusión de escenarios de aplicación, Los típicos incluyen el diseño urbano digital [15], la respuesta de planificación del "metaverso" [4], el espacio exterior digital [16], etc. Ren Bing y otros [5] nombraron la última forma de combinación del metaverso y el espacio urbano "Metaverso urbano (Metaci, Y interpretarlo como otra forma avanzada de la nueva ciudad inteligente después de la ciudad gemela digital. Es "una extensión del espacio urbano físico creado en el espacio virtual utilizando seis categorías principales de tecnologías, incluida la tecnología blockchain, la tecnología interactiva, la tecnología de juegos electrónicos, la tecnología de inteligencia artificial, la tecnología de redes y computación en la nube, y la tecnología de Internet de las cosas." Una nueva ecología urbana futura construida desde la perspectiva ". Esta definición explica claramente el concepto de "metaverso urbano" desde el nivel de aplicación técnica y tiene cierta importancia de referencia. Sin embargo, desafortunadamente, desde la perspectiva de la aplicación práctica, esta definición aún no ha comprendido la naturaleza virtual y real que involucra el origen del "metaverso". La relación se discute en profundidad y la construcción del concepto teórico del "metaverso urbano" no es lo suficientemente detallada, lo que también proviene de la comprensión del metaverso"La

discusión del concepto en sí misma aún no se ha definido

Figura 1 El proceso de desarrollo del concepto de metaverso



Es innegable que, ya sea desde el nivel técnico o conceptual, la discusión del metaverso reconoce su origen "derivado de la construcción de escenas imaginarias", que es consistente con el punto de partida para la renovación y el diseño de las ciudades dentro de la disciplina de planificación urbana. coincide; El diseño y la creación de ciudades provienen de la hermosa visión común de la humanidad [17-20], y la visión se representa en el espacio urbano a través de caminos profesionales; El concepto de "metaverso", como imaginación positiva de los seres humanos sobre las formas sociales futuras [8, 10], se basa en la discusión de la relación entre virtual y real y se basa en la realización del desarrollo de tecnologías digitales emergentes [2]. Se extiende desde el espacio físico hasta el espacio virtual. La descripción de la visión del espacio, ambos tienen características esenciales en común, que también es la premisa para que el metaverso pueda intervenir en el diseño urbano. Diseño urbano orientado al futuro [22], el concepto de metaverso proporciona una nueva forma de realizar la visión del diseño urbano. El desarrollo del "metaverso" seguramente promoverá la estrecha integración de los espacios virtuales y reales urbanos [23].

1.2.2 Basado en la realidad: la base constructiva del metaverso y el diseño urbano

Como se mencionó anteriormente, el concepto de metaverso tiene fuertes atributos espaciales desde su inicio, y la esencia de su aplicación radica en crear escenas para objetos de implementación. A nivel de aplicación, la tendencia de desarrollo del Metaverso de "promover la realidad a través de la virtualidad" es el consenso de varios campos sobre la etapa actual de desarrollo [2-6]. El desarrollo del "Metaverso" promoverá la estrecha integración de los mundos virtual y real y la inseparable "integración virtual y real" [3], lo que demuestra además que el concepto del metaverso y las tecnologías relacionadas no pueden separarse del espacio físico y del espacio urbano en sí. El diseño urbano, como trabajo de diseño con ciudades como objeto de investigación, debe llevarse a cabo basándose en la realidad [18-19], por lo que el metaverso y el diseño urbano tienen la misma base constructiva, que también es la base para que el metaverso pueda intervenir en el diseño urbano. En el enorme espacio real de la ciudad, la intervención de Metaverso en el trabajo tradicional de diseño urbano promoverá la profunda integración del "espacio virtual y real", promoverá el desarrollo del espacio físico urbano con "virtualidad" y potenciará efectivamente el trabajo de diseño urbano. El autor considerará esto El proceso y los resultados se denominan "Metaverso de la ciudad".

1.2.3 Creación colaborativa: el camino hacia la realización del metaverso y el diseño urbano

Como se mencionó en 1.2.1, tanto el metaverso como el diseño urbano se derivan de

una visión común, lo que significa que se necesita colaboración en el proceso de implementación, coordinando la imaginación y representación de todas las partes y la relación entre las partes interesadas, y realizando la visión común de una manera colaborativa. Como forma digital completamente nueva [12], el metaverso en sí no sólo depende de las capacidades innovadoras de los desarrolladores de tecnología en el contexto de su desarrollo y construcción, sino que también requiere la participación colaborativa de usuarios y creadores de contenido: interacción y retroalimentación [22-23]. Del mismo modo, la planificación y el diseño urbanos contemporáneos con las personas como cuerpo principal requieren del gobierno. Los desarrolladores, los ciudadanos y otras partes interesadas participan juntos [19]. En el metaverso, a través de experiencias interactivas, los usuarios pueden influir y dar forma directamente al entorno virtual e interactuar con el espacio real para dar comentarios [20, 23]. Esto es similar a la comunicación y coordinación de múltiples entidades en el diseño urbano [24], y el camino general para que el público participe en el diseño a través de plataformas relevantes [25-26]. Por lo tanto, la "creación colaborativa" es el camino de implementación común del Metaverso y el diseño urbano, y esta es la condición de implementación para que el Metaverso pueda intervenir en el proceso de diseño urbano.

2 El metaverso potencia las tres dimensiones del diseño urbano

Las similitudes entre el metaverso y el diseño urbano brindan posibilidades completas para que el metaverso intervenga y potencie el diseño urbano. En la nueva era digital [27], el Metaverso potencia el diseño urbano para crear un "Metaverso urbano" requiere una dimensión orientada a la implementación. Explorar cómo el Metaverso interviene específicamente en el diseño urbano y lo potencia es una cuestión importante que debe discutirse en el contexto actual. Esta sección analiza en detalle las tres dimensiones del Metaverso potenciando el diseño urbano.

