

iSpace: exploración conceptual y prácticas de planificación urbana a partir de 246 casos internacionales

WU Zhiqiang, HE Rui, CHEN Zeyin, ZHU Yumo, TENG Yuwei, YANG Xinyu, JIANG Limin

Resumen. A medida que el desarrollo de las ciudades inteligentes pasa del diseño estratégico a la implementación, la incorporación de inteligencia a los espacios urbanos se convierte en un medio decisivo para materializar esta visión. A partir de 246 proyectos iSpace terminados o en construcción en todo el mundo durante la última década, este estudio revisa el estado actual de la práctica. Al integrar esta evidencia con la investigación teórica, define iSpace como un entorno urbano en el que las tecnologías avanzadas permiten percibir las necesidades de los usuarios y las condiciones ambientales, adoptar decisiones fundamentadas, responder de forma adaptativa y aprender y optimizarse de manera continua. iSpace presenta dos atributos esenciales —la habilitación tecnológica y el soporte espacial— y cuatro elementos de planificación: percepción integral, evaluación precisa, respuesta adecuada y optimización basada en el aprendizaje. El artículo propone asimismo vías operativas para la transformación inteligente de los espacios urbanos, aportando un marco teórico y orientaciones prácticas para su aplicación generalizada.

Palabras clave: iSpace; ciudad inteligente; concepto; Internet de las cosas; inteligencia artificial.

Clasificación de la Biblioteca China: TU984. Código del documento: A. DOI: 10.16361/j.upf.202405002. Número del artículo: 1000-3363 (2024) 05-0012-06.

El cambio tecnológico está superponiendo las dimensiones física y digital de las ciudades, generando nuevos imaginarios urbanos y transformando las formas de interacción y de uso del espacio. En los últimos años, la investigación y la práctica sobre ciudades inteligentes se han centrado principalmente en conceptos estratégicos y arquitecturas de plataformas [1-2], o en la modernización inteligente de infraestructuras como el transporte, la logística y las galerías de servicios [3-5].

Sin embargo, las calles, plazas, áreas residenciales y demás entornos cotidianos son los espacios donde se desarrolla la vida urbana y donde la ciudadanía entra en contacto directo con los servicios de la ciudad inteligente. Extender la inteligencia desde las estrategias de alto nivel y las infraestructuras básicas hacia los espacios de vida urbana se ha convertido, por tanto, en una prioridad para el desarrollo de alta calidad de las ciudades inteligentes. Proyectos como Sidewalk Toronto en Canadá, Woven City en Japón y The Line en Arabia Saudí incluyen numerosas visualizaciones de escenarios inteligentes de vida urbana. Aunque siguen en gran medida en fase de diseño, ofrecen referencias e inspiración relevantes para el futuro desarrollo de los espacios urbanos inteligentes.

1 Estado actual de la práctica de iSpace

Este estudio realizó una revisión amplia de proyectos de espacios urbanos inteligentes terminados o en construcción en todo el mundo durante la última década. La búsqueda empleó términos como «espacio inteligente», «lugar inteligente», «edificio inteligente» y «comunidad residencial inteligente». Se identificaron 246 proyectos, organizados en un marco analítico y una base de casos.

Los proyectos construidos abarcan superficies que van desde varios metros cuadrados hasta varios cientos de miles. Los promotores incluyen empresas privadas, instituciones públicas y organismos

gubernamentales, mientras que los equipos ejecutores comprenden desde estudios convencionales de arquitectura y planificación hasta empresas de tecnología inteligente y de equipamiento eléctrico. Para responder a necesidades de seguridad, consumo energético y confort, los proyectos incorporan nuevos materiales, como fibra de carbono y biosensores, junto con tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) y los gemelos digitales. De este modo se crean espacios urbanos con menor consumo de carbono, experiencias sensoriales novedosas y respuestas más personalizadas.

Los casos comprenden una amplia variedad de tipos espaciales: vivienda, cultura, educación e investigación, sanidad, comercio y oficinas, industria, logística y almacenamiento, redes viarias y transporte, infraestructuras, zonas verdes y plazas públicas (figura 1). En los entornos residenciales, en particular, se ha extendido rápidamente la inteligencia integral del hogar. Al conectar los sistemas domésticos de sonido, iluminación y electricidad, estas aplicaciones generan entornos personalizados y más confortables, a la vez que atienden necesidades concretas como el envejecimiento en el hogar y el cuidado infantil. También se ha consolidado una cadena industrial relativamente completa en materia de normas, políticas sectoriales, soluciones de diseño y modelos de negocio.



Figura 1. Casos representativos de proyectos

En los edificios comerciales y de oficinas, la transformación inteligente persigue ante todo reducir el consumo energético. Los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, ascensores y otros equipos se controlan automáticamente, mientras que los sistemas eléctricos del edificio se gestionan mediante plataformas integradas. El auge reciente del trabajo flexible, combinado con la detección de

ocupación de los puestos, también ha generado nuevos enfoques para el diseño y uso de los espacios de oficina. En los ámbitos sanitario, educativo y cultural, las plataformas inteligentes suelen configurarse en torno a funciones específicas, como quirófanos inteligentes, aulas inteligentes y salas de exposición multimedia.

