

Características de la vitalidad de los espacios recreativos y mecanismos de influencia en ciudades montañosas de alta densidad: Estudio de caso del distrito de Wanzhou, Chongqing

ZHANG Zhonghu, YANG Junyan, SHI Yi, ZHANG Biao

Resumen: Las ciudades montañosas de alta densidad, caracterizadas por configuraciones espaciales compactas, representan un tipo urbano típico en China. Como centros de la vida pública urbana, los espacios recreativos en estas ciudades deben planificarse y gestionarse de manera efectiva en consonancia con los patrones de actividad y las preferencias de los residentes urbanos. Si bien numerosos estudios han examinado la vitalidad de los espacios recreativos en ciudades llanas y su planificación y optimización, las características singulares del terreno complejo y la limitación de suelo edificable en las ciudades montañosas generan patrones de vitalidad distintos a los de las ciudades llanas. Incluso espacios dispersos, como las esquinas de las calles, pueden albergar actividades recreativas significativas, influidos por factores como la insuficiencia y distribución desigual de los espacios recreativos y la reducción de la cobertura del servicio. Estas características subrayan la necesidad de profundizar en estudios adaptados a entornos montañosos de alta densidad. Tomando el distrito de Wanzhou, en Chongqing, como caso de estudio, este trabajo halla que la distancia típica de acceso a los espacios recreativos en ciudades montañosas se sitúa, en general, dentro de 1,5 km. Al comparar cuatro espacios recreativos representativos en ciudades montañosas de alta densidad —zonas verdes de parques, plazas, calles y zonas verdes comunitarias—, el artículo revela que las calles y las zonas verdes comunitarias albergan una proporción considerable de las actividades recreativas. Finalmente, al analizar los factores del entorno construido que moldean la vitalidad de los espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad y al emplear un modelo de regresión geográficamente ponderada, el artículo explica las diferencias en los mecanismos de influencia de la vitalidad entre los cuatro tipos de espacios recreativos.

Palabras clave: Vitalidad de espacios recreativos; identificación de actividades recreativas; ciudades montañosas; modelo de regresión geográficamente ponderada

1. Fundamentos de investigación sobre la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad

1.1 Connotaciones y caracterización de la vitalidad de espacios recreativos

La vitalidad es la representación integral de actividades económicas, sociales y culturales en el espacio[17-18]. En sentido restringido, puede entenderse como interacción e intercambio interpersonal, actividades de vida urbana, y la riqueza y diversidad de la vida urbana y sus soportes espaciales son condiciones necesarias para mantener la vitalidad tradicional local[19]. Jacobs[20] consideró que la vitalidad urbana se obtiene mediante el entrelazamiento de las personas y sus lugares de actividad vital; las actividades humanas se consideran elementos fundamentales de la vitalidad, y comprender la vitalidad de los espacios recreativos basándose en actividades humanas permite captar eficazmente dicha vitalidad.

La vitalidad de espacios recreativos se refiere a la intensidad de actividades recreativas tales

como interacción social, descanso y apreciación, llevadas a cabo dentro del ámbito de un espacio recreativo. Gehl[21] consideró que su núcleo son las actividades sociales selectivas, no las actividades de desplazamiento necesarias.

Los métodos de medición de la vitalidad están evolucionando desde encuestas a pequeña escala e investigaciones in situ[22-23] hacia tecnologías de datos emergentes con grandes datos espaciotemporales[24-25] y datos de iluminación[26][27]. Las tecnologías de datos emergentes presentan ventajas de bajo costo, eficiencia en tiempo real y mayor granularidad, permitiendo una caracterización más precisa de la vitalidad de los espacios recreativos[29]. Los indicadores de medición de la vitalidad incluyen múltiples formas, como frecuencia de acceso, duración y grado de mezcla[30], cuyo núcleo sigue siendo el grado de aglomeración humana[31]. Para los espacios recreativos, este estudio utiliza la densidad de actividad recreativa por unidad de superficie para medirlos.

1.2 Características de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad

La vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad es el resultado combinado de la oferta de espacio físico y la demanda de actividades recreativas.

Desde la perspectiva de la oferta de espacio físico, las ciudades montañosas presentan cambios complejos del terreno y una construcción de alta densidad y concentrada[32], con espacio edificable limitado; los espacios recreativos enfrentan problemas de escala insuficiente y distribución desigual[33]; asimismo, debido a pendientes pronunciadas y ondulaciones del terreno, la accesibilidad de los espacios recreativos se debilita y se reduce la escala del alcance del servicio[34].

Desde la perspectiva de la demanda de actividades recreativas, el recreo se ha convertido en una actividad normalizada en la vida cotidiana de los residentes urbanos: por un lado, una mayor intensidad de desarrollo en las ciudades montañosas implica una mayor densidad de población, generando una mayor demanda de actividades recreativas por unidad de superficie; por otro lado, pendientes significativas limitan sensiblemente las capacidades de desplazamiento de la población de las ciudades montañosas, lo que conduce a que una distribución limitada de zonas verdes de parques y otros espacios no pueda satisfacer grandes cantidades de demanda de actividad recreativa, y espacios de pequeña escala dispersos, como esquinas de calles y bordes callejeros, asuman grandes cantidades de demanda de actividad recreativa, convirtiéndose en instrumentos importantes para ampliar los espacios recreativos al aire libre en áreas urbanas de alta densidad[35].

En resumen, la escala del alcance del servicio de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad se reduce, lo que requiere prestar atención a factores propios de las ciudades montañosas, como las pendientes del terreno; se requiere mayor discusión sobre la escala del alcance del servicio de la vitalidad de espacios recreativos. Los tipos y el ámbito de los espacios materiales que soportan vitalidad recreativa son más amplios, lo que exige prestar atención a un mayor abanico de tipos de espacios recreativos, como los espacios dispersos —por ejemplo, si existen diferencias de vitalidad entre distintos tipos de espacios recreativos, especialmente el papel que desempeñan los espacios dispersos en la vitalidad de espacios recreativos.

2. Caso de estudio y métodos de datos

2.1 Selección del caso

El área urbana del distrito de Wanzhou, en el municipio de Chongqing, se sitúa en la zona de colinas entre cordilleras y valles paralelos en el oriente de Sichuan, con el río Yangtsé atravesando la ciudad, lo que la convierte en una de las ciudades centrales del área del embalse de las Tres Gargantas. En el contexto de la construcción del embalse de las Tres Gargantas y la rápida urbanización, la escala de suelo edificable disponible en el área urbana se ha reducido aún más, mientras que una gran población se ha concentrado rápidamente en el área urbana de Wanzhou, y la construcción urbana ha evolucionado hacia formas de alta densidad y alta intensidad, representando una ciudad montañosa de alta densidad típica.