2.1 Extensión espacial: de la realidad a la virtualidad

La discusión del Metaverso sobre la relación entre el espacio virtual y real es una inspiración fundamental para el trabajo actual relacionado con el diseño urbano, que se debe fundamentalmente al desarrollo tecnológico relacionado bajo el concepto del Metaverso. La realidad "aumentada" basada en AR (realidad aumentada), la realidad mixta adicional (MR) y la realidad extendida más completa (XR) son entradas importantes para promover la construcción de escenas interactivas virtuales y reales [2]; Al mismo tiempo, en los últimos años, los cambios en la tecnología informática espacial representados por la tecnología de realidad aumentada móvil (MAR) han dado lugar a cada vez más casos de aplicación del metaverso a escala urbana, ¡lo que hace que los investigadores! Preste atención a los activos espaciales digitales de la ciudad. La realidad aumentada móvil es una idea de interacción de realidad aumentada basada en dispositivos móviles debido a la mejora de la capacidad de producción industrial y el desarrollo de gráficos por computadora y tecnologías de interacción humano-computadora [13]. La realidad aumentada móvil puede representar materiales virtuales en movimiento libre en tiempo real mientras mantiene la relación espacial ideal entre objetos reales y objetos virtuales, apoyando así eficazmente la implantación de contenido digital en el espacio urbano [14], lo que proporciona una base para la configuración del espacio urbano. La expansión de la realidad a la virtual proporciona posibilidades de implementación y es la inspiración fundamental que el metaverso aporta al diseño urbano.

2.2 Continuación del tiempo: del pasado al futuro

Debido a la sensación más inmersiva de "presencia virtual" proporcionada por la tecnología digital, el "metaverso" ofrece a los experimentadores la posibilidad de viajar fácilmente a través del tiempo [23]. Mirar el presente desde el pasado y ver el futuro desde el presente es el alcance macro del diseño urbano en el tiempo y el espacio. Basado en la teoría de la programación dinámica, el diseño ya no está satisfecho con un solo resultado tipo plan. La teoría de la planificación de sistemas, la teoría de la planificación de continuidad, los modelos de planificación de acción, etc. han surgido según los tiempos. La planificación se ha convertido en una herramienta activa y específica para mejorar la ciudad [28-29]. A través del "metaverso" construido por la tecnología de enseñanza de palabras permite mapear rápidamente las soluciones de diseño al sitio. El contenido del "Metaverso" puede cambiar y responder rápidamente. Esta característica también permite que el contenido narrativo del diseño de múltiples líneas de tiempo se alterne y dialogue rápidamente en el espacio urbano, rompiendo el ciclo tradicional de diseño y construcción y permitiendo que el pasado, el presente y el futuro se conecten con la ciudad. Los espacios se conectan rápidamente [30-31].

2.3 Co-construcción de las personas: del individuo al grupo

La intervención del "Metaverso" brinda oportunidades sostenibles y abiertas para la cocreación de las personas. La ciudad es la ciudad de la humanidad [27], por lo que la práctica del "metaverso urbano" creada por el metaverso que potencia el diseño urbano es una práctica que reúne visiones humanas y da forma a mejores escenas de vida virtuales y reales para individuos y colectivos. Las tecnologías y plataformas integradas relacionadas con el metaverso brindan la posibilidad de una respuesta flexible, una predicción oportuna y un diagnóstico inteligente para las necesidades dinámicas personalizadas de los seres humanos [32-33]. En el contexto del diseño urbano popular, Metaverse inspira al diseño urbano a construir una plataforma abierta digital sostenible y cocreativa, utiliza dispositivos móviles para vincular individuos, obtener información relevante sobre la demanda de manera oportuna y ajustar el diseño con una sensibilidad extremadamente alta para responder oportunamente a escenas. Retroalimentación [341] para promover la ciudad para lograr mejor el objetivo de la construcción conjunta de las personas.

3 "RAR": el enfoque del metaverso para potenciar el diseño urbano

En el diseño urbano, centrándose en los métodos específicos de construcción de escenas urbanas e integrando el concepto de "metaverso" y los medios técnicos de implementación, el autor resume la experiencia práctica y refina el marco metodológico que combina "R" y "AR": "RAR (realidad aumentada realidad),

3.1 Connotación de "RAR": creación de virtualidad y realidad

La definición del concepto de "RAR" gira en torno a la interpretación de las connotaciones de "R" y "AR" en el contexto del diseño urbano y la descripción de la relación entre ambos: "R" es realidad, que se refiere a la integración de diversos elementos del entorno material y la visión de las necesidades humanas; "AR" es realidad aumentada, lo que se refiere al potenciamiento del diseño urbano tradicional a través de métodos técnicos representados por la tecnología "AR (realidad aumentada)" bajo el concepto del metaverso para mejorar el contenido de escenas urbanas reales; "RAR" significa "aumento de la realidad", lo que se refiere a la realidad urbana real a través de una serie de tecnologías digitales representadas por "AR", incluidos big data, inteligencia artificial, blockchain y métodos de realidad

augmented ". La escena se recrea y se realiza una visión común en el dominio del mercado de la ciudad con la orientación de "integración de lo virtual y lo real" y "promoción de lo real con lo virtual" (Figura 2). El objeto de "RAR" es el espacio urbano, que contiene dos dimensiones: espacio real y espacio virtual; La esencia de "RAR" es la creación de espacios virtuales y reales; Aplicar el método "RAR" para potenciar el diseño urbano y crear una forma urbana futura: el "universo urbano".

3.2 Marco "RAR": diez diseños de espacio virtual y real

La creación de "RAR" de espacios virtuales y reales se lleva a cabo tanto en espacios virtuales como en espacios reales, lo que amplía la dimensión espacial y el nivel de contenido sobre la base del diseño urbano tradicional. El autor resume diez diseños de espacios virtuales y reales y construye el marco de "RAR". Ver Figura 3.

3.2.1 Cinco diseños de espacio virtual

(1) Diseño de imagen

El diseño de imagen es la creación de "imágenes" urbanas en el espacio virtual. Esto requiere que los diseñadores interpreten visualmente la visión en el espacio sobre la base de una comprensión precisa de la visión, que puede ser un objeto que lleve la identidad cultural de la comunidad, una escena de vida deseable y hermosa o una interpretación imaginaria de una historia. El diseño desempeñará un papel importante en él. Cómo diseñar la imagen espacial para expresar mejor el anhelo, crear resonancia y transmitir el reconocimiento del valor es una consideración clave al comienzo del diseño.

(2) Diseño de tiempo

El diseño del tiempo es el diseño del movimiento de la "imagen". La creación de realismo e inmersión requiere que los diseñadores den una "vida virtual" a la imagen, es decir, introduzcan una dimensión temporal a nivel de imagen estática tridimensional, diseñen sus cambios de movimiento según las características de la imagen y lleven a cabo una creación secundaria de trayectorias espacio-temporales en la ontología de la imagen. Esto requiere diseñar la proposición principal basada en la visión, crear la ley de movimiento del mundo virtual y estar en línea con el mundo real para fortalecer el consenso de la visión colectiva.