En parques urbanos, calles, plazas y otros espacios públicos, el diseño convencional de la forma espacial y de las actividades se complementa bien con mobiliario urbano dotado de tecnología —asientos, marquesinas y paradas de transporte—, bien con visualización 3D sin gafas, proyección holográfica, realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV), enriqueciendo así la experiencia del espacio público urbano.

En estos proyectos, el desarrollo de los sistemas digitales y el diseño y construcción del espacio físico suelen corresponder a sectores distintos. Las elevadas barreras disciplinares e industriales producen una integración débil y una coordinación insuficiente, e incluso pueden generar conflictos durante el funcionamiento. Además, el uso de nuevos materiales y tecnologías sigue siendo exploratorio, y los costes de investigación, desarrollo y construcción son relativamente altos. Por ello, algunos proyectos tienen ante todo una finalidad experimental o demostrativa. Esta inteligencia orientada a la tecnología y a la exhibición todavía difiere de la que parte de problemas reales de los usuarios [6].

2 Concepto y características

La investigación actual sobre entornos espaciales inteligentes procede principalmente de ámbitos como la ingeniería de refrigeración y climatización, la informática, la automatización y el Internet de las cosas [7-8]. En general, busca avances técnicos específicos o experimentos de simulación en campos como el consumo energético, el control automatizado de equipos, la ocupación espacial y la realidad virtual [9-12]. Recientemente también han surgido estudios en las disciplinas del entorno construido. Entre ellos se encuentran la conceptualización de la ciudad como integración de personas, tecnología y espacio [13]; la propuesta de terminales de edificios inteligentes que combinan el soporte arquitectónico con la inteligencia ambiental [14]; y la identificación de nuevos módulos espaciotemporales de actividad social a microescala [15]. No obstante, la conexión entre las visiones prospectivas de la ciudad inteligente y los productos tecnológicos aplicados sigue siendo insuficiente [16]. En particular, el «escenario inteligente» adquiere significados distintos según el contexto y aún carece de una definición clara y una sistematización rigurosa.

2.1 Definición conceptual de iSpace

A partir del análisis de proyectos internacionales de espacios inteligentes y de la investigación académica existente, este estudio define iSpace como un entorno urbano en el que las tecnologías avanzadas permiten a distintos espacios percibir las necesidades de comportamiento humano y las condiciones ambientales, formular evaluaciones y adoptar decisiones, modificar el estado del entorno para mejorar la seguridad, la eficiencia energética y el confort, y aprender y optimizar continuamente su funcionamiento.

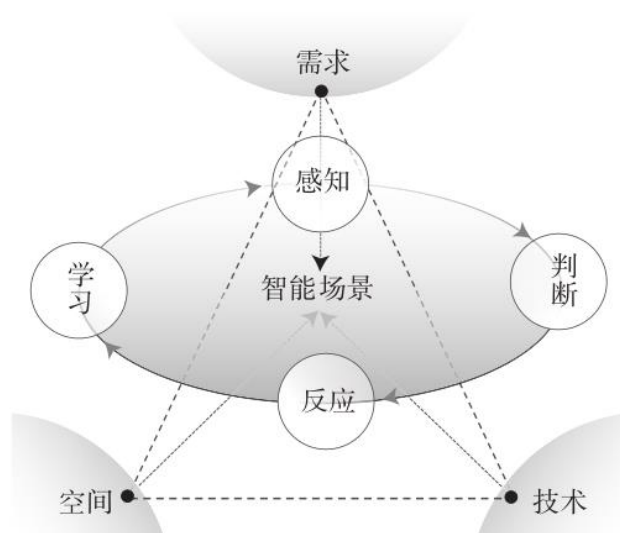


Figura 2. Estructura de iSpace

2.2 Características clave de iSpace

iSpace se crea mediante el uso de tecnologías inteligentes emergentes (i) para dotar de inteligencia al espacio urbano (space). Es una nueva forma espacial de las futuras ciudades inteligentes, surgida de la integración profunda de las tecnologías avanzadas con el entorno construido de la arquitectura, la planificación y el diseño paisajístico. Sus dos características definitorias son la tecnología inteligente y el soporte espacial.

Característica 1: aplicación de tecnologías «i». La materialización de iSpace requiere avances de la informática, la mecatrónica, la psicología, la ergonomía y otros campos. Seis grandes grupos tecnológicos —percepción inteligente, IoT y comunicaciones, gestión inteligente de edificios y del entorno, analítica de datos e IA, control automatizado y realidad virtual o aumentada— integran espacios y equipos, datos y redes, y entornos físicos e informacionales en un sistema interconectado (tabla 1).