Dado que el suelo edificable en las ciudades montañosas es intrínsecamente limitado, el problema de escala insuficiente y cantidad insuficiente de espacios recreativos es más pronunciado. Según los datos del censo nacional de cambios de suelo de 2020, el espacio verde per cápita en el área urbana de Wanzhou está muy por debajo del estándar de 10 m²/persona, y una gran cantidad de espacios en los bordes y en las esquinas de las calles se han convertido en los principales lugares de actividades recreativas. Por consiguiente, la investigación sobre la vitalidad de espacios recreativos en el área urbana de Wanzhou permite comprender la particularidad de las características y los mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas, y este estudio la selecciona como caso de estudio para la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad, con un alcance que abarca el suelo edificable del área urbana de Wanzhou y las montañas y aguas circundantes, aproximadamente 235 km².

2.2 Recolección de datos

Este estudio utiliza datos LBS para calcular y caracterizar la vitalidad de espacios recreativos. Los datos LBS poseen una alta resolución espaciotemporal y pueden caracterizar las conductas comportamentales espaciotemporales de individuos microscópicos. Tras la limpieza y organización de los datos, se obtuvieron más de 1,13 millones de puntos de datos LBS dentro de un periodo de 7 días en el distrito de Wanzhou. Las fuentes y periodos de recolección de otros datos, como el uso actual del suelo, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Introducción a las fuentes de datos

Tipo de datos	Fuente	Periodo de recolección
Datos LBS	Proveedor de servicios de notificaciones móviles	1-7 de abril de 2019
Datos de uso actual del suelo	Oficina de Planificación y Recursos Naturales de Wanzhou	2019
Datos de contornos edificatorios	Oficina de Planificación y Recursos Naturales de Wanzhou	2019
Datos DEM del terreno	Datos DEM NASA-SRTM	2019
Datos de puntos de interés (POI)	Plataforma abierta de Amap	Junio de 2019
Datos de satélite de percepción remota	Oficina de Planificación y Recursos Naturales de Wanzhou	2019

2.3 Métodos de identificación de espacios recreativos y actividades recreativas

2.3.1 Identificación de espacios recreativos

Los tipos y métodos de definición del alcance para los espacios recreativos son diversos. La investigación sobre espacios recreativos incluye principalmente múltiples tipos, tales como

zonas verdes de parques, plazas, calles, parques de bolsillo, zonas verdes comunitarias y áreas comerciales. Este estudio limita su enfoque a espacios recreativos urbanos al aire libre. Los trabajos de campo revelaron que las actividades recreativas diarias de las personas en ciudades montañosas de alta densidad ocurren principalmente en zonas verdes de parques, plazas, zonas verdes comunitarias, así como en bordes y esquinas de calles, por lo que se seleccionaron zonas verdes de parques, plazas, zonas verdes comunitarias y calles como los cuatro tipos típicos de espacios recreativos para el estudio.

La dificultad en la identificación de espacios recreativos reside en la identificación de espacios dispersos, como esquinas de calles y zonas verdes comunitarias. Los límites de las categorías de suelo «zona verde de parque» y «plaza» han sido especificados claramente en el «Estándar de clasificación del uso del suelo urbano y suelo edificable de planificación y construcción» (GB 50137-2011), y pueden extraerse directamente a partir de los datos de uso actual del suelo. Debido a sus formas diversas, límites borrosos y gran cantidad, llevar a cabo investigaciones sobre la vitalidad de cada esquina de calle y cada zona verde comunitaria haría difícil extraer conclusiones efectivas por factores como la excesivamente pequeña escala de superficie.

Para las esquinas de calle, este estudio toma las intersecciones como puntos de división para segmentarlas, integrándolas en diferentes tramos de calle para su investigación. Para las zonas verdes comunitarias, se emplearon métodos de aprendizaje profundo para identificarlas a partir de datos satelitales de percepción remota de alta precisión[36]. Primero, se seleccionaron áreas de muestra en el área urbana de Wanzhou para la anotación de datos, construyendo una base de datos de muestras de zonas verdes para asegurar que los fragmentos de entrenamiento cubrieran múltiples tipos de zonas verdes, como césped, arbustos y bosques. Luego se utilizó el modelo DeepLabv3[37] para el entrenamiento, iterando 11 veces, durante el cual la base de datos de muestras se dividió en conjuntos de entrenamiento y validación, logrando una precisión de resultado del 93% con el conjunto de validación, identificando eficazmente los límites de las zonas verdes en ciudades montañosas. Los resultados de zonas verdes identificadas se superpusieron luego con el suelo residencial en los datos de uso actual del suelo para extraer los resultados de zonas verdes comunitarias.

2.3.2 Identificación de actividades recreativas

Los puntos de actividad recreativa pueden identificarse fusionando datos POI[38-39] o datos AOI[40] con datos LBS a través de sus características espaciotemporales. Primero, en ArcGISPro, se utilizó «buscar ubicaciones de permanencia» para identificar todos los puntos de permanencia dentro de un radio de 100 m que se mantienen más de 5 minutos, definiendo como actividades recreativas efectivas aquellas que permanecen más de 5 minutos dentro de 100 m, por lo que se establecieron umbrales de tiempo y espacio de 5 minutos y 100 m, respectivamente.

Sin embargo, debido a la naturaleza funcional compuesta de los espacios recreativos, la simple identificación de puntos de permanencia puede contener una gran cantidad de puntos de actividades no recreativas. Por ejemplo, debido a la proximidad de áreas comerciales en ambos lados de las calles, los puntos de actividad laboral pueden identificarse como actividades recreativas. Asimismo, dado que las zonas verdes comunitarias están próximas a áreas residenciales, los puntos de actividad residencial pueden identificarse como actividades recreativas.

Por consiguiente, mediante el método de identificación de empleo-residencia[41-42], se

identificaron los puntos de actividad residencial y laboral, y se eliminaron, como resultados finales de actividades recreativas, los puntos de actividad recreativa situados a menos de 50 m de cada uno de los dos tipos de puntos de actividad de cada id.

2.4 Construcción del modelo

2.4.1 Selección y cálculo de indicadores del entorno construido

Numerosos estudios indican correlaciones significativas entre las actividades poblacionales urbanas y elementos tales como la accesibilidad espacial[43], las combinaciones funcionales y las formas edificatorias. Para la vitalidad de espacios recreativos, la calidad de su espacio interior[44], los elementos de instalaciones[45] y las características del paisajismo vegetal[46] también son elementos de influencia importantes.

Por lo tanto, considerando el contexto de ciudades montañosas de alta densidad y combinando las características propias de los espacios recreativos y su entorno circundante, este estudio seleccionó indicadores de influencia sobre la vitalidad de espacios recreativos.

La influencia de las características propias del espacio recreativo sobre la vitalidad se refleja principalmente en tres aspectos: primero, estudios existentes indican que la escala de superficie del espacio recreativo tiene un efecto inhibitorio sobre la vitalidad del espacio[47]; segundo, la apertura de superficie del espacio recreativo puede reflejar las condiciones de ventilación e insolación del mismo[48]; en las ciudades montañosas la densidad edificatoria es elevada y los entornos de ventilación e insolación son relativamente pobres[49], por lo que se infiere que la apertura de superficie guarda una relación de influencia con su vitalidad; finalmente, la pendiente del terreno y la cobertura vegetal pueden afectar la experiencia recreativa de la población, influyendo así en la vitalidad del espacio recreativo.