(3) Diseño de comunicación

El diseño de comunicación es el diseño interactivo de las personas y el espacio virtual. Para implementar imágenes y escenas dinámicas, debemos centrarnos en la forma de interactuar con objetos espaciales. La base del diseño es la capacidad de percepción humana. Los diseñadores llevan a cabo un diseño de comunicación basado en los cinco sentidos humanos básicos (visión, audición, olfato, gusto, tacto) y percepción extrasensorial, y diseñan imágenes, voz, olores, tacto, etc. para transmitir la intención acoplada a la visión.

(4) Diseño de reacción

El diseño de reacción es el diseño de la retroalimentación espacial humana. Después de interactuar con el objeto, el objeto transmitirá la respuesta de comunicación, que es un puente para establecer la interacción entre el espacio virtual y real y lograr un "circuito cerrado". La respuesta del espacio real se recopila a través de la percepción inteligente y se retroalimenta al espacio virtual para establecer un circuito cerrado de "interacción y retroalimentación". Los diseñadores deben diseñar métodos de retroalimentación de objetos, establecer mecanismos de respuesta de objetos y transmitir información de manera efectiva.

Figura 2 Análisis de la creación virtual y real "RAR"

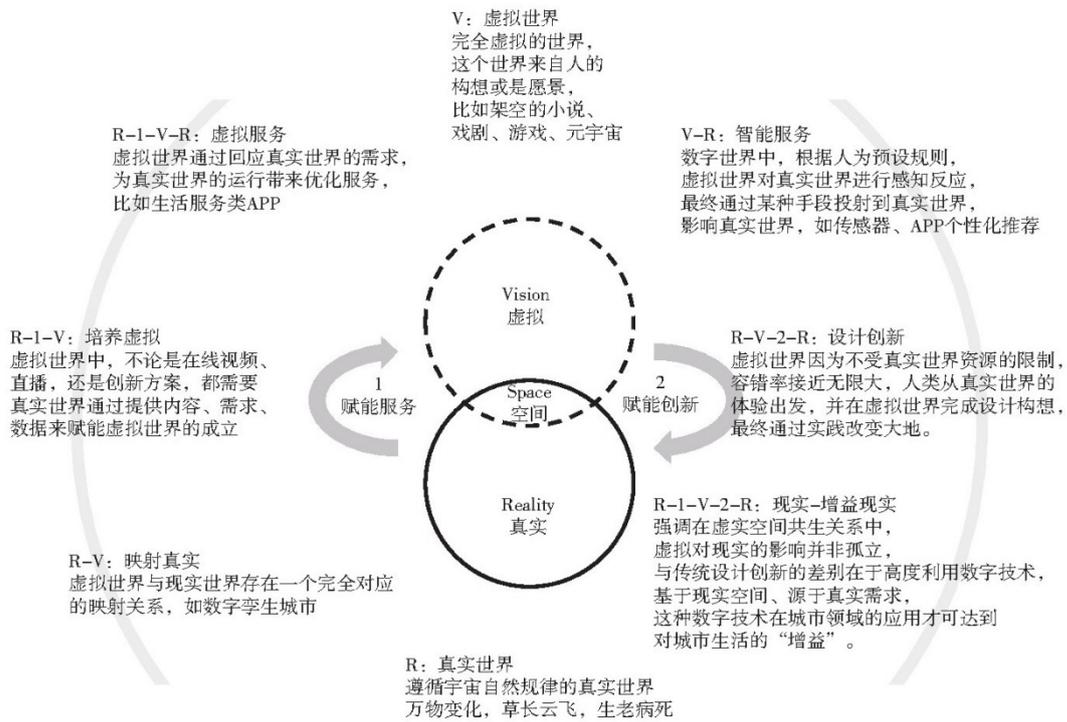
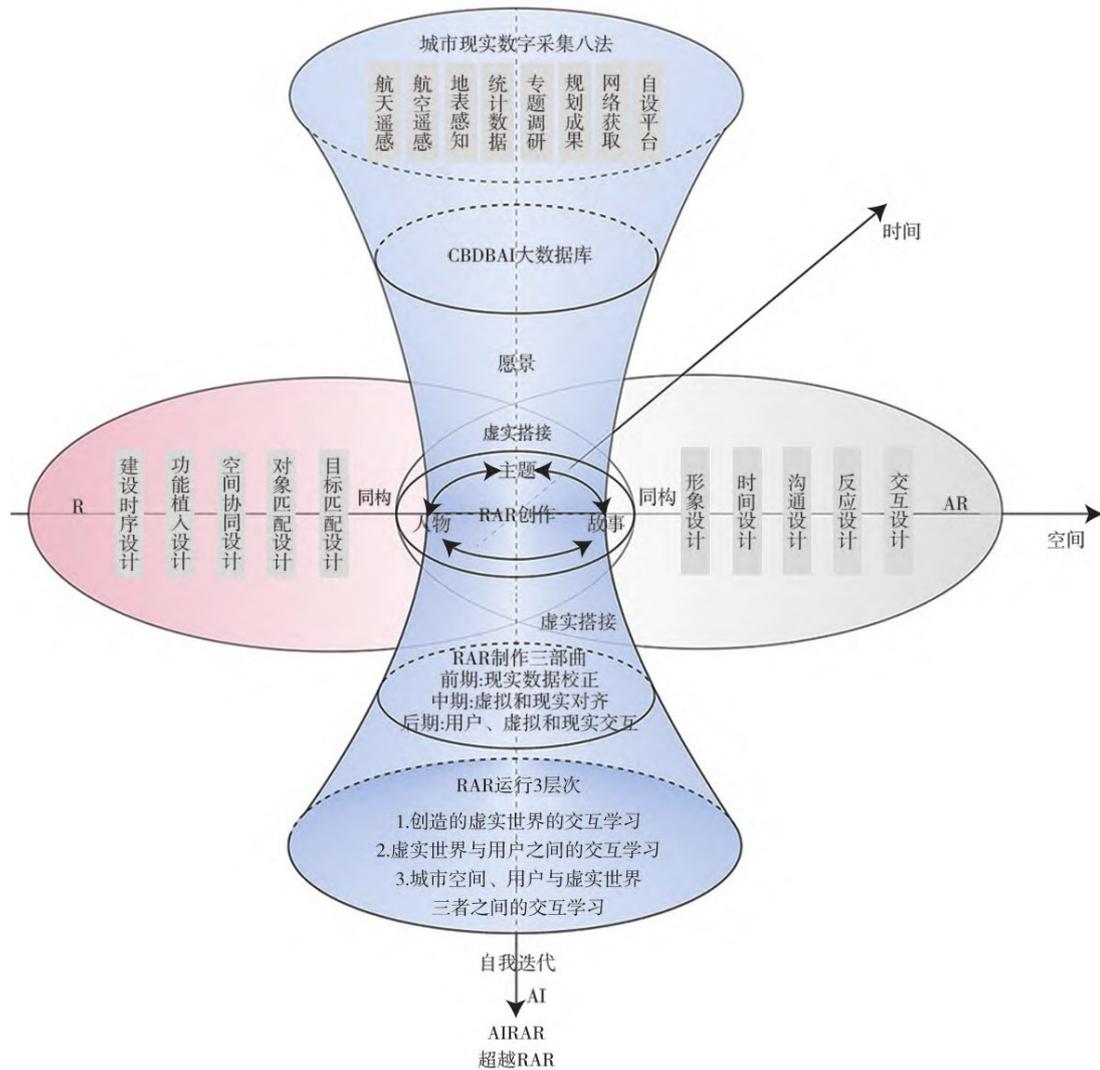