Tabla 1. Tecnologías utilizadas en iSpace

Dimensión tecnológica	Tecnología	Objeto	Dimensión tecnológica	Tecnología	Objeto
Percepción inteligente	Sensores de IA para auscultación vial	Usuarios	Analítica de datos e IA	Plataforma de análisis de datos	Usuarios
	Percepción inteligente mediante drones	Entorno		Algoritmos de aprendizaje profundo	Usuarios
	Radar de ondas milimétricas	Usuarios		Algoritmos de aprendizaje federado	Usuarios
	Termografía	Entorno		Tecnologías GPT	Usuarios

Dimensión tecnológica	Tecnología	Objeto	Dimensión tecnológica	Tecnología	Objeto
	Sensores de profundidad	Usuarios		Analítica de datos basada en IA	Usuarios
IoT y comunicaciones	Sensores IoT	Entorno	Control automatizado	Sistema de control automatizado	Entorno
	Control inteligente de iluminación	Entorno		Plataforma inteligente de monitorización	Entorno
	NB-IoT	Entorno		Algoritmo SLAM	Entorno
	Sistema inteligente de plantación	Entorno		Algoritmo de control con IA	Entorno
Gestión inteligente de edificios y del entorno	Sistema de gestión energética	Entorno	Realidad virtual y aumentada	Tecnologías estructurales adaptativas	Entorno
	Sistema de gestión de edificios inteligentes	Entorno		Tecnologías de RA, RV y RM	Usuarios
	Sistema de monitorización ambiental	Entorno		Proyección holográfica	Usuarios

Característica 2: el espacio como soporte. El espacio es, en esencia, un sistema volumétrico delimitado por superficies. Los lugares urbanos acogen actividades diversas, constituyen el punto de prestación de los servicios de la ciudad inteligente y son las interfaces mediante las cuales los residentes experimentan directamente sus aplicaciones. Por ello, influyen en su percepción de beneficio, bienestar y seguridad.

Los sensores, las redes, los equipos informáticos y los demás componentes necesarios para la inteligencia deben desplegarse físicamente en el espacio. Las calzadas [17], las fachadas de los edificios [18], las farolas [19], los contenedores de residuos [20] y otras superficies del mobiliario urbano pueden actuar como soportes espaciales. Según la base de casos, los soportes empleados en iSpace pueden agruparse, de acuerdo con su función dentro del sistema espacial, en dos categorías y cinco tipos de superficie (tabla 2): superficies delimitadoras e intermedias, que comprenden paredes, suelos, techos, superficies de mobiliario urbano y tuberías.

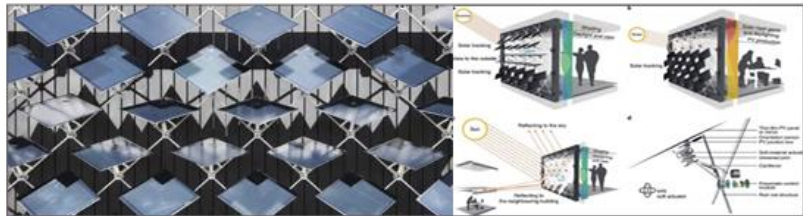
Tabla 2. Tipos de superficies espaciales y casos representativos

Categoría	Soporte	Casos representativos
Superficies delimitadoras	Pared	Pared interactiva LUMES del Hospital Cabrini ¹ ; fachada fotovoltaica adaptativa de ETH Zurich ²
	Suelo	Pavimento inteligente SensFloor de Fisher Care Home ³
	Techo	Techo interactivo inteligente del edificio de Ping An Property & Casualty Insurance, Shenzhen ⁴

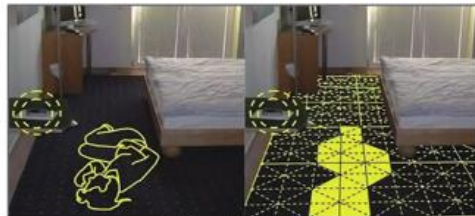
Categoría	Soporte	Casos representativos
Superficies intermedias	Superficie de mobiliario urbano	Tramo demostrativo de farolas inteligentes en Huahua Road, Shenzhen ⁵ ; refugio exterior inteligente para gatos ⁶
	Tubería	Aplicación de RA para la red subterránea de servicios urbanos de Tongzhou, Pekín ⁷



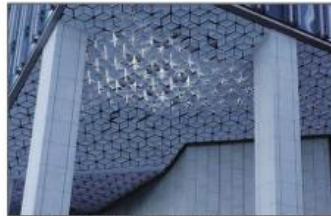
(a) 卡布里尼医院LUMES互动墙



(b) 苏黎世理工：自适应光伏外墙



(c) SensFloor智能地板



(d) 深圳平安财险大厦智能互动天花板



(e) 深圳市花路智能灯杆示范段



(f) 户外智能猫窝



(g) 北京通州地下管网系统AR应用

Figura 3. Casos representativos de iSpace

3 Elementos de planificación

Una ciudad inteligente avanza hacia una inteligencia sostenible mediante un ciclo recurrente de percepción, evaluación, respuesta y aprendizaje [21]. La planificación y el diseño de los entornos espaciales urbanos siguen la misma lógica de cuatro elementos (figura 4). Se perciben de forma integral seis categorías de datos del entorno construido; distintos algoritmos de IA permiten después una evaluación precisa; las respuestas adecuadas se articulan mediante interacción o control; y el aprendizaje de patrones recurrentes permite que el entorno se optimice por sí mismo.

