



2019 TESIS DE MASTER

Máster Universitario en Estudios Avanzados en Arquitectura – Barcelona, MArch Línea de
Especialización en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica, GVUA

**IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS DE SUELO Y ANÁLISIS DE VIAJES DE
RESIDENTES EN PEKÍN UTILIZANDO LOS DATOS MASIVOS DE MOBIKE Y
PUNTOS DE INTERÉS**

Tutor: Blanca Arellano

Autor: Gu Yue



Resumen

En los últimos años, los datos individuales de espacio-tiempo a gran escala y de alta calidad se han convertido en información de rápido acceso debido al acelerado desarrollo de la tecnología LBS (Location Based Service). En la actualidad el uso de esta tecnología de micro datos y minería de datos en el estudio de refinamiento urbano de la ciudad se ha convertido en la tendencia principal de los estudios urbanos.

El análisis de estos datos sobre puntos de interés de las ciudades puede reflejar las actividades urbanas; ayudando a identificar usos de suelo, como los datos que describen los edificios emblemáticos de la ciudad. Por otro lado, los datos abiertos de las bicicletas compartidas reflejan el alcance de las actividades del usuario y la dinámica de la estructura espacial-temporal urbana. La combinación de datos dinámicos y estáticos ayudará a los planificadores urbanos y al público a comprender la compleja estructura espacial urbana y contribuirán a la geografía urbana y el urbanismo.

En este artículo, en primer lugar, utilizamos los datos de apertura de Mobike para revelar las características y patrones de los residentes desde punto de acceso y el espacio-temporal de una manera visual después del procesamiento de datos, la coincidencia de mapas y el análisis de clústeres. Por su parte este documento también presenta un método para identificar y zonificar los usos de suelo basada en datos geográficos de fuentes públicas. La selección del área de estudio se realiza mediante datos de la red de carreteras OSM. A continuación, sobre una base ya definida del concepto de los usos del terreno, se crea un método de división de dichos suelos basado en el punto de interés. Con el análisis del mapa general de planificación urbana y el mapa de los usos de suelo, los resultados muestran que el efecto de reconocimiento es preciso, incluso los detalles identificados de los usos de suelo son más precisos que los del mapa de planificación urbana.

Palabras clave: Bicicleta compartidas; Datos de apertura; características espacio-temporales; puntos de interés (PDI/POI); usos de suelo; Pekín;

Agradecimientos

Me gustaría expresar mi gratitud a todos los que me ayudaron durante la redacción de esta tesis. Agradezco la ayuda de mi supervisora, Blanca Arellano, quien me ha ofrecido valiosas sugerencias en los estudios académicos. En la preparación de la tesis, ella pasó mucho tiempo leyendo cada borrador y me dio consejos inspiradores. Este proceso ha tenido una gran importancia para mí, porque entrenó mi capacidad de investigación académica y aumentó mi conocimiento en el campo del estudio urbano y las estadísticas espaciales. Sin su instrucción paciente, crítica perspicaz y orientación experta, el cumplimiento de esta tesis no habría sido posible.

Tengo además una deuda especial de gratitud con todos los profesores y conferencistas del Programa de Master en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica, gracias a quienes, durante este año adquirí profuso conocimiento y habilidades profesionales que me han ayudado para convertirme en un potencial investigador. Los cursos del profesor Josep Roca Cladera me han impresionado con su profundo conocimiento académico y lógico. El profesor Carlos por su parte, es un profesional muy apasionado por la enseñanza y está muy preocupado por el desarrollo urbano de Barcelona; sus estudios en arquitectura residencial enfocados en la sostenibilidad, energía verde y economía urbana me han inspirado mucho para mi carrera escolar.

Durante este tiempo de formación también adquirí amplias habilidades, que pondré en práctica en mi desarrollo profesional; entre estas se encuentran las clases de Arcgis impartidas por la profesora Pilar García Almirall y Arch. Francesc Valls Dalmau, de hecho este conocimiento, juega también un papel vital en el desarrollo del presente documento. Agradezco al mismo tiempo a los otros profesores de este programa de master que me brindaron gran ayuda durante este año de estudios; especialmente al profesor Rolando Biere quien siempre ha sido muy paciente, comprensivo y amable con todos sus estudiantes. Aprovecho también la ocasión para agradecer a mis colegas Yang Liya y Chen Ai por brindarme valiosos consejos profesionales y de vida.

Finalmente, espero hacer todo lo posible para llevar la exitosa experiencia de construcción urbana europea al futuro de mi ciudad.

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	3
Capítulo 1. Introducción.....	5
1.1 El propósito y la importancia del estudio.....	5
1.2 Antecedentes de investigación.....	7
Visión general del área de estudio.....	7
Puntos de interés y tecnología LBS.....	9
El fenómeno e impacto de bicicletas compartidas.....	10
1.3 Preguntas de investigación.....	10
1.4 Objetivo e Hipótesis.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Hipótesis.....	12
1.5 Estructura de tesis.....	12
Capítulo 2. Marco teórico.....	13
2.1 Geografía del tiempo en el contexto de big data.....	13
2.2 Sintaxis espacial □.....	16
2.3 Zonificaciones de los usos de suelo.....	18
Capítulo 3. Breve evolución de la estructura urbana de Pekín y descripción general del sistema de bicicletas compartidas.....	20
3.1 Breve evolución de la forma urbana y el uso del suelo de Pekín.....	20
3.2 La estructura urbana actual de Pekín desde una visión cualitativa.....	28
Evolución e impacto del sistema de bicicletas compartidas en Pekín.....	41
Capítulo 4. Estado del arte.....	47
4.1 Fuente de datos para la identificación de los usos de suelo.....	47
4.2 Identificación de los usos de suelo basada en datos de PDI.....	51
4.3 Investigación urbana basada en sistemas de bicicletas compartidas sin muelle.....	52
4.3 Limitaciones y potenciales.....	55
Capítulo 5. Metodología.....	56
5.1 El marco de investigación.....	56
5.2 Dato fuente y recolección de información.....	57
5.3 Preprocesamiento de datos.....	59
5.4 Método de la identificación del uso del suelo basado en puntos de interés.....	61
Capítulo 6. Resultados y análisis.....	64
6.1 Clasificación y densidad de los datos de PDI.....	64
6.2 Resultados de la identificación de los usos del suelo.....	66
6.3 Verificación de de la identificación de los usos del suelo.....	72
6.4 Análisis de las características espaciales y temporales de las zonas de viaje para residentes.....	77
Capítulo 7. Conclusión y Discusión.....	90
Bibliografía.....	93

Capítulo 1. Introducción

1.1 El propósito y la importancia del estudio

Con la aceleración del proceso de urbanización global, el uso del suelo urbano ha tomado una característica disfuncional, que afecta directamente al desarrollo social y a la calidad ambiental ecológica de la ciudad. En los últimos años, se han propuesto planes para el desarrollo de múltiples núcleos y ciudades de nueva vanguardia en algunas regiones metropolitanas chinas (Zhao, 2004), pero debido a que la mayoría de la población no está dispuesta a mudarse hacia zonas del exterior de la ciudad principalmente por el largo tiempo de conmutación desde el hogar hacia los lugares de trabajo; los planes mencionados anteriormente no han sido implementados de manera adecuada. Por ejemplo, Pekín como centro político, cultural y económico de China tiene funciones altamente concentradas y diversificadas y problemas urbanos cada vez más graves (como el incremento de la congestión del tráfico y las condiciones ambientales).

Por lo tanto, a efectos tanto de la comprensión científica como de la formulación de políticas, existe una creciente necesidad de estudiar la estructura espacial urbana en relación con su función. La clasificación de los usos de suelo no sólo ayuda a promover y mejorar el desarrollo de la teoría de la investigación de clasificación de suelo urbano existente, sino que también puede ayudar a optimizar el patrón espacial urbano, mejorar la composición funcional de la ciudad central, promover el diseño racional del espacio urbano y la utilización integral de políticas de desarrollo urbano.

En la actualidad, los estudiosos de investigación nacionales y extranjeros continúan transformando la perspectiva de la investigación, centrándose en el estudio del uso del suelo urbano. La investigación sobre la estructura espacial interna de la ciudad también ha hecho muchos logros, pero la mayoría de estos avances se obtienen del uso de datos de teledetección como fuente de datos básica. Sin embargo, este tipo de información genera una serie de problemas, como son la adquisición de dichos datos pues es difícil, cara, de baja puntualidad, con un método de clasificación compleja y de baja precisión. La investigación sobre la teoría del uso del suelo urbano en China todavía no está madura, y se centra en el estudio del suelo urbano a partir del análisis del comportamiento de viaje. Además, el "big data" generado por Internet captura las actividades individuales detalladas en las ciudades y la agregación de información individual podría formar un nuevo mapa temporal-espacial para presentar la ciudad.