La influencia de las características del entorno circundante del espacio recreativo sobre la vitalidad del espacio se refleja principalmente en cuatro aspectos: accesibilidad, función, distribución poblacional y capacidad edificatoria. Una alta accesibilidad refleja la dificultad para que los residentes alcancen los espacios recreativos[50]; diferentes instalaciones de función comercial ejercen un efecto promotor sobre la vitalidad de los espacios recreativos. Mediante análisis de regresión preliminar, se seleccionaron dos funciones altamente correlacionadas con la vitalidad de espacios recreativos —servicios de compra y servicios de restauración— para su caracterización. Asimismo, la diversidad funcional refleja la integridad de las instalaciones funcionales del entorno circundante, por lo que se seleccionó la diversidad funcional como complemento.

Las características poblacionales circundantes incluyen población residente y población empleada. Estas dos distribuciones de población actúan como actividades de anclaje más básicas en las ciudades[51], y su distribución está estrechamente relacionada con la vitalidad de espacios recreativos. La capacidad edificatoria circundante indica la capacidad de soporte de actividad de esa área, siendo también uno de los elementos que afectan la vitalidad de espacios recreativos. Los métodos de cálculo de los indicadores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Métodos de cálculo y fórmulas de los indicadores de influencia

Indicador	Método de cálculo	Estándar de valor
Características propias		
Escala de superficie	Calcular la superficie de cada espacio recreativo mediante la función «calcular geometría» en	Entre 0,01 y 46,5 hm ²

	ArcGISPro, unidad: hm ²	
Apertura de superficie	Factor de visibilidad del cielo (SVF) calculado a partir de ráster de superficie (incluyendo altura de edificios)	Entre 0 y 1, valores más altos indican emplazamiento más abierto
Pendiente del terreno	Calcular mediante la función «pendiente» en ArcGISPro	Entre 0 y 90 grados, valores más altos indican emplazamiento más pronunciado
Cobertura vegetal	Proporción de superficie verde respecto a la superficie total	Entre 0 y 1
Características circundantes		
Pendiente del terreno circundante	Pendiente promedio dentro de la zona de amortiguamiento	Entre 0 y 90 grados
Accesibilidad de la red viaria	Calculada mediante interpolación de Kriging en ArcGISPro	Entre 479 y 3063
Densidad de autobuses	Contar paradas de autobús dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguación	Entre 0 y 6
Densidad de servicios de compra	Contar servicios de compra dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguamiento	Entre 0 y 52
Densidad de servicios de restauración	Contar servicios de restauración dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguamiento	Entre 0 y 24
Diversidad funcional	Índice de entropía de Shannon	Entre 0 y 2,2
Densidad de población residente	Contar población residente dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguamiento	Entre 0 y 284
Densidad de población empleada	Contar población empleada dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguamiento	Entre 0 y 233
Densidad edificatoria	Suma de la superficie de huella de edificios dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de	Entre 0 y 0,46

	la zona de amortiguación	
Intensidad de desarrollo	Suma de la superficie edificada de edificios dentro de la zona de amortiguación dividido por la superficie de la zona de amortiguación	Entre 0 y 5,9

2.4.2 Modelo de regresión geográficamente ponderada

El modelo de regresión geográficamente ponderada (GWR) ajusta dinámicamente los parámetros del modelo para capturar con precisión las diferencias locales entre diferentes regiones, adaptándose a cambios espaciales. Comparado con el análisis de regresión global tradicional, el modelo GWR no solo resuelve problemas de regresión de datos espaciales, sino que también permite que los coeficientes varíen según la ubicación geográfica, revelando así de manera más detallada la influencia de los elementos del entorno construido sobre la vitalidad de espacios recreativos[52].

Este estudio seleccionó la vitalidad de espacios recreativos como variable dependiente y construyó 5 modelos GWR para reflejar las características de diferenciación espacial de la influencia de la vitalidad de diferentes tipos de espacios recreativos. La fórmula del modelo es:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i)X_{ik} + \varepsilon_i$$

Donde: la variable dependiente Y_i representa la vitalidad del espacio recreativo; (u_i, v_i) son las coordenadas de longitud y latitud, respectivamente; $\beta_0(u_i, v_i)$ es el intercepto de la ubicación geográfica, que representa el valor esperado de la vitalidad del espacio recreativo; $\beta_k(u_i, v_i)$ son los coeficientes del análisis de regresión; X_{ik} representa el valor de la k -ésima variable independiente para el espacio recreativo i ; ε_i es el término de error.

3. Características de la vitalidad de espacios recreativos

3.1 Características de distribución de la vitalidad de espacios recreativos

La vitalidad de espacios recreativos y su distribución espacial forman en general un patrón desajustado, donde las áreas de puntos calientes se sitúan principalmente en regiones con menor escala de superficie unitaria y espacios recreativos más dispersos, mientras que los espacios recreativos como zonas verdes de parques con mayor escala de superficie unitaria presentan una vitalidad más baja.

Surgieron tres grandes áreas de puntos calientes de actividades recreativas: Gaosuntang-Taibai, Beishan y Bai'anba. Durante el periodo de muestreo se generaron un total de 71 525 actividades recreativas, con una densidad de vitalidad de 105,8 visitas/hm² (Tabla 3), lo que quizá se deba a que las calles tienen la distribución espacial más uniforme y generalizada, y sus espacios en bordes y esquinas de calles desempeñan funciones importantes en las actividades recreativas en ciudades montañosas.

La densidad de vitalidad de las plazas ocupó el segundo lugar, pero su cantidad y distribución fueron las menores, lo que indica que la población de las ciudades montañosas tiende a realizar actividades recreativas en plazas. Los trabajos de campo confirmaron que las plazas albergan muchas actividades recreativas colectivas de gran escala, como bailes de plaza y actividades de fitness. La densidad de vitalidad de las zonas verdes de parques fue la más baja, con menor cantidad, mayor escala de superficie unitaria y localización en áreas montañosas alrededor del área urbana, por lo que su accesibilidad es relativamente menor que la de otros tipos de espacios recreativos.

Tabla 3: Visión general de actividades en diferentes tipos de espacios recreativos

Tipo de espacio recreativo	Frecuencia de actividad recreativa (visitas)	Superficie total de espacios recreativos (hm ²)	Densidad de vitalidad recreativa (visitas/hm ²)
Zona verde de parque	3 108	323,8	9,6
Plaza	3 098	46,5	66,6
Calle	71 525	683,8	105,8
Zona verde comunitaria	17 271	308,6	56,0

La frecuencia de actividad recreativa en zonas verdes comunitarias fue relativamente alta, lo que indica que las zonas verdes comunitarias son también los principales lugares de actividades recreativas de la población de las ciudades montañosas. Las diferencias de vitalidad entre diferentes tipos de espacios recreativos fueron significativas, con las calles presentando la mayor frecuencia de actividad recreativa y densidad de vitalidad, seguidas por las zonas verdes comunitarias, luego las plazas, y las zonas verdes de parques las menores.