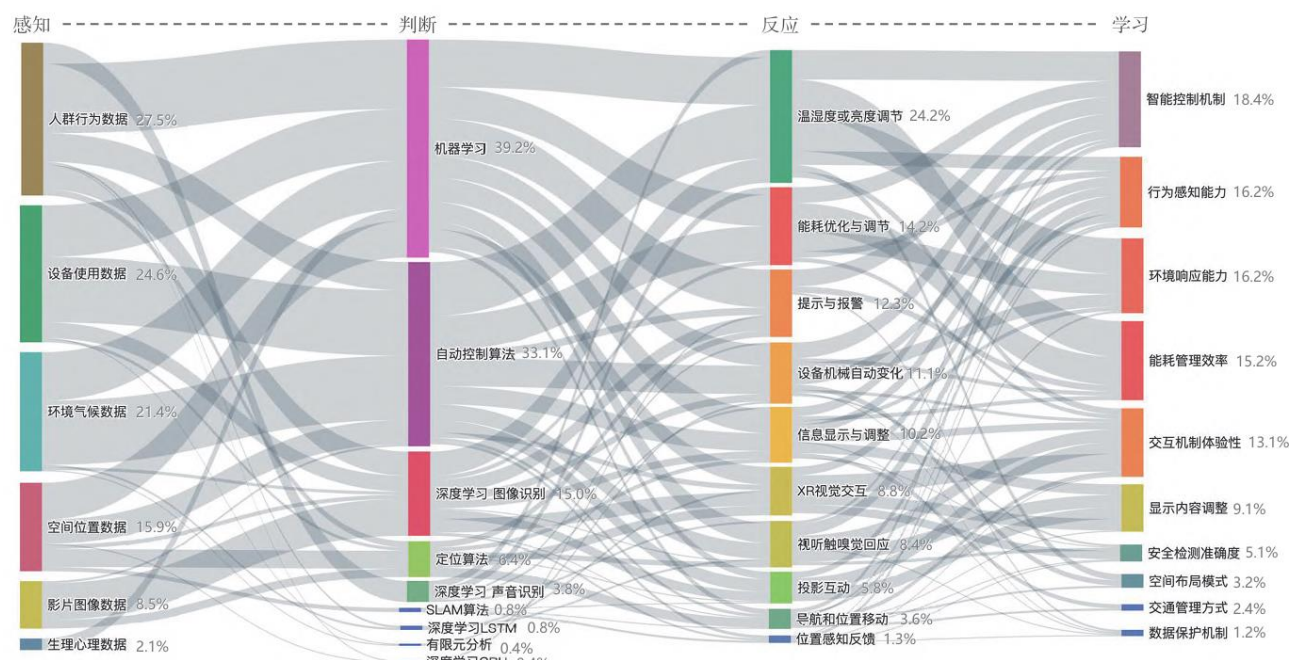


Figura 4. Diagrama de Sankey de los cuatro elementos de iSpace

3.1 Percepción integral

La percepción integral es el primer paso, esencial e indispensable, para construir iSpace. El entorno construido genera datos de muy diversa naturaleza [22], y sensores e instrumentos de monitorización se utilizan ampliamente para recopilar información espacial destinada a la observación en tiempo real y a la gestión integrada del entorno y de la actividad humana.

Según su naturaleza y finalidad, la información perceptible en el espacio urbano puede agruparse en seis categorías: datos ambientales y climáticos, datos de uso de los equipos, datos de localización espacial, datos de vídeo e imagen, datos de comportamiento de las personas y datos fisiológicos y psicológicos. La tabla 3 resume estos tipos de datos y sus dispositivos de percepción, proporcionando una base para analizar con precisión sus propiedades y usos y respaldar las etapas posteriores de la inteligencia espacial.

Tabla 3. Tipos de datos y dispositivos de percepción

Categoría de datos	Tipo de datos	Contenido	Dispositivos de percepción
Datos ambientales y climáticos	Condiciones ambientales	Velocidad del viento, iluminación, temperatura, humedad, calidad del aire, presión atmosférica y ruido	Estaciones meteorológicas; sensores de temperatura y humedad; anemómetros; sonómetros; sensores de calidad del aire
	Datos de iluminación	Intensidad lumínica interior y exterior, posición solar y luz ambiente	Sensores de iluminancia; seguidores de posición solar
Datos de uso de los equipos	Datos de estado de los equipos	Condición, funcionamiento y uso de los equipos	RFID; NFC; sistemas de monitorización de equipos; sensores de equipos