Desde 2016, los sistemas públicos de intercambio de bicicletas (BSS), con el objetivo de proporcionar los enlaces que faltan (también llamados la conexión de última milla) en los sistemas de transporte público y promover el transporte verde de corta distancia, tiene una posición prometedora entre ciudades urbanas en China y un papel fundamental en

los viajes diarios de los residentes. (Fig.1)

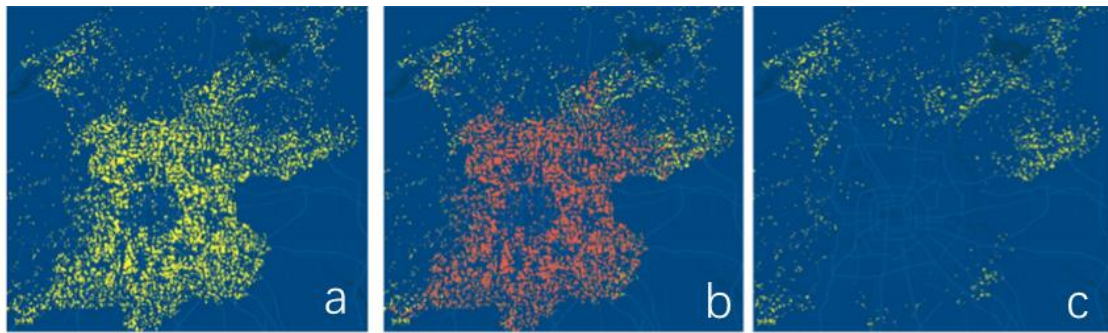


Figura 1a. El vacío del transporte público en Pekín; b. Puntos de distribución de bicicleta Mobike; c. Mobike llena el vacío del transporte público

(Fuente: <https://www.newsecuritybeat.org/2017/11/bike-sharing-data-cities-lessons-chinas-experience/>)

La mezcla de usos de suelo o funciones urbanas podría ofrecer a los residentes la oportunidad de vivir, trabajar, comprar y disfrutar de instalaciones recreativas dentro de su comunidad. Este tipo de uso mixto del suelo y las funciones urbanas conducen a una longitud de viaje más corta y un posible cambio de modo de transporte de los coches a las bicicletas. Por lo tanto, en comparación con los taxis o los coches flotantes, el sistema público de uso compartido de bicicletas puede proporcionar información más rica para comprender una estructura urbana compleja. Un sistema público para compartir bicicletas también tiene una cobertura de estación más amplia que otras herramientas de transporte público/desplazamiento, lo que la convierte en una opción ideal para un análisis a escala de ciudad.

Los datos de PDI (Puntos de Interés) tienen la ventaja de proporcionar un gran tamaño de muestra y una cobertura de información detallada. Mediante el procesamiento y análisis de los datos de PDI de Pekín de 2017, este documento divide cuantitativamente los usos de suelo únicos y los usos de suelo en zonas mixtas. Debido a su comodidad, el uso de la bicicleta tiende a estar cerca de las características de punto de interés (PDI), la combinación de estos sin duda mejorará la comprensión del propósito del viaje para caracterizar diferentes zonificaciones de los usos de suelo.

Los resultados de esta investigación pueden ayudar a entender, mejor la estructura espacial urbana y proporcionar referencia para la planificación de la ciudad. Por lo tanto, sugerimos que los datos de apertura del ciclismo de Mobike y los datos de PDI con información de ubicación de grano fino se complementen a las formas convencionales de medir el uso del suelo urbano.

1.2 Antecedentes de investigación

Visión general del área de estudio

Pekín, la capital de China, se encuentra a $39^{\circ} 56' N$ y $116^{\circ} 200 E$, cubre un área de 16.808 km². La historia de Pekín como capital se remonta al Período de los Estados Combatientes (484-221 B C). Después de eso, fue la capital de las dinastías Yuan, Ming y Qing. Y en 1949, se convirtió en la capital nacional de la República Popular China. Dos tercios de Pekín son zonas montañosas, rodeando la ciudad en los lados oeste, norte y este, y al sureste se encuentra la llanura del norte de China. Las montañas de Taihang y Jundu se elevan a alturas de 2300 m; a las que se puede llegar a través de la Gran Muralla a 50 km al norte y al oeste de la ciudad. Los principales ríos incluyen Yongding, Chaobai y North Canal.

El principal sistema vial, con circunvalaciones y arterias radiales que forman una red compleja, es un determinante principal de la estructura espacial urbana de Pekín. La carretera principal alrededor de la Ciudad Prohibida se llama la primera circunvalación, y las carreteras concéntricas más allá de la primera circunvalación se llaman a su vez la segunda, tercera, cuarta y quinta carretera de circunvalación en el orden de la distancia radial desde el centro de la ciudad. La sexta circunvalación también se ha completado. Las carreteras de circunvalación y las carreteras radiales que se han desarrollado en las últimas décadas constituyen el patrón subyacente de crecimiento urbano en la región. El municipio de Pekín abarca dieciséis distritos administrativos y dos condes. Es la segunda ciudad más grande de China con una población total de 21,54 millones en 2018 (Oficina de Estadísticas de Pekín, 2018), que representa el 1,5% de la población nacional.

Se pueden utilizar dos enfoques generales diferentes para caracterizar la estructura espacial y las funciones de la región metropolitana de Pekín. Una es dividir la región en cuatro regiones urbanas de acuerdo con los límites administrativos y los patrones subyacentes; el otro es dividirlo en 5 zonas por la distancia de las carreteras de circunvalación de las áreas centrales. (Fig.2)

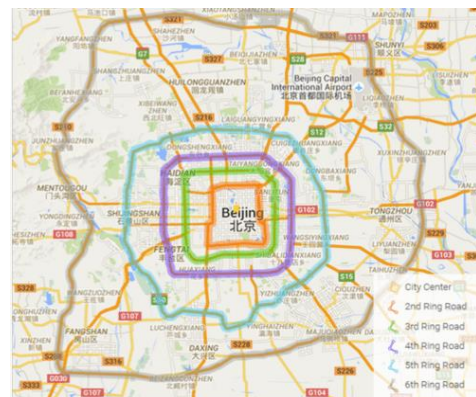
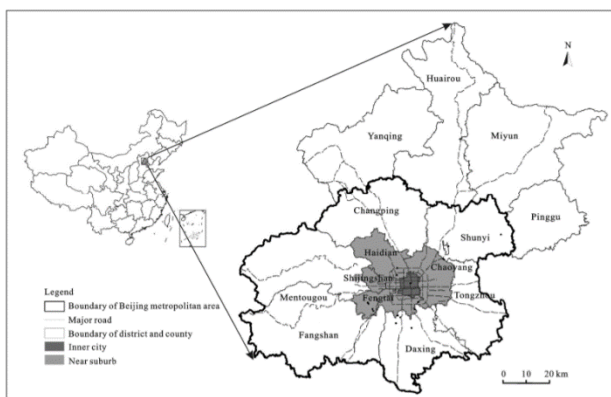


Figura 2a. Mapa administrativo del municipio de Pekín

Figura 2b. Carretera de circunvalación

(Fuente: Guangjin Tian, 2010)

El legado de la planificación urbana socialista y la economía de mercado recientemente

establecida en Pekín, China; a menudo crean un desajuste entre los planes de uso de suelo urbano y el uso real de la tierra: Antes de la apertura y reforma de China en 1978, el paisaje de Pekín reflejaba igualdad y estaba dominado por grandes parcelas y zonificación de un solo uso. Sin embargo, el reciente éxito económico de la ciudad, como lo demuestran los distritos financieros, los centros comerciales y los centros tecnológicos, seguramente ha estimulado el desarrollo mixto (Yang et al., 2013).

Un importante centro de empleo en los suburbios del anillo interior es el Parque Científico Zhongguancun en el distrito de Haidian, que ha aglomerado una cantidad significativa de empleos en tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y se ha convertido en el mayor centro de innovación TIC en China (Tan, 2006, Zhou, 2005). Los vastos suburbios de los anillos exteriores están compuestos por los otros seis distritos, con muy baja densidad de trabajo. Cada distrito tiene un núcleo con una densidad de trabajo relativamente mayor que las áreas circundantes. Estas áreas básicas son autosostenidas y están acomodadas a los gobiernos de distrito locales y otros servicios. Mientras tanto, el aumento del empleo en los suburbios de los anillos exteriores se facilitó mediante el desarrollo de un parque industrial.

El área central de Pekín se encuentra principalmente dentro de la quinta circunvalación. Como área de reunión del centro de comunicación política, económica, cultural, científica, educativa e internacional de China, esta área tiene distintos tipos de tierra complejos y diversos, como calles comerciales prósperas, instalaciones de transporte convenientes y tierras escénicas con un bello entorno.