3.2 Características de distancia de desplazamiento a espacios recreativos

A partir de los datos LBS, se identificaron líneas OD de desplazamiento con los espacios recreativos como destino en el área urbana del distrito de Wanzhou, con una distancia mínima de 10 m y una distancia máxima de aproximadamente 12 km, y una distancia promedio de 1,2 km. La Figura 1 muestra la distribución proporcional de las distancias de desplazamiento para diferentes tipos de espacios recreativos.

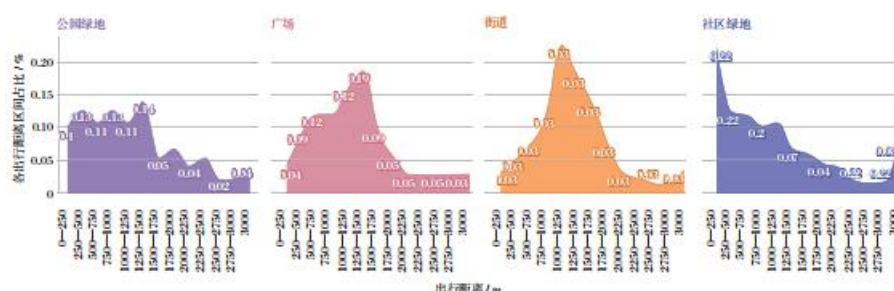


Fig.1 Proporción de distancias de viaje para diferentes tipos de espacios recreativos

Para Wanzhou, el 70% de las distancias de desplazamiento a espacios recreativos no supera 1,5 km. Cuando la distancia de desplazamiento a espacios recreativos supera los 2 km, el volumen de desplazamientos disminuye bruscamente. Por consiguiente, puede considerarse que los espacios recreativos de Wanzhou prestan servicio principalmente dentro de una escala de alcance de 1,5 km.

La diferencia de distribución de distancias de desplazamiento para diferentes tipos de espacios recreativos indica sus diferentes escalas de alcance del servicio. Dentro de la escala de alcance principal de 1,5 km, la distribución de distancias de actividad recreativa de zonas verdes de parques es relativamente uniforme, lo que indica que puede atraer simultáneamente poblaciones de diferentes rangos circundantes. Los rangos de atracción de actividad recreativa de plazas y calles son principalmente de 1,0-1,25 km y 1,0-1,25 km, respectivamente, con relativamente menos actividades recreativas de corta y larga distancia. Las actividades recreativas en zonas verdes comunitarias son principalmente conductas de proximidad, mostrando una tendencia significativa de disminución del volumen de actividad recreativa a medida que aumenta la distancia.

3.3 Características de duración de la actividad en espacios recreativos

La duración de la actividad en espacios recreativos puede reflejar las necesidades de actividad recreativa de la población urbana y su satisfacción con los espacios recreativos[53]. La duración promedio de permanencia de la población urbana del distrito de Wanzhou en espacios recreativos es de 82 minutos, con una mediana de duración de actividad recreativa de 75 minutos, lo que indica que las necesidades de actividad recreativa de la población urbana del distrito de Wanzhou son fuertes, y que la mayoría de las duraciones de actividad recreativa se sitúan entre 15-105 minutos (Figura 2).

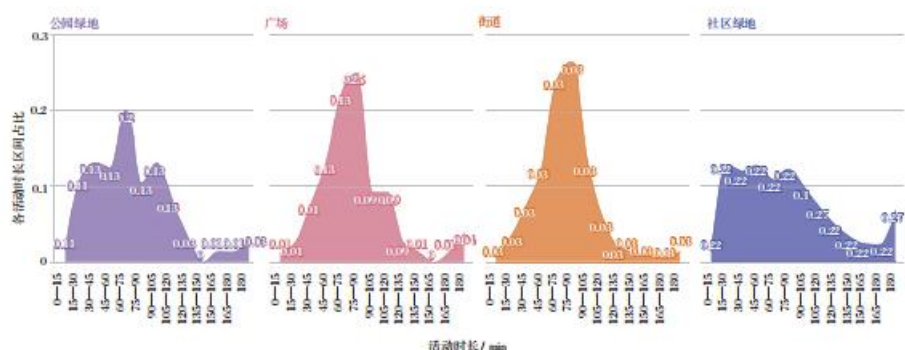


Fig.2 Proporción de duraciones de actividad para diferentes tipos de espacios recreativos

Entre los diferentes tipos de espacios recreativos, las distribuciones de duración de actividad recreativa en zonas verdes comunitarias y zonas verdes de parques son más uniformes. Estos dos tipos de espacios pueden atraer simultáneamente actividades recreativas de corta y larga duración. Los trabajos de campo revelaron que las zonas verdes de parques y las zonas verdes comunitarias incluyen más tipos de actividades recreativas de corta duración, como descanso y paseos, así como muchas actividades de permanencia de larga duración, como el fitness. Las duraciones de actividad recreativa en plazas y calles presentan características de duración de pico evidentes, situándose principalmente entre 60-90 minutos, con los espacios antes mencionados llevando a cabo principalmente actividades recreativas de fuerte propósito, como juegos de cartas y bailes de plaza.

4. Mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos

4.1 Comparación de resultados de modelos para diferentes tipos de espacios recreativos

Basándose en la característica de que los espacios recreativos de Wanzhou prestan servicio principalmente dentro de una escala de alcance de 1500 m, este estudio subdividió aún más rangos de amortiguación de espacios recreativos de 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m y 1500 m, extrayendo elementos de influencia del entorno construido para construir modelos GWR.

Los resultados mostraron que, a medida que aumentaba la distancia de amortiguación, el R^2 ajustado de los modelos GWR fue sucesivamente 0,59, 0,52, 0,49, y cuando la distancia de amortiguación era mayor o igual a 1000 m, los resultados del modelo mostraron problemas de multicolinealidad —es decir, la diferenciación de diferentes elementos de influencia en esa zona de amortiguación disminuyó. Esto indica que, a medida que aumenta la distancia, el resultado de la influencia del entorno circundante sobre la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas disminuye. Por consiguiente, este estudio seleccionó la distancia de amortiguación de 100 m para análisis adicionales.

Este estudio construyó 5 modelos GWR para su análisis, incluyendo 1 modelo integral de espacios recreativos y 4 modelos especializados para zonas verdes de parques, plazas, calles

y zonas verdes comunitarias. Los resultados se muestran en la Tabla 4. Debido a características de multicolinealidad entre los indicadores de densidad de población empleada circundante y densidad de desarrollo circundante y otros indicadores, se eliminaron en el modelo final. Todas las variables restantes superaron las pruebas de significancia.