Categoría de datos	Tipo de datos	Contenido	Dispositivos de percepción
	Datos de consumo energético	Consumo de energía y datos de carga	Monitores de energía; contadores inteligentes
	Datos de operación de los equipos	Datos de control de los usuarios, configuración de dispositivos y registros de funcionamiento	Terminales de control de usuario; registradores de operaciones; sistemas de registro
Datos de localización espacial	Datos de localización de usuarios	Ubicación de usuarios, coordenadas del personal y ubicación de visitantes	Radar de ondas milimétricas; detección infrarroja; dispositivos de posicionamiento Wi-Fi
	Datos de movilidad	Trayectorias de movimiento, rutas de desplazamiento y recorridos peatonales	Dispositivos GPS; rastreadores móviles; sensores de marcha
	Datos de localización de vehículos	Posición de los vehículos, plazas de aparcamiento y flujo de tráfico	GPS a bordo; sistemas de seguimiento de vehículos; equipos de monitorización de aparcamientos
	Datos de uso del espacio	Ocupación, tasas de utilización de salas y patrones de uso espacial	Cámaras de vigilancia interior; sensores de ocupación; detectores infrarrojos
Datos de vídeo e imagen	Datos de vídeo	Vídeo de vigilancia, fotografías e imágenes capturadas	Cámaras de vigilancia; cámaras digitales; cámaras de salpicadero
	Datos termográficos	Imágenes térmicas e infrarrojas	Cámaras termográficas; cámaras infrarrojas
	Datos de reconocimiento facial	Imágenes faciales, identificación de identidad y datos de rasgos personales	Cámaras de reconocimiento facial; cámaras de alta resolución
	Datos de realidad virtual	Escenas virtuales, datos de RV y proyección holográfica	Visores de RV; cámaras panorámicas; dispositivos de captura de movimiento
Datos de comportamiento de las personas	Datos de comportamiento del usuario	Movimiento, trayectorias de comportamiento, voz y tacto	Radar de ondas milimétricas; micrófonos; sensores sensibles a la presión
	Datos de flujo de personas	Volumen peatonal, condiciones de desplazamiento y datos de peatones	Contadores de personas; cámaras térmicas; suelos sensibles a la presión

Categoría de datos	Tipo de datos	Contenido	Dispositivos de percepción
	Datos de retroalimentación e interacción	Comentarios, evaluaciones e interacción social de los usuarios	Recopilación de datos de redes sociales; software de analítica social
Datos fisiológicos y psicológicos	Datos emocionales del usuario	Reconocimiento de emociones, estado psicológico y fluctuaciones emocionales	Cámaras de análisis de expresiones faciales; dispositivos de reconocimiento emocional por voz
	Datos de salud	Electrocardiogramas, electroencefalogramas, electromiogramas, estado de salud y monitorización de signos vitales	Instrumentos de ECG; dispositivos de monitorización de la salud, como pulseras y relojes
	Datos de estrés	Nivel de estrés y carga psicológica	Sensores de presión; monitores de frecuencia cardíaca

3.2 Evaluación precisa

Los dispositivos de percepción instalados en los espacios urbanos captan principalmente datos en tiempo real, de alta frecuencia y gran volumen. Para realizar análisis descriptivos, diagnósticos y predictivos se requieren algoritmos de aprendizaje automático y profundo [23], que permiten evaluar con precisión las condiciones ambientales y de los equipos, el comportamiento humano y las necesidades de los usuarios (tabla 4).

Los algoritmos de aprendizaje automático, como las máquinas de vectores de soporte (SVM) y los bosques aleatorios, resultan adecuados para datos estructurados y permiten efectuar con eficiencia tareas de clasificación y regresión. Un modelo de bosque aleatorio, por ejemplo, puede predecir el estado de los equipos espaciales e identificar fallos potenciales con antelación, mientras que una SVM puede clasificar datos de comportamiento para reconocer las necesidades y preferencias de distintos usuarios.

Los algoritmos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales (CNN) y recurrentes (RNN), destacan en el tratamiento de datos no estructurados —imágenes, audio y vídeo— porque extraen características automáticamente e identifican patrones complejos. Las RNN pueden procesar datos secuenciales para predecir movimientos y tendencias de comportamiento, mientras que las CNN facilitan el reconocimiento de imágenes mediante la detección y clasificación automáticas de objetos en el entorno espacial (figura 5).