De acuerdo con los criterios de clasificación para terrenos urbanos de construcción, se puede dividir principalmente en área industrial, área residencial, área de industria de servicios comerciales (incluyendo catering y entretenimiento, oficinas comerciales, varios terrenos de servicios, etc.), terrenos de instalaciones de transporte, gestión pública y terrenos de servicio público (salud médica, oficinas administrativas, instalaciones culturales), investigación científica y educación, lugares escénicos (parques urbanos, lugares de interés, etc.) y otros terrenos a desarrollar.

Los datos de los puntos de interés y las demandas de bicicletas compartidas de Mobike en este método de investigación son datos básicos, que proporcionan información de una mayor distribución de PDI en áreas urbanas centrales y áreas densamente pobladas, y una menor distribución de PDI áreas escasas, como las franjas urbanas y los suburbios, y Pekín. La densidad de datos de los puntos de interés regional de la gran área fuera de la Quinta circunvalación de la ciudad no puede cumplir con los requisitos de precisión de esta clasificación.

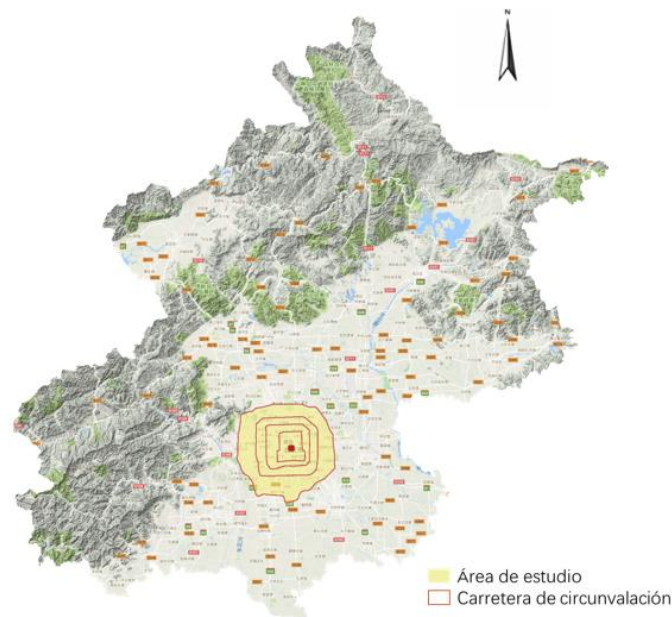


Figura 3. El área de estudio
(Fuente: Elaboración propia)

Por todo lo anteriormente mencionado, este estudio seleccionó el área dentro de la Quinta Circunvalación de Pekín como el área de estudio. (Fig. 3)

Puntos de interés y tecnología LBS

En gran medida, los PDI pueden mejorar la capacidad de describir la ubicación física y mejorar la precisión y la velocidad de ubicación geográfica. Esta información se ha aplicado ampliamente al estudio de la estructura espacial urbana. De acuerdo con el grado significativo de diferencia, Zhao y mediante la extracción de puntos de referencia jerárquicos de los datos del PDI, se determinó el espacio de conocimiento jerárquico que se puede utilizar en la guía inteligente de rutas (Zhao et al.2011). Dado que la tecnología LBS se presenta con alta precisión de posicionamiento, característica interactiva y gran cantidad de datos, mientras que PDI tiene ventajas obvias en la identificación del patrón geográfico, su uso es de gran importancia para integrar los dos sistemas de información en el estudio de la estructura del espacio urbano.

Los datos obtenidos mediante la información por tecnología LBS están todavía en su estado original; debido a que la cantidad de datos es demasiado grande, por lo general es difícil extraer información útil utilizando el método y la tecnología de análisis de datos tradicionales (Witten y Frank 1999). En los últimos años, el rápido desarrollo de técnicas informáticas, el sistema de gestión de bases de datos y la tecnología de inteligencia ha madurado gradualmente y su combinación ha contribuido a producir una nueva tecnología, la minería de datos, que se caracteriza por el análisis efectivo de grandes datos (Tan et al 2006).

Los becarios también han comenzado a tratar de utilizar la clasificación, el análisis de asociación y el análisis de clústeres en la técnica de minería de datos para descubrir

información potencialmente útil a partir de grandes cantidades de datos SIG. Durante los últimos años, el análisis de clústeres ha sido ampliamente utilizado en el país y en el extranjero, para analizar las actividades diarias de las personas: como trabajar, ocio, asistir a la escuela, viajar y comprar basado en la información GPS, GSM, SCD y otros datos (Jiang et al.2012; Sun et al.2011), de esta forma se ha logrado identificar la estructura espacio-tiempo de la ciudad (Jiang et al 2012), así como la información inmediata y detallada del uso del suelo urbano (Pan et al.2013)

El fenómeno e impacto de bicicletas compartidas

Mobike y otras compañías de bicicletas compartidas se han extendido rápidamente por las ciudades chinas y están transformando la movilidad urbana al ofrecer una solución para el desafío de la primera y última milla.

Mobike se lanzó oficialmente en abril de 2016 en Shanghai y, dentro de la operación del primer año, los "Mobikers" han recorrido un ciclo colectivo de más de 5.600 millones de kilómetros. La reducción de emisiones de carbono resultante se estima en más de 1.2 millones de toneladas, lo mismo que sacar 350,000 autos de la carretera durante un año.

Las bicicletas están equipadas con GPS y tecnología patentada de bloqueo inteligente que permite a los usuarios localizar, reservar y desbloquear bicicletas con un teléfono inteligente. Después de llegar a su destino, los usuarios pueden bloquear la bicicleta y dejarla en la carretera, dejándola disponible para el próximo ciclista. Los datos de bicicletas públicas son una expresión en tiempo real de la densidad de cada ciudad y la dinámica del transporte entre el lugar donde viven las personas y el lugar donde trabajan.

En este caso, este estudio utiliza los datos de MoBike y los datos de tipo de uso del suelo para analizar las características de distribución de la fuente intensiva y los puntos de sumidero intensivos durante los días laborables y fines de semana, así como los picos de uso en la mañana y la noche. En combinación con la información de uso de suelo, analizamos más a fondo las características de las bicicletas compartidas bajo los diferentes tipos de uso del suelo.

Es por su parte, más crítico el uso de datos de POI y datos compartidos de bicicletas para identificar zonificaciones de los usos de suelo.

1.3 Preguntas de investigación

- (1) ¿Cuál es el patrón espacial de los usos de suelo en la región metropolitana de Pekín?
- (2) ¿El plan de zonificación de Pekín es consistente con el uso real de la tierra?
- (3) ¿Cuáles son las características de viaje de los residentes de Pekín?

(4) ¿Cuál es la relación entre la distribución espacial y los patrones de actividad de ciclismo?

1.4 Objetivo e Hipótesis

Objetivo general

El área de estudio está determinada por la zona interior correspondiente a la Quinta Carretera de Circunvalación en Pekín que se divide en rejillas regulares. Por motivos de este estudio se extraerán los datos de ciclismo de Mobike en el periodo comprendido entre 2 semanas. Este documento presenta un método para identificar y dividir los usos de suelo basado en datos de geografía de fuentes públicas, que sirve para dividir los usos de suelo en siete tipos: distritos residenciales, distritos de entretenimiento comercial, Zona industrial, terreno para instalaciones de transporte, terreno para administración pública y servicio, lugares escénicos y áreas de educación científica y tecnológica.

Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo central, la tesis se divide en cinco objetivos específicos:

1. Estudiar la relación entre el estudio del espacio urbano y los "big data". Al mismo tiempo que se analiza la evolución de la estructura espacial urbana de Pekín.
2. Utilizar los datos de ciclismo MoBike para explorar los patrones de tiempo y espacio del comportamiento de viaje de los residentes urbanos, analizar las características espaciales de comunidades residenciales similares. Con este fin Utilizaremos Arcgis para presentar el mapa de calor y el análisis de desplazamiento en el mapa.
3. Según la red de carreteras OSM, el área de estudio se divide originalmente en diferentes bloques y se superpone espacialmente con varios datos de PDI para identificar el área de función.
4. Estudiar la relación entre la distribución del PDI y las características de uso compartido de bicicletas.
5. Con el fin de verificar la validez del modelo en la identificación del resultado, el documento también efectuará un análisis contrastivo entre el mapa del estado de uso del suelo de la planificación urbana general de Pekín (2004-2020) y el mapa de Google de la zona.

Hipótesis

El área de ciclismo popular no solo está relacionada con la densidad de PDI sino también con los usos de suelo. Suponemos que el área con el tráfico de ciclismo más alto no está en el área del centro con la mayor densidad de PDI, sino que puede aparecer en áreas residenciales de alta densidad en el sur de la cuarta circunvalación de Pekín.