Al comparar los 5 modelos GWR, el modelo integral tuvo un poder explicativo relativamente menor, lo que indica que los elementos del entorno construido tienen diferentes mecanismos de influencia sobre diferentes tipos de espacios recreativos. En el modelo integral, elementos como la densidad de servicios de restauración circundantes, la densidad de población residente circundante y la densidad de autobuses circundantes tuvieron grados de influencia mayores, y también indicadores singulares como la apertura de superficie y la pendiente del terreno presentaron efectos de influencia relativamente significativos, con efectos distintos para los diferentes modelos.

Tabla 4: Resultados del modelo de regresión geográficamente ponderada

Indicador	Modelo integral	Modelo de zona verde de parque	Modelo de plaza	Modelo de calle	Modelo de zona verde comunitaria
Características propias					
Escala de superficie	-0,04	-0,01	0,12	0,03	-0,01
Apertura de superficie	-0,05	-0,20	-0,22	-0,01	-0,35
Pendiente del terreno	-0,03	0,01	0,08	-0,03	-0,07
Cobertura vegetal	-0,01	-0,22	-0,04	0,03	-0,13
Características circundantes					
Pendiente del terreno circundante	-0,02	-0,04	0,01	-0,04	-0,01
Accesibilidad de la red viaria	0,02	-0,12	0,02	-0,01	0,02
Densidad de autobuses	0,14	-0,07	0,21	0,18	0,03
Densidad de servicios de compra	0,17	-0,14	0,30	0,17	0,02
Densidad de servicios de restauración	0,35	0,11	0,31	0,35	0,12
Diversidad funcional	0,02	0,01	0,00	0,03	-0,06
Densidad de población residente	0,20	0,53	-0,06	0,26	0,55

Densidad de población empleada	Eliminado	Eliminado	Eliminado	Eliminado	Eliminado
Densidad edificatoria	0,02	0,12	0,10	0,04	-0,16
Intensidad de desarrollo	Eliminado	Eliminado	Eliminado	Eliminado	Eliminado
Estadísticas del modelo					
R ²	0,61	0,71	0,69	0,70	0,64
R ² ajustado	0,59	0,64	0,59	0,68	0,60
AICc	3693,85	307,82	183,67	2344,68	572,79
Sigma-cuadrado MLE	0,39	0,29	0,31	0,30	0,36

4.2 Diferencias en los mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos por tipo

Los coeficientes de las diferentes variables en la Tabla 4 indican su grado de influencia sobre los cambios de la vitalidad de espacios recreativos. Las características propias generan en general efectos inhibitorios sobre la vitalidad del espacio —es decir, cuanto mayores son la escala de superficie, la apertura de superficie, la pendiente del terreno y la cobertura vegetal, menor es la vitalidad del espacio correspondiente. La escala de superficie tiene un efecto promotor sobre la vitalidad de espacios de plaza, lo que indica que aumentar la superficie de plaza es favorable para potenciar la vitalidad de espacios recreativos. Los trabajos de campo revelaron que en horarios matutino y vespertino, las poblaciones tienden a realizar actividades grupales en terrenos de plaza de gran superficie, por lo que es necesario disponer plazas de cierta escala en las ciudades montañosas.

Para la apertura de superficie, debido a la falta de suelo de gran escala para actividades recreativas en regiones con alta densidad edificatoria, como Gaosuntang y Beishan, surgen los resultados anteriores. En regiones con menor densidad edificatoria, la apertura de superficie está correlacionada positivamente con la vitalidad de espacios recreativos, mientras que, debido al uso compacto del suelo en la mayor parte de las áreas de las ciudades montañosas, los espacios recreativos se disponen en entornos montañosos de alta densidad con menor apertura, por lo que la apertura de superficie está principalmente correlacionada negativamente con la vitalidad de espacios recreativos.

La cobertura vegetal tiene un gran efecto inhibitorio sobre la vitalidad de zonas verdes de parques y zonas verdes comunitarias; las razones son similares a las de la apertura de superficie —no es que la cobertura vegetal reduzca la vitalidad de los espacios recreativos, sino que en ciudades montañosas de alta densidad es difícil disponer espacios con alta cobertura vegetal para uso recreativo, mientras que las áreas circundantes contienen gran cantidad de parques montañosos con alta cobertura vegetal, pero debido a la insuficiente densidad de población residente circundante, surgen los resultados anteriores. La cobertura vegetal tiene una influencia más débil sobre la vitalidad de espacios de plaza y calle.

La pendiente del terreno tiene una influencia más débil sobre los cuatro tipos de espacios recreativos, mostrando en general una relación inhibitoria.

Cuanto mejores sean las condiciones de accesibilidad circundante, mayor es el aumento

correspondiente de la vitalidad de espacios recreativos. La pendiente del terreno circundante es principalmente inhibitoria sobre la vitalidad de espacios recreativos —es decir, un aumento de la pendiente del terreno circundante reduce cierta vitalidad de espacios recreativos. La accesibilidad de la red viaria circundante tiene un alto efecto promotor sobre la vitalidad de zonas verdes de parques, con una influencia más débil de la densidad de autobuses, lo que indica que las poblaciones alrededor de las zonas verdes de parques tienden a alcanzar las actividades recreativas caminando, requiriendo mejorar la accesibilidad de la red viaria circundante de las zonas verdes de parques. La densidad de autobuses circundante tiene una influencia mayor sobre la vitalidad de espacios de modelo de plaza y calle, lo que indica que mayores poblaciones alcanzan estos tipos de espacios recreativos mediante transporte público, lo que puede combinarse con la disposición de plazas alrededor de paradas de autobús y aprovechando el potencial de utilización de espacios recreativos en calles.

Las características de accesibilidad circundante tienen una influencia menor sobre la vitalidad de zonas verdes comunitarias, lo que indica que la vitalidad de zonas verdes comunitarias proviene principalmente de las poblaciones comunitarias, y el grado de influencia de la densidad de población residente circundante también prueba el punto de vista correspondiente.