Figura 3 Marco “RAR”



(5) Superposición virtual y real

Los cuatro diseños anteriores se pueden completar en una computadora basándose en tecnología digital en el mundo virtual. Al pasar al quinto diseño, es necesario aclarar la posibilidad de superposición entre el espacio real y la visión, y reconocer las diferencias entre el mundo real y el mundo virtual. Qué falta, complementarse adecuadamente a través del diseño, El "escenario" del espacio real puede llevar el "juego" de la interpretación del espacio virtual.

3.2.2 Cinco diseños del espacio real

(1) Diseño de correspondencia de objetivos

El diseño de coincidencia de objetivos es un diseño que coincide con el espacio virtual y el objetivo bidimensional del espacio real basado en el posicionamiento del objetivo de diseño urbano tradicional. El objetivo del diseño sigue siendo superar los puntos débiles y los problemas difíciles, y los objetivos del diseño deben ser claros y específicos. El mundo virtual en la visión es diferente del mundo real. Sobre la base de una identificación precisa de la visión, es aún más necesario identificar claramente la diferencia entre los sueños y la realidad, y utilizar métodos de diseño inteligentes para combinar la visión del mundo virtual con el

mundo real. en el espacio real. Los objetivos coinciden.

(2) Diseño de coincidencia de objetos

El diseño de coincidencia de objetos es un diseño para la coincidencia dinámica de requisitos de objetos de uso, basado en el diagnóstico de requisitos de objetos de usuario. El verdadero propietario del espacio ubicado no es en realidad lo mismo que el constructor de la visión actual, lo que requiere que los diseñadores consideren de manera prospectiva los objetos de uso futuros y transformen la visión del espacio virtual en una escena espacial real tangible y utilizable, lo que facilita la interacción con las necesidades del objeto.

(3) Diseño colaborativo espacial

El diseño colaborativo espacial es el diseño de cómo el espacio virtual se interpreta y colabora con el espacio real. Al pasar del mundo virtual al mundo real, la configuración de la escena debe coordinarse con el mundo real y colocarse efectivamente en el espacio real. Primero, debemos considerar cómo la escala espacial del mundo real coincide con la escena del mundo virtual creado. En el espacio real, el prototipo de escena del mundo virtual debe diseñarse secundariamente de acuerdo con las condiciones específicas del espacio real para que coincida con las condiciones específicas del espacio real.

(4) Diseño de implante funcional

El diseño de implantación funcional es similar al diseño de posicionamiento funcional en el diseño urbano tradicional, que involucra dos dimensiones: espacio virtual y espacio real. "Perceptible y disponible" en el espacio recto es el punto de apoyo del diseño y la vida humana. Para satisfacer las necesidades específicas del mundo real, los diseñadores deben implantar funciones específicas en el prototipo de escena, dar un significado real a la escena del espacio virtual y brindar soporte para todos los aspectos de la producción y la vida humanas.

(5) Diseño de temporización de construcción

El diseño del tiempo de construcción es una guía orientada a la implementación. Desde la perspectiva del proceso de implementación, debemos clasificar los objetivos de diseño específicos que deben completarse en cada etapa, dismantelar los objetivos y llevar a cabo la implementación del diseño de manera progresiva en función de las condiciones reales, cumplir con las leyes evolutivas del desarrollo de la sociedad humana y actualizar y mejorar gradualmente la calidad a partir de los objetivos básicos. Al mismo tiempo, los procesos en tiempo real también deben ser prospectivos, tener en cuenta con anticipación los cambios provocados por los desarrollos del mundo real y adaptarse de manera dinámica y oportuna.

4 "Metaverso urbano": la práctica y el camino técnico del Metaverso para potenciar el diseño urbano

El autor detalla el camino técnico orientado a la implementación en función de la práctica del "Metaverso urbano" del diseño urbano potenciado por el Metaverso llevado a cabo a ambos lados del río Minjiang en Fuzhou y la calle Guanhe en Taizhou. La práctica de diseño del "Universo Fuyuan" se lanzó en el contexto de la Quinta Cumbre de China Digital, con el objetivo de activar el espacio costero urbano a ambos lados del río Minjiang en Fuzhou y potenciar la Quinta Cumbre de China Digital [35]; La práctica de diseño de "Xianyuan Universe" se centra en la activación del distrito cultural Guanhe en la ciudad de Taizhou, lleva a cabo actualizaciones integrales desde la experiencia espacial hasta las operaciones comerciales, convirtiéndolo en el primer distrito metaverso del mundo en abrir la economía

digital [36]. En "RAR" "Bajo el marco metodológico, La ruta técnica de la implementación del proyecto se puede resumir en cuatro niveles según el orden cronológico (Figura 4), a saber: (1) la construcción espacial se completa a través de la adquisición digital; (2) Diseño bidireccional del espacio virtual y el espacio real para completar la creación de "RAR"; (3) Desarrollar un motor AR y un sistema interactivo para completar la producción de "RAR"; (4) Integrar la depuración, liberación y mantenimiento de equipos de software y hardware para promover el funcionamiento de RAR.