1.5 Estructura de tesis

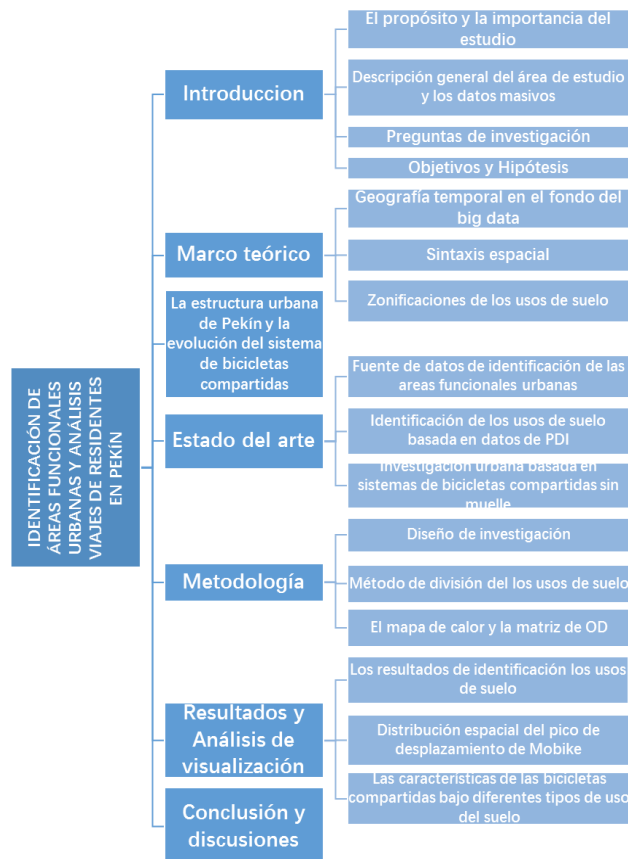


Figura 4. Estructura de tesis

(Fuente: Elaboración propia)

El primer capítulo de este documento es una introducción, que presenta principalmente los antecedentes y la importancia del tema. Se desarrolla además el alcance y el propósito de la investigación, los datos de la investigación y los problemas previos que han sido encontrados. El segundo capítulo, tiene en cuenta la teoría del tiempo y la geografía, la sintaxis espacial y la identificación de los usos de suelo como el marco central de este estudio. El tercer capítulo, presenta la evolución de la estructura urbana y su situación social y económica en el área de estudio. Al mismo tiempo, también presenta el desarrollo histórico del sistema de bicicletas compartidas de Pekín y el usuario tipo de Mobike. El cuarto capítulo, es una revisión de la literatura que resume las fuentes de datos y varios métodos técnicos para la división de usos de suelo.

El quinto capítulo es la metodología, que resume la ruta técnica general del documento y

la situación básica de cuatro tipos clave de datos: datos de puntos de interés, datos de pedidos de bicicletas compartidos, datos de mapas de Openstreet y datos de resultados de monitoreo de condición geográfica básica.

El sexto capítulo es el capítulo clave de este estudio, el cuál presenta todo el proceso de investigación y los resultados finales. En primer lugar, este documento propone el proceso general, que se basa en los datos de múltiples fuentes del método de clasificación de los usos de suelo, dicho proceso valida los resultados de identificación de usos de suelo en virtud de comparar y analizar los mapas satelitales actuales y los mapas de planificación a partir de la división de unidades espaciales básicas y la construcción de modelos. En segundo lugar, las características espacio temporales del ciclismo se analizan en virtud del mapa de calor de los puntos de OD y el mapa del flujo de cercanías.

El capítulo 7 es la conclusión de esta tesis, en este apartado se resumen las ideas generales y los logros de este estudio, las deficiencias y los problemas que podrían ser estudiados en el futuro.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Geografía del tiempo en el contexto de big data

La geografía del tiempo es un poderoso marco para estudiar las actividades humanas bajo diversas limitaciones espacio-tiempo. El marco proporciona un conjunto de entidades espacio-tiempo bien definidas (por ejemplo, ruta de espacio-tiempo y prisma) y relaciones (por ejemplo, agrupaciones e intersecciones) para analizar las actividades humanas en el espacio y el tiempo. Ha servido como un marco analítico fundamental para muchos campos científicos, como la geografía del transporte y la planificación urbana (Huang y Wu 2008, Fang et al. 2011, 2012, Kwan 2013, Versichele et al. 2014, Charleux, 2015).

El concepto de geografía temporal fue introducido por primera vez por Torsten Hégerstrand en la década de 1960 (Hégerstrand 1970). En los primeros estudios, la geografía temporal era cualitativa y carecía de declaraciones formales y analíticas de entidades y relaciones básicas (Long y Nelson 2013). Con la disponibilidad de herramientas de ciencia de la información geográfica (SIG), las últimas dos décadas han sido testigos de un resurgimiento de la geografía del tiempo. Los esfuerzos de investigación se han centrado en el establecimiento de la teoría de la medición y el desarrollo de herramientas computacionales para el análisis geográfico cuantitativo del tiempo (Kwan y Weber 2003, Miller 2005). Reconociendo que las personas en el área urbana generalmente están viajando dentro de las redes, los investigadores han ampliado el marco geográfico de tiempo desde el espacio plano hasta el espacio de red restringido y han considerado las complejidades de las condiciones de tráfico en las redes (Miller

1991 2008, Miller and Bridwell 2009, Chen et al. 2013).

También se han desarrollado herramientas de geovisualización integradas con plataformas SIG para explorar la actividad humana y los patrones de viaje (Kwan 2000, Yu y Shaw 2008, Shaw y Yu 2009, Chen et al. 2011). En los últimos años, ha habido un resurgimiento más amplio del interés en la geografía del tiempo debido a la creciente disponibilidad de Big Data espaciotemporal en entornos urbanos. El reciente desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (ITC) ha hecho que sea técnica y económicamente viable la recopilación de datos de movimientos individuales a gran escala. Los datos de movimiento obtenidos con precisión incluyen trayectorias de taxis, registros de teléfonos móviles, datos de tarjetas inteligentes, registros en las redes sociales e información geográfica diversa generada por los usuarios (Li et al. 2013, Yue et al. 2014).

El Spatiotemporal Big Data ofrece una oportunidad sin precedentes para que los estudios geográficos de tiempo descubran los patrones de movilidad de las personas y sus interacciones con el entorno urbano (Song et al. 2010, Goodchild 2013, Richardson et al. 2013, Kwan and Neutens 2014, Pei 2014). Sin embargo, el rápido aumento del volumen, la diversidad y la intensidad de los datos de movimiento plantea un desafío significativo a las plataformas SIG contemporáneas con respecto a la representación y el cálculo de las entidades geográficas del tiempo y las relaciones.

Entidades geográficas de tiempo en el espacio plano: la ruta de acceso y el prisma de espacio-tiempo son dos entidades centrales de la geografía temporal. El camino espacio-tiempo (también llamado trayectoria en la literatura) traza el movimiento de un individuo en el espacio y el tiempo. Como se ilustra en la Figura 5, se representa mediante una polilínea espacio-tiempo en (x, y, t) espacio con dos ejes espaciales para el espacio geográfico y un tercer eje ortogonal para el tiempo. El espacio (x, y, t) también se conoce como el cubo espacio-tiempo (Kwan 2000, Nakaya 2013). La ruta de espacio-tiempo P_q de la q individual comprende un conjunto de puntos de control y una secuencia correspondiente de segmentos de trayecto que conectan estos puntos (Miller 2005). Normalmente, los puntos de control son registros por observación y recopilados por tecnologías de reconocimiento de ubicación (LAT) como dispositivos GPS. Cada punto de control, C_i , consiste en el triple

$$C_i = \langle x_i, y_i, t_i \rangle$$

Donde x_i y y_i son coordenadas espaciales, y t_i es un sello del tiempo. Comúnmente se asume en la literatura que el individuo se mueve a una velocidad constante entre cada uno de los dos puntos de control adyacentes, c_i y c_j (Wolfson et al. 1998, Miller 2005).

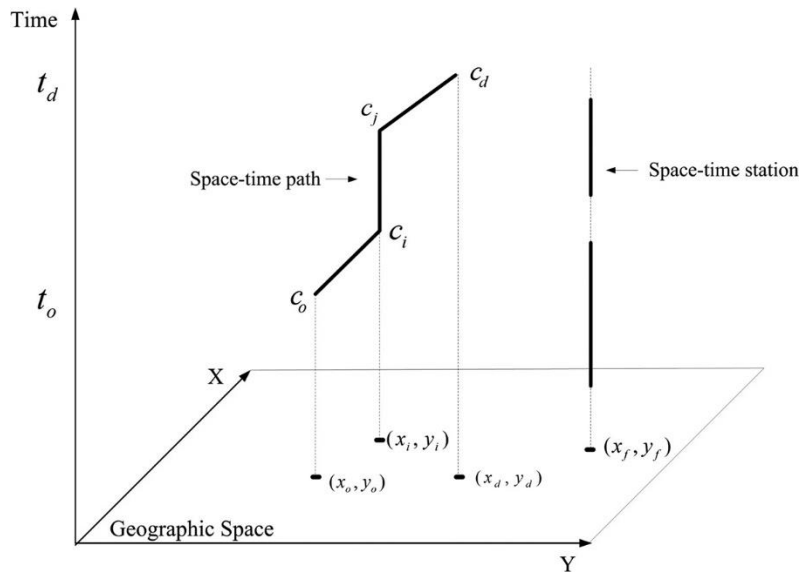


Figura 5. Senderos espacio-temporales en el espacio plano.