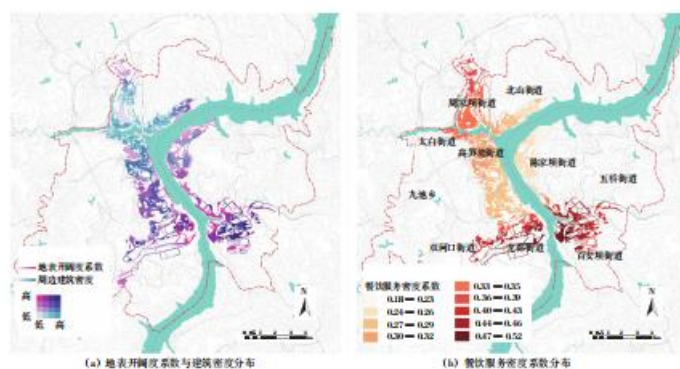


Fig.3 Distribución de los coeficientes para los factores clave que influyen en el modelo integral

Las características funcionales circundantes producen principalmente efectos promotores sobre los espacios recreativos. La densidad de servicios de restauración circundantes está correlacionada positivamente con la vitalidad de espacios recreativos, especialmente en los modelos de plaza y calle, donde los dos tipos anteriores tienen menor escala de superficie y un entorno circundante más abierto, por lo que las instalaciones funcionales circundantes pueden aumentar eficazmente la vitalidad de espacios de plaza y calle. Este efecto positivo presenta diferencias centro-periferia en el espacio —es decir, en regiones con alta aglomeración de la industria de servicios de restauración, como Gaosuntang y el Nuevo Distrito Jiangnan, el efecto promotor de la forma de industria de servicios de restauración se reduce, mientras que en regiones como Shuanghekou y Bai'anba, la aglomeración de industria de servicios de restauración tiene un mayor efecto promotor sobre la vitalidad de espacios recreativos [Figura 3(b)]. El efecto inhibitorio de la densidad de servicios de compra circundante sobre las zonas verdes de parques aparece principalmente en regiones de alta densidad, como Gaosuntang y Beishan, lo que indica que la densidad de servicios de compra circundante en estas regiones es excesivamente densa, y su aumento ya no tiene un efecto promotor sobre la vitalidad de zonas verdes de parques. Además, la diversidad funcional

circundante tiene efectos más débiles sobre los cuatro tipos de espacios recreativos.

La densidad de población residente circundante tiene efectos promotores altamente significativos sobre la vitalidad de zonas verdes de parques, calles y zonas verdes comunitarias, y en regiones con poblaciones residentes densas, los coeficientes de densidad de población residente circundante son mayores, con una fuerte demanda de actividad recreativa, por lo que pueden aumentarse los espacios recreativos correspondientes en estas regiones. La densidad de población residente circundante tiene una influencia menor sobre la vitalidad de espacios de plaza; los trabajos de campo revelaron que su efecto inhibitorio aparece principalmente en regiones con menor densidad de población residente, como Bai'anba y Longdu, lo que sugiere orientar moderadamente la aglomeración de población residente.

La capacidad edificatoria circundante tiene efectos promotores sobre las zonas verdes de parques, las plazas y las calles —es decir, a medida que aumenta la densidad edificatoria circundante, la vitalidad de los espacios recreativos anteriores aumenta correspondientemente. Para las zonas verdes comunitarias, quizá debido al aumento de la densidad edificatoria circundante, las poblaciones están más inclinadas a abandonar los entornos comunitarios de alta densidad para realizar actividades recreativas.

5. Discusión y conclusiones

5.1 Particularidad de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad

Este estudio tomó el distrito de Wanzhou, en Chongqing, como caso para investigar las características de la vitalidad de espacios recreativos y los mecanismos de influencia en ciudades montañosas de alta densidad, obteniendo las siguientes conclusiones específicas:

① Debido a la influencia de un terreno complejo, la distancia principal de desplazamiento recreativo en Wanzhou se sitúa dentro de 1,5 km, y la escala del alcance principal del servicio de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad se reduce de manera relativamente significativa en comparación con las ciudades llanas.

② En los espacios recreativos de ciudades montañosas de alta densidad, las calles y las zonas verdes comunitarias tienen una distribución espacial generalizada y pueden complementar eficazmente la insuficiencia de zonas verdes de parques y plazas, por lo que asumen grandes cantidades de actividades recreativas. Al comparar la duración de las actividades recreativas, se halló que, en comparación con las calles y las plazas, las zonas verdes de parques y las zonas verdes comunitarias pueden satisfacer actividades recreativas de más duraciones diferentes, por lo que se infiere que los tipos de actividades recreativas que asumen son más ricos.

5.2 Diferencias en los mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos por tipo

Este estudio explica las diferencias en los mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos para diferentes tipos de espacios recreativos mediante análisis de regresión geográficamente ponderada. A través de estas diferencias, pueden coordinarse las disposiciones de diferentes tipos de espacios recreativos —por ejemplo, en regiones con mejores condiciones de accesibilidad de la red viaria circundante, pueden considerarse prioritariamente zonas verdes de parques en lugar de espacios duros de plaza, mientras que en regiones con mayor densidad de servicios de compra circundante, aplica lo contrario.

Esta diferencia refleja los diferentes efectos sinérgicos de las actividades recreativas en diferentes tipos de espacios recreativos con otros tipos de actividades de comportamiento (como las compras), lo que puede analizarse en la investigación de los siguientes pasos. Además, pueden proponerse estrategias de mejora de la vitalidad para diferentes espacios recreativos basándose en estos mecanismos de influencia.

5.3 Estrategias de mejora de la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad

En el entorno construido de ciudades montañosas de alta densidad, los grandes espacios recreativos pueden significar una menor vitalidad recreativa, lo que requiere considerar más el aumento de espacios dispersos dispuestos de manera «cosida». Una gran cantidad de investigaciones ya ha descubierto las ventajas significativas de estos espacios dispersos en ciudades de alta densidad[54-55], como menores costos de construcción, capacidad de estar ampliamente distribuidos, y el aumento de la disposición y construcción de espacios dispersos puede satisfacer eficazmente las necesidades recreativas de la población de ciudades montañosas de alta densidad.

Las regiones con alta densidad edificatoria y baja apertura de superficie tienen mayores necesidades recreativas, lo que requiere un aumento sustancial de la disposición de espacios recreativos. Además, para las zonas verdes de parques, deben considerarse las condiciones de accesibilidad viaria, mejorando la vitalidad de espacios recreativos mediante medidas como la adición de entradas y la instalación de escaleras y ascensores. Los mecanismos de influencia de la vitalidad de plazas y calles son similares —ambos deben considerar las características funcionales circundantes, y la disposición combinada con comercios y establecimientos de restauración puede mejorar eficazmente su utilización. Los principales factores que influyen en la vitalidad de zonas verdes comunitarias son las poblaciones residentes circundantes, por lo que la escala de superficie de zonas verdes comunitarias debe considerarse en combinación con la escala de población comunitaria.