4.1 Adquisición digital: construcción espacial

El desarrollo del proyecto comienza con la construcción de una base de datos espaciales y se divide principalmente en tres pasos: (1) Preparación antes de la recopilación; (2) Escaneo de nubes de puntos láser 3D y modelado espacial; (3) Recopilación de datos del contenido del escenario, incluido el diagnóstico de problemas y el análisis de necesidades. A nivel técnico, la tecnología de escaneo de nubes de puntos tridimensionales que captura y reconstruye el entorno real se utiliza principalmente para escanear la escena real. Al mismo tiempo, se analiza su precisión y precisión en el back-end del servidor y, finalmente, se modela la imagen completa del sitio espacial real del objeto de diseño y se aclaran los puntos débiles y necesidades del proyecto. En el proyecto "Fuyuan Universe", el equipo analizó el espacio real a ambos lados del río Minjiang con un tramo de 5.659 m, Un total de 328 edificios y sus sitios se escanearon mediante nubes de puntos para completar la construcción espacial; En el proyecto "Xianyuan Universe", el equipo realizó un escaneo completo del río y el paisaje a ambos lados de la calle Guanhe y la forma de las tiendas a lo largo de la calle, registró el formato comercial y los datos operativos, y completó la construcción del piso desde el espacio hasta el contenido.

4.2 Creación "RAR": diseño bidireccional del espacio virtual y real

La creación de diseño de "City Metaverse", que potencia el diseño urbano, es consistente con el diseño urbano tradicional. Pero la diferencia es que el diseño del "Universo de la Ciudad" implica dos dimensiones: espacio virtual y espacio real. Además de la creación espacial tradicional, también se requiere diseño de contenido digital (Figura 4). En el proyecto "Fuyuan Universe", el diseño utiliza escenas reales a ambos lados del río Minjiang como base realista, extrae imágenes como peces de colores y banianos, y utiliza agua como venas para dar trayectorias de movimiento a objetos virtuales y dar forma a un estado de vida fluido. Extrayendo los elementos clave del proceso de desarrollo histórico y cultural de la ciudad de Fuzhou y combinándolo con el tema de la Cumbre de China Digital, diseñamos una narración: la primera tumba es el viaje milenario, la segunda tumba es la respuesta a través del Estrecho y la tercera tumba es la revisión universal diversificada (Figura 5). Durante el día del proyecto "Revisión del personaje Xianyuan", con el fin de implementar activamente el despliegue del Comité Provincial del Partido de Zhejiang de "crear nuevos avances en la herencia y el desarrollo de una excelente cultura tradicional representada por el proyecto de transmisión de la cultura de la dinastía Song", "Calle Guanhe · Universo Xianyuan" de acuerdo con la idea general de "agua clara y considerable, cultura próspera para viajar y calles concurridas para comercio", Conecte los recursos culturales característicos de la dinastía Song del Sur a lo largo del río Dongguan, el río Nanguan, el río Xiguan y el río Yongning, abra el canal terrestre del antiguo río Guan, reproduce el paisaje del sur del río Yangtze en el espacio virtual, interactúa con el espacio real a través de dispositivos móviles y desencadena la

experiencia Función sexual, para crear una cultura que utilice la cultura para atraer el turismo y cultivar la cultura, que puede viajar, comprar yUn nuevo hito de "Diez millas de río oficial, mil años de rima de la dinastía Song" que se puede relajar y experimentar. Ver Figura

Figura 4 Metaverso potencia el diseño urbano: el camino técnico para la realización del "Metaverso urbano"

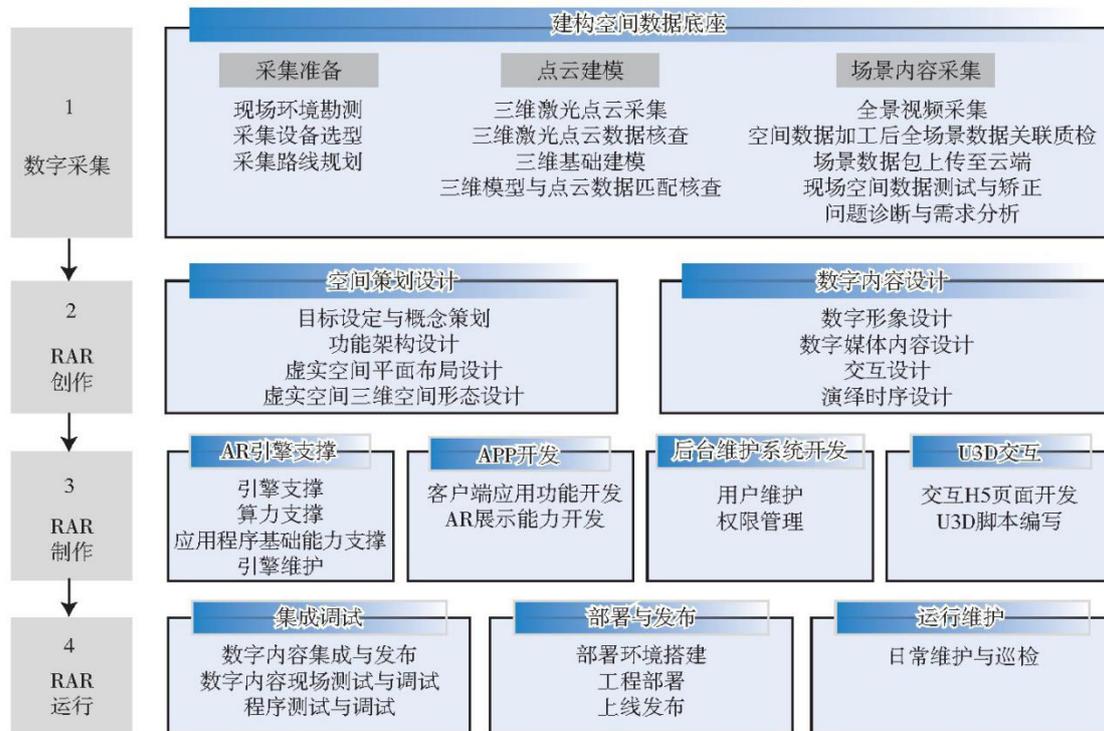


Figura 5 Escena real visualizada interactivamente por dispositivos móviles del proyecto "Fuyuan Universe"



Fuente de datos: Equipo de preparación del proyecto "Universo Fuyuan: Planificación e implementación de la escena nocturna de Yuanyumu en la sección central de la ciudad de Fuzhou", 2022

Figura 6 Escena real visualizada interactivamente por dispositivos móviles del proyecto "Xianyuan Universe"



Fuente de datos: Equipo de preparación del proyecto "Guanhe Ancient Road One Immortal Universe", 2022