Tabla 4. Algoritmos y datos utilizados para la evaluación espacial

Evaluación espacial	Datos	Algoritmos habituales
Monitorización ambiental	Datos de calidad del aire, ruido, temperatura y humedad	Agrupamiento K-means; árboles de decisión

Evaluación espacial	Datos	Algoritmos habituales
Gestión energética	Datos de consumo energético, estado de los equipos y condiciones ambientales	Regresión lineal; árboles de potenciación del gradiente (GBT)
Monitorización del estado de los equipos	Datos de funcionamiento, consumo energético y registros de mantenimiento	Máquinas de vectores de soporte (SVM); bosques aleatorios
Reconocimiento de comportamientos	Datos de comportamiento del usuario, sensores y vídeo	Redes neuronales convolucionales (CNN); modelos ocultos de Márkov (HMM); OpenPose; detección de objetos YOLO
Reconocimiento del habla	Datos de voz y órdenes de usuario	Procesamiento del lenguaje natural (NLP); BERT; redes de memoria a largo y corto plazo (LSTM)
Reconocimiento facial	Datos de vídeo e imagen; datos de identidad de usuario	Redes generativas antagónicas (GAN); redes neuronales convolucionales (CNN)
Detección de seguridad	Videovigilancia, estado de los equipos y datos de detección de intrusiones	Redes residuales profundas (ResNet); redes neuronales convolucionales (CNN)
Planificación de rutas	Información de localización espacial, datos de obstáculos y cartografía	Localización y mapeo simultáneos (SLAM)

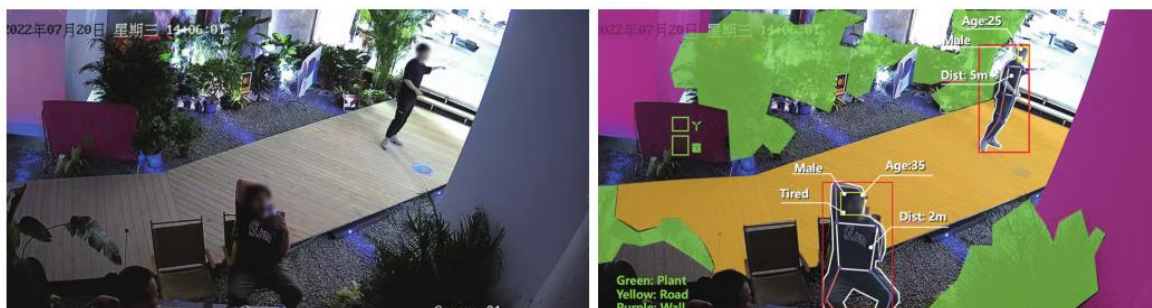


Figura 5. Ejemplos de evaluación espacial

3.3 Respuesta adecuada

La capacidad de un entorno para responder adecuadamente a partir de su evaluación es un criterio decisivo de su nivel de inteligencia. Las respuestas espaciales pueden agruparse en dos grandes categorías: interacción y control (tabla 5).

Las respuestas interactivas implican principalmente al usuario mediante la presentación de información visual. No solo mejoran la experiencia, sino que permiten recibir y procesar retroalimentación en tiempo real. Por ejemplo, una pantalla LED puede actualizar dinámicamente el estado del tráfico o la publicidad mediante análisis de datos en tiempo real; los usuarios pueden interactuar por gestos con contenidos

proyectados y examinar o manipular objetos virtuales; y una guía de exposición puede reproducir automáticamente información relevante según la ubicación del visitante.

Las respuestas de control actúan de forma inteligente sobre equipos electrónicos y componentes mecánicos, por lo que exigen mayores requisitos técnicos y una mayor complejidad de ingeniería. La iluminación puede ajustar en tiempo real el brillo y la temperatura de color según la luz ambiente y la actividad del usuario; el seguimiento de la marcha puede detectar una caída y emitir automáticamente una alerta al personal designado; y los ascensores y equipos del edificio pueden modificar su estado según la posición del usuario para ofrecer accesibilidad vertical sin barreras.

Tabla 5. Modos de respuesta en iSpace

Tipo	Modo de respuesta	Respuesta ilustrativa
Interacción	Visualización y ajuste de información	Actualización en tiempo real del contenido de pantallas LED; paredes giratorias que muestran patrones interactivos
	Interacción postural con proyección	Interacción gestual con imágenes 3D; ajuste del contenido proyectado según la posición
	Retroalimentación sensible a la ubicación	Seguimiento de la ubicación del usuario para ofrecer recordatorios sanitarios y sociales; contenido expositivo personalizado
	Interacción holográfica	Interacción con imágenes holográficas 3D; visualización rotatoria de imágenes flotantes
Control	Ajuste de temperatura, humedad o luminosidad	Ajuste automático de temperatura y humedad; control de iluminación y aire acondicionado
	Optimización y regulación energética	Monitorización en tiempo real de la generación eléctrica; optimización del uso de energía
	Transformación mecánica automatizada	Ajuste de mecanismos plegables; optimización del ángulo de los paneles; regulación de cortinas y protecciones solares
	Respuesta multisensorial	Detección de caídas y alarmas; vibración de baja frecuencia; estimulación eléctrica muscular

3.4 Aprendizaje y optimización

La mayoría de los proyectos iSpace actuales solo ha logrado mejoras inteligentes en las tres etapas de percepción, evaluación y respuesta. Todavía no ha entrado en un ciclo autooptimizado de percepción, evaluación, respuesta y aprendizaje. La ausencia de iteración continua limita su capacidad para prestar servicios eficaces a largo plazo en entornos urbanos complejos y cambiantes.