(Fuente: Hui Yuan, 2015)

El prisma espacio-tiempo se utiliza comúnmente para la programación de actividades y el análisis de accesibilidad. Los dos puntos de control (también denominados puntos de anclaje), generalmente obtenidos a partir de los datos del diario de actividad, representan las actividades fijas de una persona, como el hogar, el trabajo o las reuniones. Entre dos actividades fijas, una actividad flexible puede ser programada por el individuo en el lugar $(x; y)$ y el tiempo t con duración mínima C_{min} .

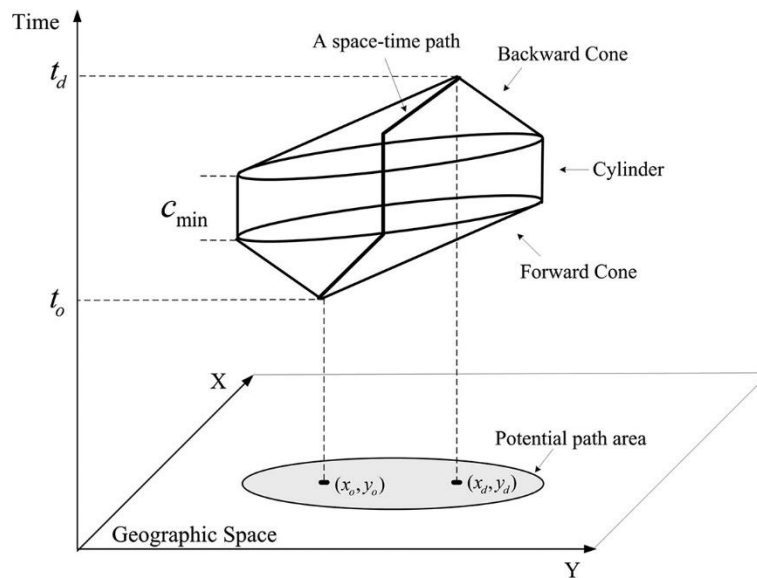


Figura 6. Un prisma espacio-tiempo en el espacio plano.

(Fuente: Hui Yuan, 2015)

El prisma espacio-tiempo es una estructura en forma de prisma 3D que captura todas las ubicaciones potenciales del espacio-tiempo para que un individuo lleve a cabo la actividad flexible, y se puede expresar como la intersección de un cono delantero, un cono hacia atrás y un cilindro.

También muestra la conexión entre el camino espacio-tiempo y el prisma. La ruta espacio-tiempo representa un movimiento revelado de participación en la actividad, mientras que el prisma espacio-tiempo delimita todos los movimientos posibles entre dos puntos de control. Analizar las actividades de un individuo puede requerir una combinación de varias rutas de espacio-tiempo y prismas en un objeto compuesto, la línea de vida espacio-tiempo (Miller 2005).

Donde x_i y y_i son coordenadas espaciales, y t_i es una marca de tiempo. Comúnmente se asume en la literatura que el individuo se mueve a una velocidad constante entre cada uno de los dos puntos de control adyacentes, c_i y c_j (Wolfson et al. 1998, Miller 2005).

2.2 Sintaxis espacial □

La sintaxis espacial es utilizada por miles de estudiosos de todo el mundo en áreas tan diversas como la arqueología, la criminología y la ciencia cognitiva, así como en sus disciplinas originales de arquitectura y planificación urbana.

Ha sido utilizada por activistas comunitarios, municipios de la ciudad y promotores inmobiliarios por igual, para planificar el nuevo desarrollo desde los distritos centrales de negocios de Londres y Nueva York hasta los asentamientos no planificados e informales de Jeddah y Mumbai.

La sintaxis espacial como teoría, proporciona un conjunto de principios que describen cómo el espacio influye en los patrones de comportamiento humano desde el movimiento a pie y en los vehículos, hasta la forma en que las personas toman decisiones de ubicación de propiedades, hasta los valores sociales y económicos que se crean cuando las personas toman decisiones espaciales, ya sea como individuos o como instituciones.

La sintaxis espacial es también un método para describir y analizar las relaciones entre espacios de áreas urbanas y edificios. En la sintaxis espacial, los espacios se entienden como vacíos como calles, plazas, habitaciones y campos, entre muros, vallas y otras cosas que restringen el movimiento peatonal o el campo visual. La idea supone que la mayoría de las personas, la mayoría de las veces, tomarán la ruta más sencilla a su destino. Esa ruta tiende a implicar el menor número de cambios de dirección. Cuantos más cambios de dirección, más complejo será el sistema y, por lo tanto, más ineficaz o ineficiente se vuelve el diseño de la red. La idea se originó con Bill Hillier, un profesor de the Bartlett School of Architecture, University College London (UCL), quien, hace 20 años, quería averiguar por qué la vivienda social de los años 60 y 70 en el Reino Unido no funcionaba; por qué no se había desarrollado un sentido de comunidad. Quería encontrar un medio para describir y analizar cómo los diseños de la vivienda interactúan con el espacio disponible.

Junto con Julienne Hanson escribió un libro llamado "La lógica social del espacio" (1981). Su trabajo resuelve muchos de los problemas con la comprensión de estructuras urbanas

enteras como una red con diferentes dimensiones espaciales y urbanas. Esto tiene un gran impacto en la comprensión de los movimientos peatonales en la ciudad. Hillier encontró una fuerte relación entre el número relativo de peatones y la integración espacial de la estructura de la ciudad. Proporciona una representación morfológica urbana mirando sólo espacios públicos (espacio abierto). Estos espacios públicos parecen un sistema de anillos de abejas, en el que el espacio se ensancha desde cuentas irregulares, y se estrecha para formar cadenas, mientras que al mismo tiempo se unen a sí mismos para que siempre sean opciones de rutas de cualquier espacio a cualquier otro.

Al desglosar el tema y explicar los términos básicos utilizados en la sintaxis espacial se hace más fácil entender las diferentes variables y su enfoque.

Las tres concepciones básicas en el análisis de sintaxis espacial:

- El espacio convexo, o polígono convexo como lo llama algún analista, es un polígono que no posee líneas dibujadas entre ningún par de puntos dentro de ese polígono. En otras palabras, ninguna línea cruza su perímetro.
- El espacio axial o una línea axial es la línea más larga que encadena polígonos convexos. Es una línea recta vinculada a la noción de visibilidad y que puede ser seguida por un pie.
- El espacio de isovista es el área total que se puede ver desde un punto, en tres dimensiones.

La estructura espacial que está midiendo se representa mediante el uso de mapas sintácticos, con la misma terminología que la anterior, es decir:

- El mapa convexo representa el menor número de polígonos convexos conectados entre sí que cubren completamente el área y las conexiones entre ellos. Representando más o menos el vacío del espacio.



Figura 7. Mapa convexo de una rejilla de calle irregular
(Fuente: Karolina Jacoby, 2006)

- El mapa axial describe el menor número de líneas axiales que cubren todos los espacios convexos del sitio y sus conexiones. La conectividad es la medida de qué tan bien una línea axial es intersectada por otras. No hay una línea que no se interseca en ningún entorno urbano, lo que significa que cada espacio es accesible desde cualquier otro espacio de la ciudad. La longitud de la línea tiene correlación con el índice de conectividad, lo que dice que las líneas largas son más posibles de ser intersecadas por otras.
- Mapa isovista presenta las áreas que son visibles desde espacios convexos o líneas axiales. Estos mapas se pueden transformar en gráficos más fáciles de leer y analizar:

gráfico es una figura que muestra la relación de acceso entre todos los espacios convexos o espacios axiales de la zona. Los espacios se dibujan como círculos o puntos y los enlaces con líneas.