4.3 Producción "RAR": desarrollo de motores y sistemas interactivos

El enlace de producción RAR se puede entender como el enlace de implementación de proyectos de diseño urbano. A diferencia de la construcción en espacios físicos después de la entrega e implementación del diseño urbano tradicional, el enlace de producción RAR es principalmente el desarrollo de espacios virtuales, específicamente: (1) Construcción de motor AR. Al mismo tiempo, requiere potencia informática y soporte de capacidades básicas de aplicaciones. El motor debe tener capacidades de recopilación y construcción de mapas 3D de alta precisión a nivel de centímetros para escenas completas y capacidades informáticas espaciales a nivel de centímetros, y ser capaz de realizar una sólida comprensión del entorno y una representación altamente realista. (2) Desarrollo del cliente. En la actualidad, se trata principalmente del desarrollo de APP, el desarrollo de funciones de aplicaciones relacionadas y capacidades de visualización de AR. (3) Desarrollo del sistema de mantenimiento en segundo plano para garantizar el mantenimiento del usuario y la gestión de los derechos de uso relacionados. (4) Desarrollo de funciones interactivas U3D, diseño de páginas interactivas y escritura de guiones. En el proyecto Fuyuan Universe, debido a sus características costeras, la interacción consiste principalmente en ver interpretaciones de obras de teatro en el espacio virtual; En el proyecto Xianyuan Universe, debido a la riqueza de las tiendas y formatos comerciales existentes, se han agregado recomendaciones de compras, interacción de consumidores y otros enlaces (Figura 7).

4.4 Ejecución "RAR":

Una vez completado y producido el proyecto, es necesario realizar depuración, implementación, lanzamiento, operación y mantenimiento integrados, lo que equivale a la aceptación del proyecto de diseño urbano y la inspección y el mantenimiento del efecto de presentación del proyecto. Este es un paso clave para integrar creatividad y datos en la aplicación (Figura 4). Después de completar la depuración integrada y la implementación del entorno y la ingeniería, el contenido del espacio virtual se puede poner en línea en la plataforma del cliente. El lanzamiento en línea marca que el proyecto ha entrado en una nueva etapa. En este momento, la aplicación está abierta al público y los usuarios pueden comenzar a experimentarla. Sin embargo, el trabajo del proyecto no ha terminado. El mantenimiento y las inspecciones rutinarias son la clave para garantizar el funcionamiento estable a largo plazo de la aplicación. Esto incluye monitorear el rendimiento de la aplicación, resolver problemas que surjan y actualizar periódicamente el software para adaptarse a nuevas necesidades o corregir defectos conocidos.

Figura 7 Escena real (escena de consumo) visualizada interactivamente por dispositivos móviles del proyecto "Xianyuan Universe"



Fuente de la imagen: Equipo de preparación del proyecto "Guanhe Ancient Road-Xianyuan Universe", 2022

5 Resumen y perspectivas

A partir de las características del surgimiento y desarrollo del metaverso, este artículo explora las similitudes entre el metaverso y el diseño urbano: derivadas de la visión, basadas en la realidad y la creación colaborativa, y propone además tres dimensiones del metaverso para potenciar el diseño urbano: expansión espacial, continuación del tiempo y co-construcción de las personas. El proceso creativo y los resultados del metaverso que potencia el diseño urbano se define como "metaverso urbano". Basándose en la experiencia práctica de diseño, el autor propone el método "RAR" para el metaverso que potencia el diseño urbano, y propone "RAR" desde la perspectiva de la relación entre el espacio virtual y el espacio real. Las diez arquitecturas de diseño de "RAR", tomando como ejemplos la práctica del Universo Fuyuan y el Universo Xianyuan, Se detalla el camino técnico para aplicar el método "RAR" para lograr el diseño urbano potenciado por el metaverso. Como nuevo pensamiento en el campo de la planificación y el diseño urbanos provocado por la evolución de la tecnología humana, el concepto de "universo urbano" y el método "RAR" deben enriquecerse continuamente con las necesidades del desarrollo de los tiempos y gradualmente implementarse para resolver los verdaderos puntos débiles y dificultades de la ciudad en una nueva escena. En base a esto, se proponen tres reflexiones de desarrollo.

5.1 Proceso de diseño

Es innegable que, además de la intervención de nuevas tecnologías, el contexto de discusión del Metaverso que potencia el futuro diseño urbano integra los campos tradicionales de diseño y renovación urbana, así como muchos campos de diseño como diseño interactivo, diseño de medios digitales y diseño artístico. El proceso integra varios tipos de diseño y procesos de aplicación de tecnología digital, que es diferente del campo tradicional del diseño urbano, por lo que su proceso de diseño e implementación es similar al de los proyectos generales de construcción y renovación urbana y tiene su propia singularidad. En general, la viabilidad es más fuerte, el ciclo de práctica es más corto y el efecto es más significativo. Desde la perspectiva de la implementación y aplicación, el camino técnico del Metaverso para potenciar el diseño urbano futuro debe ser más sistemático, estandarizado y estandarizado.

5.2 Normas técnicas

La práctica del "metaverso urbano" del metaverso que potencia el diseño urbano futuro es una práctica ubicada en el espacio urbano real y está relacionada con las aspiraciones humanas y el desarrollo urbano local. Su diseño e implementación deben estar restringidos por estándares técnicos más claros: por un lado, está dirigido a la nueva generación de

tecnologías digitales, como la AR y otras tecnologías; Por otro lado, está dirigido al control de la cantidad de cambios en el espacio urbano en el proceso de implementación del diseño, de modo que la práctica de diseño sea razonable y basada en leyes.

5.3 Tendencias futuras

En septiembre de 2023, cinco departamentos, incluido el Ministerio de Cultura y Turismo, publicaron conjuntamente el "Plan de acción trienal para la innovación y el desarrollo de la industria del Metaverso (2023-2025)" [37], y se lanzaron sucesivamente políticas relevantes para las aplicaciones del Metaverso para fomentar la aplicación del Metaverso. El universo potencia el desarrollo multidimensional de las ciudades. Metaverso potencia el diseño urbano futuro para responder a las necesidades específicas de la renovación urbana en la era existente, establecerse en el espacio urbano y proponer efectivamente soluciones a los puntos débiles urbanos. En el futuro, el diseño urbano potenciado por el metaverso debería integrarse más estrechamente con los requisitos realistas de la renovación de existencias de mi país y utilizar más plenamente la tecnología digital para proponer soluciones. La práctica del "metaverso urbano" también debería aplicarse a escenarios más amplios y penetrar gradualmente en diversas dimensiones, como la economía, la sociedad y la cultura, para crear escenas de vida urbana más dinámicas y potenciar efectivamente el espacio urbano.