5.4 Limitaciones y perspectivas

Este estudio investigó la vitalidad de espacios recreativos en ciudades montañosas de alta densidad. Una de las principales conclusiones es que las calles y las zonas verdes comunitarias desempeñan funciones muy importantes en las actividades recreativas de ciudades montañosas de alta densidad, si bien permanecen ciertas limitaciones en la investigación:

- ① La investigación teórica sobre los mecanismos de influencia de la vitalidad de espacios recreativos dispersos es insuficiente. Los métodos actuales se centran principalmente en la investigación global de espacios recreativos en ciudades montañosas y estudios comparativos, mientras que los espacios dispersos, como espacios recreativos importantes entre ellos, pueden tener mecanismos de influencia relacionados con elementos más microscópicos, como instalaciones recreativas y superficies pavimentadas, lo que requiere, combinando propuestas de espacios dispersos, una investigación correspondiente sobre mecanismos de influencia de la vitalidad.
- ② Métodos insuficientes para definir e identificar espacios recreativos dispersos. En las calles urbanas, con excepción de los carriles para vehículos de motor, todos son espacios físicos donde las poblaciones pueden realizar actividades recreativas, lo que dificulta identificar los límites de espacios dispersos en bordes y esquinas de calles. Las zonas verdes comunitarias presentan características de gran cantidad y distribución dispersa, por lo que

este estudio integró las zonas verdes comunitarias y los espacios dispersos en bordes y esquinas de calles en cada parcela y cada calle para su investigación. En la investigación de seguimiento, deben proponerse métodos de identificación y definición precisos, investigando así de manera más refinada sus mecanismos de influencia.

Notas

① Estos datos son datos desencadenados por eventos generados cuando los usuarios utilizan solicitudes de posicionamiento de Internet móvil, originados de múltiples aplicaciones —es decir, datos de ubicación geográfica instantánea formados cuando los usuarios realizan eventos como inicio de sesión, búsqueda, envío y recepción de información y notificaciones push en diversas aplicaciones. Los datos han sido anonimizados y no involucran privacidad personal.

Referencias

- [1] HUANG Guangyu. Principles of Mountainous Cities[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2006.
- [2] YANG Minghan, HUANG Xiaojun, SONG Tao. Research on Evaluation of Public Space Vitality Based on "Explicit-Implicit Mutual Learning": A Case Study of Park Green Spaces in Xi'an[J]. Human Geography, 2023, 38(5): 118-125.
- [3] XI Jinping. Major Issues in China's Medium- and Long-Term Economic and Social Development Strategy[EB/OL]. (2020-04-10) [2025-07-11]. <http://www.nopss.gov.cn/n1/2020/1102/c432288-31915415.html>.
- [4] LEI Cheng, ZHAO Wanmin. Pedestrian System Planning Theory and Practice in Mountainous Cities: A Case Study of Chongqing Main Urban Area[J]. Urban Planning Forum, 2008(3): 71-77.
- [5] LIU S, LAI S Q, LIU C, et al. What Influenced the Vitality of the Waterfront Recreational Space? A Case Study of Huangpu River in Shanghai, China[J]. Cities, 2021, 114: 103197.
- [6] HAN Yongchun, WANG Shifu, DENG Zhaohua. Speculation, Empirical Research and Enlightenment on Waterfront Vitality and Quality: A Case Study of Guangzhou Pearl River Waterfront Area[J]. Urban Planning Forum, 2021(4): 104-111.
- [7] WANG Weiqiang, MA Xiaojiao. Research on Waterfront Public Space Vitality Evaluation Based on Multi-Source Data: A Case Study of Huangpu River Waterfront Area[J]. Urban Planning Forum, 2020(1): 48-56.
- [8] LI Fangzheng, QIAN Leixi, ZANG Fengqi, et al. Research on Recreational Use and Influencing Factors of Country Parks in Beijing Based on Tencent Travel Big Data[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 26(4): 77-83.
- [9] TAO Zheng, DING Jiahui, WANG Ling, et al. Spatiotemporal Heterogeneity of Urban Park Characteristics' Influence on Recreational Vitality[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(12): 108-114.
- [10] CHEN Jintang, DENG Mingliang, LIANG Binzhu, et al. Research on Spatiotemporal Characteristics of Built Street Vitality and Quality Improvement Strategies: A Case Study of Jianshe New Village in Guangzhou[J]. Planner, 2021, 37(16): 13-22.
- [11] YANG Dongfeng, WANG Xiaomeng, HAN Ruina. Nonlinear Effects and Interactive Effects of Built Environment on Street Vitality: A Case Study of Shenyang[J]. Urban Planning Forum, 2023(5): 93-102.

- [12] MA Liya, XIU Chunliang. Research on Matching between Park Green Spaces and Residential Areas Based on Residents' Leisure Travel in Shenyang[J]. *World Regional Studies*, 2023, 32(6): 108-118.
- [13] ZHAI Yujia, ZHUANG Andi, GONG Xiuqi, et al. Empirical Research on Service Radius of Urban Regional Parks in Age-Friendly Context: A Case Study of Shanghai Luxun Park[J]. *Urban Architecture*, 2018(12): 56-60.
- [14] XIA C, YE H A G O, ZHANG A. Analyzing Spatial Relationships Between Urban Land Use Intensity and Urban Vitality at Street Block Level: A Case Study of Five Chinese Megacities[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103669.
- [15] MING Yujia, LIU Yong, ZHOU Jiasong. Big Data-Based Evaluation of Mountainous City Vitality: A Case Study of Chongqing Main Urban Area[J]. *Resources Science*, 2020, 42(4): 710-723.
- [16] WANG H, TANG J, XU P, et al. Research on the Influence Mechanism of Street Vitality in Mountainous Cities Based on a Bayesian Network: A Case Study of the Main Urban Area of Chongqing[J]. *Land*, 2022, 11(5): 728.
- [17] JALALADDINI S, OKTAY D. Urban Public Spaces and Vitality: A Socio-Spatial Analysis in the Streets of Cypriot Towns[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, 35: 664-674.
- [18] SHAN Ruiqi, ZHANG Song. Historical Built Environment Renewal Vitality Evaluation and Regeneration Strategies: A Case Study of Shanghai Tianzifang, Xintiandi and Yuyuan Tourism Mall[J]. *Urban Planning Forum*, 2021(2): 79-86.
- [19] WANG Jianguo. Inclusive Sharing, Explicit-Implicit Mutual Learning, Livability Expectable: Historical Landscape and Contemporary Creation of Urban Vitality[J]. *City Planning Review*, 2019, 43(12): 8.
- [20] JACOBS J. *The Death and Life of American Cities*[M]. New York: Random House, 1961.
- [21] GEHL. *Life Between Buildings*[M]. HE Renke, trans. Beijing: China Architecture & Building Press, 1992.
- [22] YANG Huiya, HU Xinyu, HAN Xiazhou, et al. Spatiotemporal Behavioral Research of Square Visitors in High-Density Urban Areas from Elderly Perspective: A Case Study of Nanjing[J]. *Landscape Architecture*, 2019(2): 87-93.
- [23] TAN Shaohua, LI Yingxia. Research on Plaza Vitality Construction: A Case Study of the Central Sunken Plaza of Chongqing Three Gorges Square[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2015, 30(2): 93-98.
- [24] WEI Di, LU Yi, WANG Yuan, et al. Information Flow Intervention in Public Space Vitality Creation: Big Data Evidence-Based Analysis Based on Urban Parks[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2023, 30(7): 86-94.
- [25] NIU Xinyi, LIN Shijia. Spatiotemporal Big Data in Urban Planning Research: Technology Evolution, Research Issues, and Frontiers[J]. *Urban Planning Forum*, 2022(6): 50-57.
- [26] XIA C, YE H A G O, ZHANG A. Analyzing Spatial Relationships Between Urban Land Use Intensity and Urban Vitality at Street Block Level: A Case Study of Five Chinese Megacities[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103669.
- [27] LIU Song, LAI Siqi. Research on Urban Public Space Vitality Measurement Supported by Big Data[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 26(5): 24-28.
- [28] WU Zhiqiang, YE Zhongnan. Research on Urban Spatial Structure Based on Baidu Map Thermal Maps: A Case Study of Shanghai Central Urban Area[J]. *City Planning Review*, 2016, 40(4): 33-40.