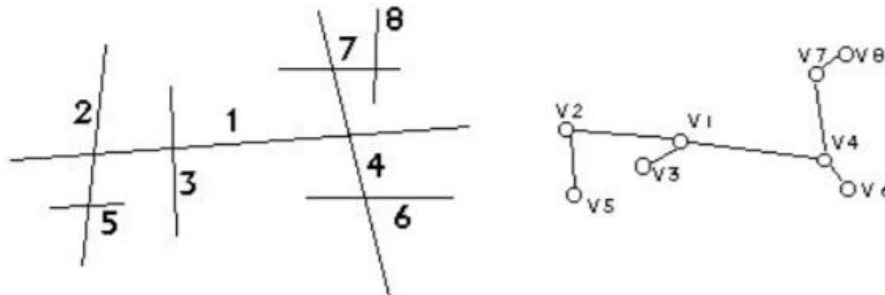


Figura 8. Un mapa axial y su gráfico

(Fuente: Karolina Jacoby, 2006)

- El paso sintáctico es la conexión directa o relación entre un espacio y sus vecinos inmediatos. En un mapa axial suele ser el cambio de dirección de una línea a otra. Vea la figura anterior.
- La profundidad es una distancia topológica en un gráfico. Cuenta el menor número de pasos sintácticos que se necesitan para llegar uno de otro. Si dos líneas están conectadas directamente, la distancia entre ellas es igual a una, y la distancia de las líneas que no están conectadas directamente es la ruta más corta entre ellas. Vea la misma figura arriba.
- Gráfico justificado muestra el espacio específico situado en la parte inferior, en la "raíz". Todos los espacios a un paso sintáctico lejos del espacio raíz se colocan en el primer nivel en el gráfico, todos los espacios a dos espacios de distancia se colocarán en el segundo nivel y así sucesivamente. Estos gráficos ayudan a comprender la profundidad general de un sitio visto desde uno de sus puntos. El gráfico justificado se puede llamar profundo o poco profundo dependiendo de cómo se vea con los pasos (niveles), como árboles o arbustos.

2.3 Zonificaciones de los usos de suelo

La geografía actual y la ciencia espacial distinguen entre dos tipos básicos de regiones: formales y funcionales. Se diferencian en una forma de organización espacial y estructura interna (Nystuen, Dacey, 1961; Haggett, 1965; Brown, Holmes, 1970; Baovsko, Lauko, 1990; Klapka, Tonev 2008; Klapka et al., 2013). Una región funcional se basa en los flujos espaciales horizontales. Estos vínculos funcionales (de ahí el término región funcional) están determinados por la polarización del espacio, que es un producto de la heterogeneidad del entorno geográfico (Klapka, Tonev, 2008). Los enlaces funcionales, o interacciones, están representados por flujos de personas, capital, información, etc. Las características importantes de las interacciones son su distancia, intensidad y orientación; prácticamente tienen un carácter de vector. Un papel significativo en el concepto de región funcional es desempeñado por un núcleo regional que organiza toda la región y que atrae o irradia la mayor parte de las interacciones.

Sin embargo, la existencia del núcleo no es una condición necesaria para la definición de la región funcional (Klapka et al., 2013). La condición primaria y única es la autocontención de una región (Klapka et al., 2013). La autocontención se basa en los principios de la cohesividad interna y la separación externa de las regiones, que afirman que se deben maximizar las interacciones intrarregionales y se deben minimizar las interacciones interregionales (Smart, 1974; Fischer, 1980; Karlsson, Olsson, 2006; Farmer, Fotheringham, 2011; Klapka et al., 2013).

Estructura interna de la región funcional La estructura interna de las regiones funcionales es más distinta que en el caso de las regiones formales. Su estudio tiene una larga tradición en geografía y ciencia espacial que se remonta al análisis de la ubicación de la producción agrícola (von Thünen, 1826) y las teorías de la gran localización (Christaller, 1933; Lusch, 1940; Isard, 1956). Todos estos autores abordan de una manera la estructura interna simple de la región funcional. En esta concepción las regiones funcionales tienen un núcleo, su interior, y periferia, identificadas particularmente sobre la base de la diferente intensidad de las interacciones intrarregionales básicamente siguiendo la función de descomposición de la distancia desde un núcleo (Halás et al., 2014).

Haggett (1965, 2001) proporciona un enfoque más complejo para el desarrollo de la estructura interna de la región funcional, cuando aparte de la intensidad de interacción se desempeña el papel importante por dirección, orientación y patrón de flujos dentro de una región y existencia de otros núcleos a diferentes niveles jerárquicos. Sobre la base de estas características se pueden identificar diferentes tipos de regiones funcionales (Klapka et al., 2013), por ejemplo, regiones urbanas funcionales (por ejemplo, Berry, 1973), sistemas urbanos diarios (por ejemplo, Berry, 1973; Coombes et al., 1979), áreas de viaje al trabajo (por ejemplo, Ball, 1980; Coombes, Openshaw, 1982) o áreas del mercado laboral local (por ejemplo, Casado-Díaz, 2000; Casado-Díaz, Coombes, 2011). Estos tipos se basan especialmente en el carácter cualitativo de las interacciones, su periodicidad y orientación. La tipología de las regiones funcionales se basa principalmente en su estructura interna. En este caso, la estructura interna generalmente respeta los patrones espaciales, la orientación y la intensidad de una interacción de organización de región.

Además, se emplean tres criterios de clasificación para identificar los tipos de regiones funcionales relativas a las relaciones entre los núcleos: número de zonas espaciales básicas que califican como núcleos, nivel jerárquico de zonas espaciales básicas que califican como núcleos, la naturaleza de las relaciones entre las zonas espaciales básicas que califican como núcleos. La aplicación del primer criterio ofrece cuatro posibilidades teóricas (fig. 9): la región funcional no tiene núcleo, las interacciones tienen patrones aleatorios (fig. 9a), la región funcional tiene un núcleo que consiste en una zona espacial básica, las interacciones tienen patrón concéntrico (fig. 9b), la región funcional tiene un núcleo que consta de zonas espaciales más básicas, las interacciones tienen un patrón

concéntrico, las interacciones más significativas se producen entre las zonas espaciales que forman un núcleo (fig. 9c), la región funcional tiene más núcleos, las interacciones tienen un patrón concéntrico, la relación entre los núcleos es indiferente (fig. 9d). Incluso si existe una posibilidad teórica de que una región funcional no tenga núcleo, en practise, por lo general se organiza alrededor de uno o más núcleos.

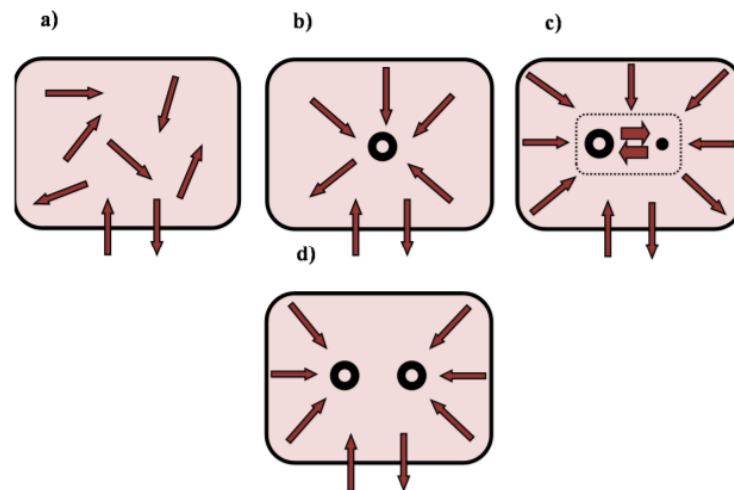


Figura 9. Tipos de regiones funcionales basadas en el criterio del número de zonas que forman un núcleo

Fuente: Basado en Champion, 2001; adoptado de Lambregts, 2009

Capítulo 3. Breve evolución de la estructura urbana de Pekín y descripción general del sistema de bicicletas compartidas

3.1 Breve evolución de la forma urbana y el uso del suelo de Pekín.

Como capital de China, Pekín es una de las ciudades más pobladas del mundo. La población a finales de 2018 era de 21,54 millones de habitantes. La Zona Metropolitana de Pekín (BMA) es de 16.410 kilómetros cuadrados. Según el conjunto de datos de uso del suelo del Instituto de Planificación Urbana de Pekín, el área urbana total a partir de 2018 era de 1675 kilómetros cuadrados. El BMA comprende actualmente 16 subdivisiones administrativas (distritos). Desde el último ajuste de los límites administrativos de Pekín en 1958, se han redactado cinco planes maestros urbanos en 1958, 1973, 1982, 1992 y 2004, respectivamente. Cada plan maestro incluye un mapa oficial de uso del suelo. Parcelas individuales en el mapa de los usos asignados de acuerdo con una clasificación de usos urbanos (residenciales, comerciales, industriales, de tierras verdes públicas y de uso mixto) o no urbanos (tierras de cultivo, bosques y humedales) (Long et al., 2012). El mapa guió el desarrollo urbano futuro, y se esperaba que los usos se ajustarán al plan. La BMA ha experimentado un aumento sin precedentes en el crecimiento de la población y el desarrollo urbano desde principios de la década de 1990.