Referencias

- [1] Wu Zhiqiang. Cinco cuestiones filosóficas en la planificación territorial y espacial [J]. Revista de Planificación Urbana, 2020(6):7-10.
- [2] Zhao Xing, Qiao Lili, Ye Ying. Revisión de la investigación y aplicación del metaverso [J]. Revista de gestión de recursos de información, 2022, 12(4):12-23.
- [3] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P et al. All one needs to know about metaverso: a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda[M/OL]. arXiv, 2021 [2024-04-18]. <http://arxiv.org/abs/2110.05352>.
- [4] Deng Zhituan. Metaverso y desarrollo urbano: interpretación lógica y respuesta de planificación [J]. Revista de Planificación Urbana, 2022(3):44-49
- [5] Ren Bing, Chen Zhixia, Zhang Maomao, Hacia el metaverso urbano en la era de la inteligencia digital: definición conceptual y construcción de marco[J]. Gobierno electrónico, 2023(6):88-99
- [6] Jiang Chunlei. El metaverso y el futuro de las ciudades inteligentes [J]. Edificios inteligentes y ciudades inteligentes, 2022(6):153-155.
- [7] Gao Qiqi, Liang Xingzhou. Ilusión y nada: reflexión crítica sobre el fenómeno del metaverso [J]. Academia, 2022(2): 54-64.
- [8] Huang Xinrong. Exploración filosófica del metaverso: de la sociedad de la información al cerebro cósmico [J]. Exploración teórica, 2022(2):5-11.
- [9] YOO S C, PISCARAC D, KANG s. Digital outdoor advertising decoration for the metaverse smart city[J]. international journal of Advanced Culture Technology, 2022, 10(1):196-203.
- [10] NEAL S. Snow crash: a novel[M]. Spectra, 2003.
- [11] Xiao Chaowei, Zhang Minwei, Liu Helin, et al. Análisis de la reconstrucción espacial del "Metaverso" [J]. Geografía y Ciencia de la Información Geográfica, 2022, 38(2):1-9.
- [12] Zhang Hui, Zeng Xiong, Liang Zheng, Explorando el "metaverso": connotación conceptual, desarrollo morfológico y mecanismo de evolución[J]. Investigación en Ciencias,

2023, 41(5): 769-776.

[13] IRSHAD S, AWANG RAMBLI D R, MUHAMAD NAZR! N I A, et al. Measuring user experience of mobile augmented reality systems through non-instrumental quality attributes [M]/ABDULLAH N, WAN ADNAN W A, FOTH M. User science and engineering: Vol.886. Singapore: Springer Singapore, 2018.

[14] Chen Linsheng, Ming Wenbiao, Zhao Xing, La integración tecnológica del metaverso potencia el desarrollo de alta calidad de la economía real: modelos teóricos y aplicaciones industriales [J], Comparación de sistemas económicos y sociales, 2024(1):74-83.

[15] Li Haohao, Xu Dapeng, Cun Lei, et al. Metaverso: diseño urbano gemelo digital[J]. Tecnología y aplicaciones de robótica, 2022(6):12-14.

[16] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum[C]//DAS H. Photonics for Industrial Applications. Boston, MA, 1995: 282-292.

[17] Gan Wei, Wu Zhiqiang, Wang Yuankai, et al. Construcción de modelos teóricos de diseño urbano asistido por AIGC [J]. Revista de Planificación Urbana, 2023(2): 12-18.

[18] Zhang Jiantao. Un breve análisis de la teoría del diseño urbano occidental contemporáneo [J]. Revista de Planificación Urbana, 2005(2):6-12

[19] Sun Yimin, Sima Xiao, Deng Dong, et al. "Diseño urbano popular: práctica y pensamiento innovadores" Charla escrita académica [J]. Revista de Planificación Urbana, 2023(3):1-11.

[20] Wu Lei, Niu Qiang, Zhu Yurong. Sobre la ciudad del metaverso que integra el espacio virtual y real [J]. Journal of Urban Sciences, 2024(1): 47-52.

[21] Cui Kai, Transformación del diseño en la renovación urbana [J], Revista de Planificación Urbana, 2022(6): 58-61.

[22] HENRYSSON A. Bringing augmented reality to mobile phones[D]. Norrköping: LinköpingUniversity, 2007.

[23] Chen Changfeng. Metaverso: la práctica de la mediación profunda [J]. Modern Publishing, 2022(2): 19-30.

[24] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Li Shuran, et al. "Cerebros urbanos": modelos teóricos y temas clave [J], Revista de Planificación Urbana, 2023(6): 20-26.

[25] Mo Wenjing, Xia Nankai, Selección de métodos de participación pública en la planificación urbana basados en la madurez de los participantes [J], Journal of Urban Planning, 2012(4): 79-85

[26] Zhao Min, Liu Jing, Demandas sociales y garantías institucionales de la "participación pública" en la planificación urbana: discusión desencadenada por el incidente del "Proyecto PX" en Xiamen [J], Urban Planning Journal, 2010(3): 81-86.

[27] Wu Zhiqiang, Zhou Mimi, Liu Qi, et al. "Gemelos intergeneracionales": mapeo de las características vitales de las ciudades [J]. Revista de Planificación Urbana, 2024(1):9-17.

[28] BELLMAN R, Li Guoliang, Ma Linjun, et al. Teoría de la programación dinámica [J]. Revista de la Universidad Sun Yat-sen (Edición de Ciencias Naturales), 1961(1):1-10.

[29] Wang Fuhai, Sun Shiwen, Zhou Jianyun, et al., Planificación urbana: del plan definitivo a la planificación dinámica: práctica y teoría de la planificación dinámica [J]. Planificación urbana, 2013, 37(1):70-75.

[30] Li Yu, Chen Ziwei, Xu Yuejia, et al. Computación, generación y virtualización: exploración del sistema de tecnología de diseño urbano basado en múltiples herramientas digitales [J].

Revista de la Universidad de Ciencia y Arquitectura de Beijing, 2023, 39(4): 65-76

[31] Li Haohao, Xu Dapeng, Du Lei, et al. Metaverso: diseño urbano gemelo digital[J]. Tecnología y aplicaciones de robótica, 2022(6):12-14

[32] Gan Wei: Teoría y modelo de planificación de inteligencia artificial desde la perspectiva de la vida urbana [J]. Planner, 2018, 34(11):13-19.