La autooptimización de iSpace se basa en el análisis de patrones recurrentes. A partir de grandes volúmenes de datos complejos y heterogéneos se modela y extrae información valiosa para identificar regularidades y predecir tendencias (figura 7), lo que permite al entorno optimizarse y generar una retroalimentación inteligente más eficaz (tabla 6). A medida que se amplíen las aplicaciones de iSpace, el aprendizaje colaborativo entre distintos espacios será otro medio importante para elevar su inteligencia.

Mediante la integración de datos percibidos y el intercambio de experiencias de aprendizaje, la inteligencia espacial colectiva puede favorecer una gestión urbana más eficiente y la optimización de los servicios.

Tabla 6. Líneas de autooptimización de los entornos espaciales

Línea de optimización	Método de implementación	Explicación
Capacidad de percepción del comportamiento	Análisis del comportamiento y la marcha; optimización de la predicción de caídas; análisis de datos de salud	Analizar la marcha, la actividad y los datos de salud del usuario para perfeccionar los algoritmos de detección de anomalías y análisis del comportamiento y mejorar la capacidad de respuesta.
Capacidad de respuesta ambiental	Entrenamiento de modelos de aprendizaje automático y ajuste dinámico	Analizar datos ambientales históricos para acelerar la respuesta a los cambios del entorno y ajustar dinámicamente la configuración espacial.
Eficiencia de la gestión energética	Análisis de datos en tiempo real y monitorización de la eficiencia energética	Supervisar continuamente el uso de energía mediante sensores y aplicar analítica de datos para optimizar las estrategias energéticas y reducir el desperdicio.
Experiencia de visualización interactiva	Análisis del comportamiento del usuario y optimización de patrones de interacción	Analizar los datos de interacción entre usuario y espacio para optimizar el contenido mostrado, profundizar la inmersión y mejorar la interactividad y la experiencia de uso.
Mecanismos de control inteligente	Análisis de datos de usuarios y del entorno; optimización de algoritmos de control	Utilizar datos de usuarios y del entorno para optimizar los algoritmos de control, elevar la inteligencia de los equipos y reforzar la estabilidad del sistema.
Patrones de configuración espacial	Análisis de patrones de comportamiento y optimización dinámica del contenido	Ajustar el contenido visual e interactivo mediante el análisis del comportamiento del usuario para mejorar la adaptabilidad dinámica del espacio.
Mecanismos de protección de datos	Tecnologías de cifrado y algoritmos de protección de la privacidad	Analizar las necesidades de privacidad de los usuarios, mejorar los algoritmos de cifrado y reforzar la protección de datos y la seguridad de la privacidad.
Precisión de la detección de seguridad	Optimización de datos termográficos y detección de eventos	Utilizar datos termográficos para perfeccionar la protección de la privacidad de las cámaras y los algoritmos de detección de eventos, reducir falsas alarmas y mejorar la precisión.



Figura 7. Análisis de datos espaciales y optimización basada en el aprendizaje

4 Conclusiones y perspectivas

Tras más de una década de exploración de estrategias macro y diseños de alto nivel, el desarrollo de las ciudades inteligentes está acelerando su transición hacia una fase de implementación más profunda y sistemática. Como soportes físicos de la vida urbana y entornos con los que la población entra en contacto directo, los espacios urbanos inteligentes se convertirán inevitablemente en una tendencia central y en un medio decisivo para materializar la visión de la ciudad inteligente.

La integración de la innovación tecnológica con la regeneración urbana —en especial, la combinación profunda de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las cosas (IoT) con la transformación espacial— está convirtiendo el espacio urbano en un ámbito fundamental para aplicar las fuerzas productivas de nueva calidad. En el futuro, iSpace, caracterizado por la percepción integral, la evaluación precisa, la respuesta adecuada y la optimización basada en el aprendizaje, no solo impulsará la innovación tecnológica y mejorará la seguridad urbana, sino que también transformará los modos de vida y las estructuras funcionales de la ciudad, promoviendo una integración más profunda entre desarrollo sostenible y atención centrada en las personas.

Notas

- ¹ <https://www.eness.com/permanent/cabrini>
- ² <https://systems.arch.ethz.ch/research/adaptive-solar-facade>
- ³ <https://future-shape.com/>
- ⁴ <https://www.archiposition.com/items/20210118062458>
- ⁵ <https://mp.weixin.qq.com/s/J871vUp2AzuPxoK1iCby2A>
- ⁶ <https://www.gooood.cn/outdoor-intelligent-cat-nest-china-by-zaoshi-architecture.htm>
- ⁷ https://k.sina.cn/article_1893892941_70e2834d02000vnnn.html

Referencias

- [1] ZHANG Weiwen, JIN Han, LENG Jiaxin. ¿Cómo puede la construcción de ciudades inteligentes modernizar la gobernanza social? El «Cerebro de la Ciudad» de Hangzhou ante la prueba de la