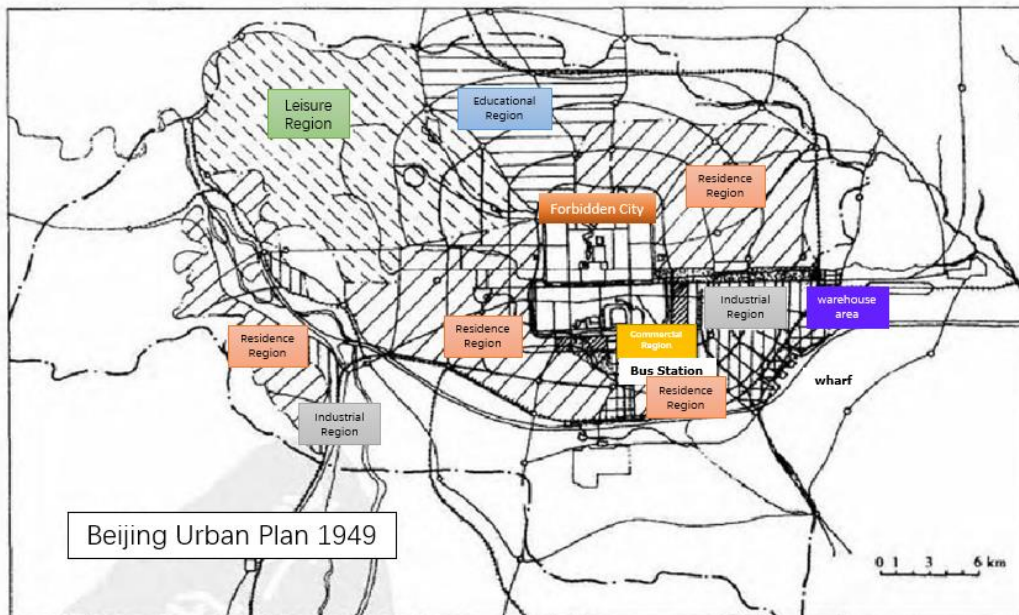


Figura 10.1949 Planificación urbana de Pekín

(Fuente: Beijing City Lab,2014)

La estructura urbana del Pekín moderno hereda básicamente la estructura de la dinastía Qing, centrada en la Ciudad Prohibida, organizada en el eje norte-sur. El siguiente plan urbano fue diseñado por el gobierno de Pekín en 1947, la principal política guía fue construir una ciudad moderna, así como proteger los lugares históricos. La nueva ciudad en el suburbio occidental continuaría expandiéndose; varias ciudades de satélite se establecerán en las ciudades originales si el área suburbana. También planeaba construir el metro. Sin embargo, este plan fue suspendido debido a la segunda guerra civil (1945-1949).(fig.10)

Zona central construida: Alrededor del núcleo histórico se encuentra el centro de la ciudad de 300 km cuadrados que se ha desarrollado gradualmente desde la década de 1950. •El paisaje urbano de 1958 estableció un patrón espacial de megaciudades con una población de 10 millones de habitantes. También ha encarnado un diseño de "estructura de aglomeración dispersa" en el urbanismo, rompiendo un "gran pastel" de 600 kilómetros cuadrados en el área urbana en docenas de aglomeraciones, que están separadas por tierras de cultivo y espacios verdes. En este momento, la población urbana se ha reducido de 6 millones a 3,5 millones, y la ciudad se ha expandido a 16.800 kilómetros cuadrados.

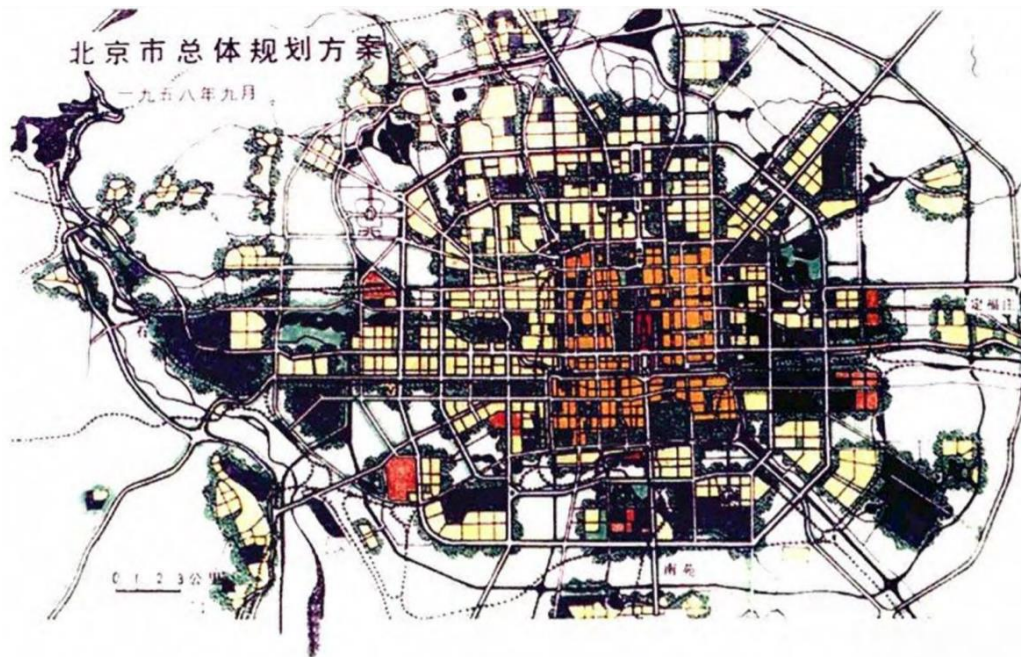


Figura 11. 1958 Plan Maestro Urbano de Pekín
(Fuente: Beijing City Lab,2014)

Sin embargo, la fuerte contaminación industrial a finales de la década de 1970 instó al gobierno a cambiar la planificación. El Plan Maestro Municipal de Construcción Urbana de Pekín de 1973 propuso construir Pekín en una capital limpia y socialista con la industria moderna, la agricultura moderna, la ciencia y la cultura modernas y las instalaciones urbanas modernas.

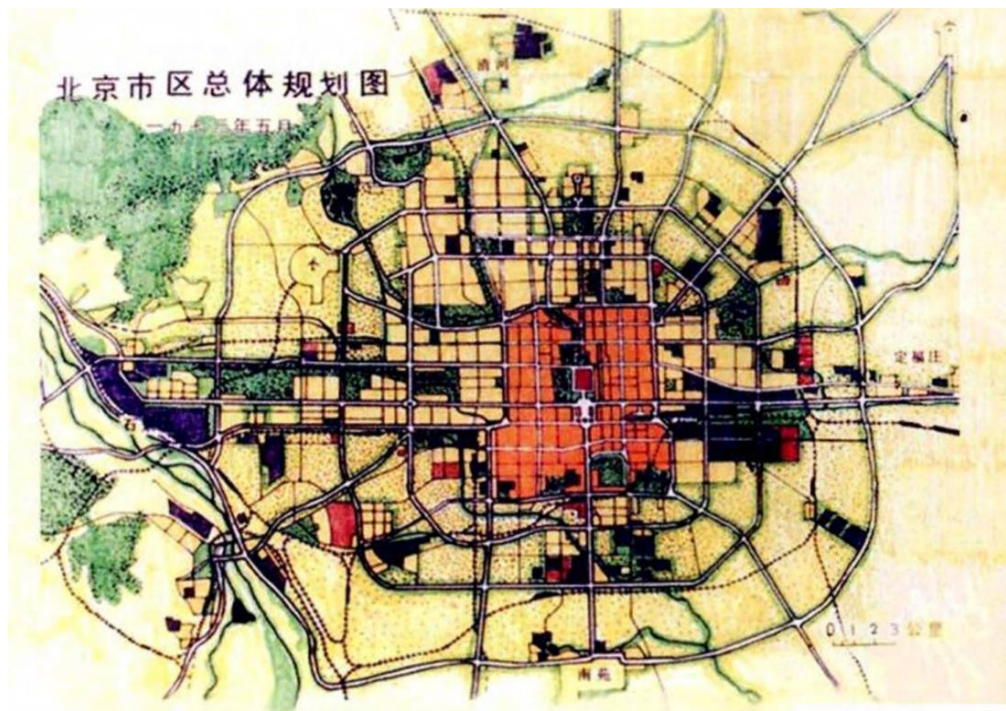


Figura 12. Plan Maestro de Construcción Urbana de Pekín 1973
(Fuente: Beijing City Lab,2014)

Después de que el mercado de los derechos de uso de la tierra se estableció en la década de 1980, esta área ha sido re-urbanizada rápidamente y en el proceso ha cambiado la imagen física y la vida socioeconómica de Pekín. La mayoría de los terrenos industriales se han convertido en un distrito central de negocios de barrios comerciales y residenciales. Mientras tanto, el desarrollo en el borde exterior de esta área se ha expandido más del 25 por ciento en los últimos 10 años, y la población ha aumentado a 5 millones.