- [29] ZHENG Degao, LIN Chenhui, WU Hao, et al. Spatial Research and Digital Portrait Technology Framework Oriented to Sustainable Urban Development[J]. Urban Planning Forum, 2023(6): 32-39.
- [30] CAO Zhongming, ZHEN Feng, LI Zhixuan, et al. Urban Temporal Vitality Patterns and Influencing Factors Based on Mobile Signaling Data: A Case Study of Nanjing Central Urban Area[J]. Human Geography, 2022, 37(6): 109-117.
- [31] YANG Junyan, ZHANG Zhonghu, SHI Yi. Exploration of Digital Platform for Public Participation in Urban Design Oriented to Urban Renewal: A Case Study of Nanjing Yuejianglou District[J]. Urban Planning Forum, 2024(3): 74-81.
- [32] FU Lei, HE Wang, LIU Chang. Spatial Structure and Performance of Mountainous Belt-Shaped Cities[J]. Urban Planning Forum, 2012(Supplement 1): 18-22.
- [33] LUO Chang, WANG Fangmin, LI Gaogao, et al. Matching Characteristics of Cultural Service Supply and Demand of Park Green Space Ecosystems in Mountainous Polycentric Cities[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(13): 5816-5827.
- [34] LIU Jun. Problems and Countermeasures in Urban Green Space System Planning in Mountainous Cities[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(9): 67-72.
- [35] ZHOU Conghui, ZHANG Yu. Layout Control Methods for Small and Micro Park Green Spaces in High-Density Urban Areas[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37(10): 60-65.
- [36] LIU Ziqing, WANG Xinyu, YANG Feng, et al. Digital Identification Technology of Informal Green Spaces Integrating Deep Learning in Urban Renewal Context[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(6): 33-38.
- [37] MAO L, ZHENG Z, MENG X, et al. Large-Scale Automatic Identification of Urban Vacant Land Using Semantic Segmentation of High-Resolution Remote Sensing Images[J]. Landscape and Urban Planning, 2022, 222: 104384.
- [38] LIU J, MENG B, SHI C. A Multi-Activity View of Intra-Urban Travel Networks: A Case Study of Beijing[J]. Cities, 2023, 143: 104634.
- [39] YANG Junyan, JIN Tanhua, SHI Yi, et al. Urban Population Digital Portraits Based on Big Data: Technology and Empirical Study[J]. City Planning Review, 2023, 47(4): 45-55.
- [40] ZHANG Xun. Research on Digital Portraits of Urban Populations Oriented to Precision Planning[D]. Nanjing: Southeast University, 2025.
- [41] ZHOU Xingang, SUN Chenchen, NIU Xinyi. Discussion on Spatial Scale Issues of Job-Housing Relationships Based on Mobile Big Data: A Case Study of Shanghai and Shenzhen[J]. International Urban Planning, 2021, 36(5): 78-85.
- [42] ZHOU X G, YE H A G O, LI W F, et al. A Commuting Spectrum Analysis of the Jobs-Housing Balance and Self-Containment of Employment with Mobile Phone Location Big Data[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2018, 45(3): 434-452.
- [43] LIU Bing, ZHANG Hanshuang, CAO Juanjuan, et al. Spatial Strategy Implementation Evaluation of Wuhan Based on Bus Accessibility Performance[J]. Urban Planning Forum, 2017(1): 39-47.
- [44] VAN CAUWENBERG J, CERIN E, TIMPERIO A, et al. Park Proximity, Quality and Recreational Physical Activity Among Mid-Older Aged Adults: Moderating Effects of Individual Factors and Area of Residence[J]. International Journal of Behavioral Nutrition & Physical Activity, 2015, 12: 46.
- [45] HAMSTEAD Z A, FISHER D, ILIEVA R T, et al. Geolocated Social Media as a Rapid Indicator of Park Visitation and Equitable Park Access[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 48: 1-12.

2018, 72: 38-50.

[46] ZHUANG Yini, CHEN Dan, CHE Shengquan. Research on Influence of Urban Residential Environment Plant Landscape Characteristics on Elderly Social Behavior: A Case Study of Shanghai Hongkou District[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37(10): 83-88.

[47] HU Xinyu, LI Tingting. Research on Spatiotemporal Distribution Characteristics of Urban Park Populations Based on Vitality Perspective: A Case Study of Suzhou Central Urban Area[J]. Landscape Architecture, 2022, 39(7): 90-97.

[48] HE Wenhui, YANG Xin, TANG Guo'an, et al. Research on Urban Surface Openness Based on Digital Elevation Model: A Case Study of Nanjing Old City[J]. Journal of Geo-information Science, 2012, 14(1): 94-100.

[49] WANG Zihao, ZHANG Chunyang. Review on Association Research between High-Density Built Environment and Public Health[J]. South Architecture, 2023(6): 21-32.

[50] LU Shuang, WANG Yu, ZENG Peng. Research on Spatiotemporal Evolution Characteristics of Urban Park Green Space Accessibility Based on Geodetector Method: A Case Study of Jinan Central Urban Area from 2006 to 2018[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2022, 37(5): 81-88.

[51] WANG Chunchun, JIN Yunfeng. Dual Job-Housing Anchors: Analysis of Service Range of Community Public Green Spaces in Central Urban Areas: A Case Study of Huangpu District, Shanghai[J]. Landscape Architecture, 2024, 41(8): 102-110.

[52] LU Binbin, GE Yong, QIN Kun, et al. Technical Review of Geographically Weighted Regression Analysis[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(9): 1356-1366.

[53] ZHAO Yifan, ZHANG Xunyi, ZHANG Yuanming, et al. Community Precision Planning Strategies Based on Population Spatiotemporal Behavior Portraits: A Case Study of Nanjing Yuejianglou Community[J]. Planner, 2022, 38(9): 108-116.

[54] ZHOU Conghui. Basic Attributes and Planning Key Issues of Urban Micro-Green Spaces[J]. International Urban Planning, 2022, 37(3): 105-113.

[55] WANG Yijin, ZHANG Lijun, LI Fangzheng. Exploring the Neglected Potential Value of Informal Green Spaces: Generation, Framework, and Methods[J]. World Architecture, 2023(7): 16-17.

Ai 辅助翻译