[33] Wu Zhiqiang, Gan Wei, Liu Zhaohui, et al. Ciudad de IA: teoría y arquitectura de modelos[J]. Revista de Planificación Urbana, 2022(5):17-23

[34] AZUMA R T. A survey of augmented reality [J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6 (4): 355-385

[35] Xinhuanet. Wu Zhiqiang, académico de la Academia China de Ingeniería: "Fuyuan Universe" realiza la integración de tecnología y sentimientos [EB/OL]. (2022-08-26) [2023-10-19]. https://www.ncsti.gov.cn/kjdt/ztbd/xzjj/szjjrc/yyz/202207/t20220728_90948.htm

[36] Xinhuanet. "Huangyan, una ciudad dulce durante miles de años": Yuanyou Guanhe Ancient Road [EB/OL]. (2024-04-20) [2024-04-21]. <http://www.zj.xinhuanet.com/20240420/c18bcd55bf524157be22bfaf414b6805/c.htm>

[37] Plan de acción trienal para la innovación y el desarrollo de la industria Yuanverse (2023-2025) [R]. Beijing: Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma de la República Popular China, 2023.

[1]吴志强.国土空间规划的五个哲学问题[J].城市规划学刊,2020(6):7-10.

[2]赵星,乔利利,叶鹰.元宇宙研究与应用综述[J].信息资源管理学报,2022,12(4):12-23.

[3] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P et al. All one needs to know about metaverse:a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda[M/OL]. arXiv, 2021[2024-04-18]. <http://arxiv.org/abs/2110.05352>.

[4]邓智团.元宇宙与城市发展:逻辑阐释与规划应对[J].城市规划学刊,2022(3):44-49

[5]任兵,陈志霞,张茂茂,迈向数智时代的城市元宇宙:概念界定与框架构建[J].电子政务,2023(6):88-99

[6]姜春雷.元宇宙与智慧城市的未来[J].智能建筑与智慧城市,2022(6):153-155.

[7]高奇琦,梁兴洲.幻境与虚无:对元宇宙现象的批判性反思[J].学术界,2022(2):54-64.

[8]黄欣荣.元宇宙的哲学探索:从信息社会到宇宙大脑[J].理论探索,2022(2):5-11.

[9] YOO S C, PISCARAC D, KANG s. Digital outdoor advertising decoration for the metaverse smart city[J]. international journal of Advanced Culture Technology,2022,10(1):196-203.

[10] NEAL S. Snow crash:a novel[M]. Spectra,2003.

[11]肖超伟,张旻薇,刘合林,等.“元宇宙”的空间重构分析[J].地理与地理信息科学,2022,38(2):1-9.

[12]张辉,曾雄,梁正,探微“元宇宙”:概念内涵、形态发展与演变机理[J].科学学研究,2023,41(5):769-776.

[13] IRSHAD S, AWANG RAMBLI D R,MUHAMAD NAZR! N I A, et al. Measuring user experience of mobile augmented reality systems through non-instrumental quality attributes[M]/ABDULLAH N,WAN ADNAN W A, FOTH M. User science and engineering:Vol.886.singapore:Springer Singapore,2018.

[14]陈林生,明文彪,赵星,元宇宙技术融合赋能实体经济高质量发展:理论模型与产业应用[J],经济社会体制比较,2024(1):74-83.

[15]李浩浩,徐大鹏,村磊,等.元宇宙:数字孪生城市设计[J].机器人技术与应用,2022(6):12-14.

- [16] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality:a class of displays on the reality-virtuality continuum[C]//DAS H. Photonics for Industrial Applications. Boston, MA, 1995:282-292.
- [17]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.
- [18]张剑涛.简析当代西方城市设计理论[J].城市规划学刊,2005(2):6-12
- [19]孙一民,司马晓,邓东,等.“人民城市设计:创新实践与思考”学术笔谈[J].城市规划学刊,2023(3):1-11.
- [20]伍磊,牛强,朱玉蓉.论虚实空间融合的元宇宙城市[J].城市学报,2024(1):47-52.
- [21]崔愷,城市更新中设计的转变[J].城市规划学刊,2022(6):58-61.
- [22] HENRYSSON A. Bringing augmented reality to mobile phones[D]. Norrköping:Linköping University, 2007.
- [23]陈昌凤.元宇宙:深度媒介化的实践[J].现代出版,2022(2):19-30.
- [24]吴志强,甘惟,李舒然,等.“城市众脑”:理论模式及关键议题[J].城市规划学刊,2023(6):20-26.
- [25]莫文竞,夏南凯,基于参与主体成熟度的城市规划公众参与方式选择[J].城市规划学刊,2012(4):79-85
- [26]赵民,刘婧,城市规划中“公众参与”的社会诉求与制度保障:厦门市“PX 项目”事件引发的讨论[J].城市规划学刊,2010(3):81-86.
- [27]吴志强,周咪咪,刘琦,等.“跨代孪生”:映射城市的生命特征[J].城市规划学刊,2024(1):9-17.
- [28] BELLMAN R,黎国良,马麟浚,等.动态规划理论[J].中山大学学报(自然科学版),1961(1):1-10.
- [29]王富海,孙施文,周剑云,等,城市规划:从终极蓝图到动态规划:动态规划实践与理论[J].城市规划,2013,37(1):70-75.
- [30]李煜,陈紫薇,徐跃家,等.计算、生成、虚拟:基于多元数字工具的城市设计技术体系探索[J].北京建筑大学学报,2023,39(4):65-76
- [31]李浩浩,徐大鹏,杜磊,等.元宇宙:数字孪生城市设计[J].机器人技术与应用,2022(6):12-14
- [32]甘惟:城市生命视角下的人工智能规划理论与模型[J].规划师,2018,34(11):13-19.
- [33]吴志强,甘惟,刘朝晖,等. AI 城市:理论与模型架构[J].城市规划学刊,2022(5):17-23
- [34] AZUMA R T. A survey of augmented reality[J]. Presence:Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4):355-385
- [35]新华网.中国工程院院士吴志强:“福元宇宙”实现技术与情怀的融合[EB/OL].(2022-08-26)[2023-10-19].https://www.ncsti.gov.cn/kjdt/ztbd/xzjj/szjjrc/yyz/202207/t20220728_90948.html.
- [36]新华网.《黄岩,一座甜了千年的城》:元游官河古道[EB/OL].(2024-04-20)[2024-04-21].<http://www.zj.xinhuanet.com/20240420/c18bcd55bf524157be22bfaf414b6805/c.html>.
- [37]元宇宙产业创新发展三年行动计划(2023-2025 年)[R].北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会,2023.