- pandemia de COVID-19 [J]. Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences), 2020, 50(4): 117-129.
- [2] WU Xibo, YANG Zaigao. El concepto de ciudad inteligente y el desarrollo de las ciudades del futuro [J]. Urban Development Studies, 2010, 17(11): 56-60.
- [3] WANG Mengshu, WANG Yonghong, TAN Zhongsheng, et al. Exploración del uso integrado del espacio subterráneo en las ciudades inteligentes de China [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2016, 40(4): 1-8.
- [4] ZHANG Xiaochun, SHAO Yuan, SUN Chao. Concepción integrada del transporte inteligente para las ciudades del futuro [J]. Urban Transport of China, 2018, 16(5): 1-7.
- [5] CHEN Yulan, ZHANG Ling. Estudio comparativo del desarrollo de la industria inteligente en el delta del Yangtsé [J]. Journal of Nantong University (Social Sciences Edition), 2017, 33(6): 6-11.
- [6] WU Zhiqiang, WANG Jian, LI Deren, et al. Reflexiones «en frío» en pleno auge de las ciudades inteligentes: foro académico [J]. Urban Planning Forum, 2022(2): 1-11.
- [7] NIZETIC S, SOLIC P, LOPEZ-DE-IPINA D, et al. Internet de las cosas (IoT): oportunidades, problemas y desafíos hacia un futuro inteligente y sostenible [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 274: 122877.
- [8] JAVED A R, SHAHZAD F, REHMAN S U, et al. Requisitos de las ciudades inteligentes del futuro, tecnologías emergentes, aplicaciones, desafíos y perspectivas [J]. Cities, 2022, 129: 103794.
- [9] ZHU C, FONG L H N, GAN M. Reconsideración de las consecuencias de la autenticidad posmoderna: el caso de un sitio del Patrimonio Mundial en realidad aumentada [J]. Current Issues in Tourism, 2023, 26(4): 617-631.
- [10] COPIACO A, HIMEUR Y, AMIRA A, et al. Detección profunda innovadora de anomalías en el consumo energético de edificios mediante imágenes de series temporales de energía [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023, 119: 105775.
- [11] PENG Y, RYSANEK A, NAGY Z, et al. Uso de técnicas de aprendizaje automático para controlar la refrigeración de edificios de oficinas a partir de predicciones de ocupación [J]. Applied Energy, 2018, 211: 1343-1358.
- [12] JEON Y, CHO C, SEO J, et al. Sistema de detección de ocupación basado en IoT para entornos residenciales interiores [J]. Building and Environment, 2018, 132: 181-204.
- [13] ZHEN Feng, KONG Yu. Marco de planificación de ciudades inteligentes que integra personas, tecnología y espacio [J]. Urban Planning Forum, 2021(6): 45-52.
- [14] ZHOU Ying, XU Yayin, DING Lieyun. Terminales de edificios inteligentes basados en inteligencia ambiental [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2022, 50(8): 1-10.
- [15] LIU Quan, SHI Yiting, LAI Yani. Interpretación conceptual y caracterización de los escenarios de ciudades inteligentes [J]. Urban Planning International, 2023.
- [16] LIU Quan, CHEN Yaoyao, HUANG Dingfang, et al. Método de diseño modular para escenarios de calles inteligentes con integración ternaria: diseño conceptual de la calle del futuro en Huaqiangbei [J]. Urban Planning Forum, 2023(2): 110-118.
- [17] HIJJI M, IQBAL R, PANDEY A K, et al. Marco de vehículos conectados 6G para apoyar el mantenimiento inteligente de carreteras mediante fusión de datos con aprendizaje profundo [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2023, 24(7): 7726-7735.

- [18] LIU Xiaoqing, HE Rui. Planificación de nuevas infraestructuras urbanas de información: práctica y exploración en Xiong'an [J]. Urban Planning Forum, 2022(5): 112-118.
- [19] DE PAZ J F, BAJO J, RODRIGUEZ S, et al. Sistema inteligente para el control del alumbrado en ciudades inteligentes [J]. Information Sciences, 2016, 372: 241-255.
- [20] ABUGA D, RAGHAVA N S. Mecanismo de contenedor inteligente de residuos en tiempo real para la gestión de residuos sólidos en ciudades inteligentes [J]. Sustainable Cities and Society, 2021, 75: 103347.
- [21] WU Zhiqiang, PAN Yunhe, YE Qiming, et al. Sistema de indicadores para evaluar ciudades inteligentes: desarrollo y aplicación [J]. Engineering, 2016, 2(2): 105-137.
- [22] PERERA C, ZASLAVSKY A, CHRISTEN P, et al. Modelo de sensorización como servicio para ciudades inteligentes apoyado por el Internet de las cosas [J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2014, 25(1): 81-93.
- [23] ZHANG J, TAO D. Dotar de inteligencia a las cosas: revisión de los avances, desafíos y oportunidades de la inteligencia artificial de las cosas [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2021, 8(10): 7789-7817.

Revisado: agosto de 2024

Traducción asistida por IA