Diez distritos dispersos fueron creados en el plan integral de 1982 como áreas de desarrollo suburbano interior. Algunos de ellos se han beneficiado de grandes inversiones en vivienda, pero siguen siendo principalmente comunidades de dormitorios que carecen de desarrollo de uso mixto, oportunidades de empleo, transporte público y otros servicios. La población prevista para cada uno de estos distritos era de unos 200.000, pero varios distritos en el extremo norte y noreste ya han alcanzado los 500.000.

En 1982, el gobierno de Pekín publicó el Plan Maestro de Construcción Urbana de Pekín, donde el sótano industrial moderno fue trasladado del plan. Desde entonces, la parte sur de Pekín ha disminuido gradualmente. Por el contrario, gracias a las mejores universidades de China que se encontraban en el norte de Pekín, la parte norte de la ciudad, especialmente Zhongguancun, se ha desarrollado rápidamente (fig.13).



Figura 13. Plan Maestro de Construcción Urbana de Pekín 1982

(Fuente: Beijing City Lab,2014)

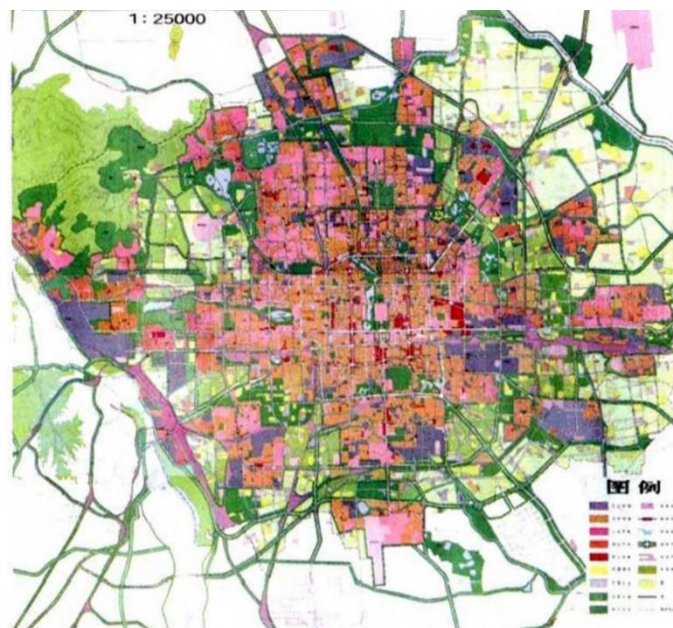
En el área suburbana exterior se planeó 14 ciudades satélite como centros autosuficientes que combinen las funciones de empleo y vivienda. Sin embargo, varios factores contribuyeron al fracaso inicial de este plan: el centro de la ciudad y su área de expansión continuaron atrayendo la mayor parte de la inversión debido a su infraestructura existente y menores costos de desarrollo; controlar los fuertes vínculos entre el empleo y la vivienda; el sistema de transporte público no podía apoyar el desarrollo de estas ciudades satélite; y la gente demostró una preferencia cultural por vivir en el denso centro

urbano.

En otras palabras, el patrón policéntrico original planeado descuidó el impacto de las fuerzas del mercado y las preferencias socioculturales. El desarrollo urbano significativo no llegó a las ciudades satélite hasta finales de la década de 1990, cuando el gobierno municipal construyó carreteras radiales y creó algunas zonas universitarias e industriales. Sin embargo, el patrón físico de la urbanización alrededor de Pekín sigue siendo de carácter monocéntrico.

Para preservar los limitados recursos agrícolas de la nación, el gobierno central en la década de 1980 estableció una regulación de planificación urbana de 100-120 metros cuadrados de tierra urbana por persona en una gran ciudad. Por ejemplo, si el plan integral de Pekín tiene una previsión de población urbana de 10 millones en 2010, la superficie total de suelo urbanizado de la ciudad debería controlarse en un radio de 1.200 km cuadrados.

Para apoyar la estructura espacial planificada de la ciudad, el concepto de un sistema de anillos y carreteras radiales fue creado en la década de 1950 y fortalecido en los planes integrales de 1982 y 1993. El sistema se consideró un modelo de transporte ideal para apoyar el patrón urbano planificado. La 4a carretera de circunvalación sería el borde del centro de la ciudad; la 5a carretera de circunvalación uniría los 10 distritos dispersos; El área total de construcción urbana fue de unos 610 km². La distribución espacial consta de una ciudad central y 10 ciudades suburbanas: Beiyuan, Jiu, Xianqiao, Dongba, Dingfu Zhuang, Fatou, Nanyuan, Fengtai, Shijingshan, Xiyuan y Qinghe. Y la 6a carretera de circunvalación fue diseñada como la carretera interurbana para conectar algunas de las 14 ciudades satélite. Las carreteras radiales fueron planeadas para proporcionar un acceso rápido entre las carreteras de circunvalación y para crear corredores de tráfico



entre Pekín y otras ciudades.

Figura 14. 1993 Plan Maestro Urbano de Pekín 1993

(Fuente: Beijing City Lab,2014)

En general, el patrón policéntrico previsto de ciudades satélite de igual tamaño no ha sido una estructura viable para gestionar el rápido crecimiento urbano de la ciudad, y el plan integral de 1993 no ha sido capaz de guiar la urbanización desenfrenada. Sin embargo, algunos esfuerzos de planificación y formulación de políticas han intentado controlar el crecimiento físico y resolver problemas graves de transporte.

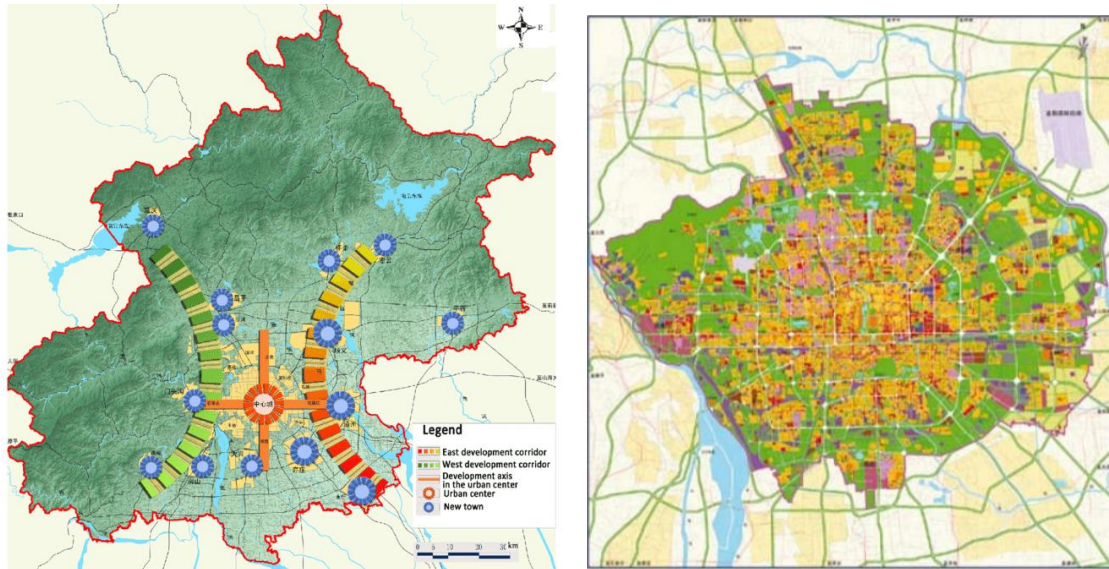


Figura 15. Plan Maestro Urbano de Pekín 2004-2020

(Fuente: Beijing City Lab,2014)

Para el año 2003, la población de Pekín y la superficie construida urbana ya habían superado la capacidad establecida en el Plan Maestro 1992-2010. Para hacer frente a los nuevos retos en el futuro, la Comisión Municipal de Urbanismo de Pekín actualizó el plan maestro de la ciudad para un horizonte de planificación 2020. Aprobado en 2005, se buscó el plan revisado para esbozar principios generales y crear nuevas directrices para el desarrollo económico, social y físico a largo plazo de Pekín (Ding, Song, & Knaap,2005).

En este nuevo plan, la población proyectada de Pekín era de 18 millones en 2020. Desde una perspectiva espacial, el plan promueve un patrón de desarrollo urbano de "dos ejes, dos correas y multicentros". Un total de 1650 kilómetros cuadrados de superficie construida urbana planificada se asignaron a la ciudad central y once nuevas ciudades. Se planeó que los desarrollos urbanos se produjeran dentro de las áreas de construcción urbana planificadas. Los límites de estas áreas pueden ser considerados como los UGB (Urban Growth Boundary) chinos que funcionaron de una manera similar a los UGB en los Estados Unidos. La emisión de permisos de uso del suelo fuera de estos límites estaba generalmente prohibida con el fin de frenar la expansión urbana y proteger los espacios abiertos. Se identifican cuatro tipos de UGB, incluidos los de la ciudad central, nuevas ciudades, pueblos y otras pequeñas áreas aisladas.

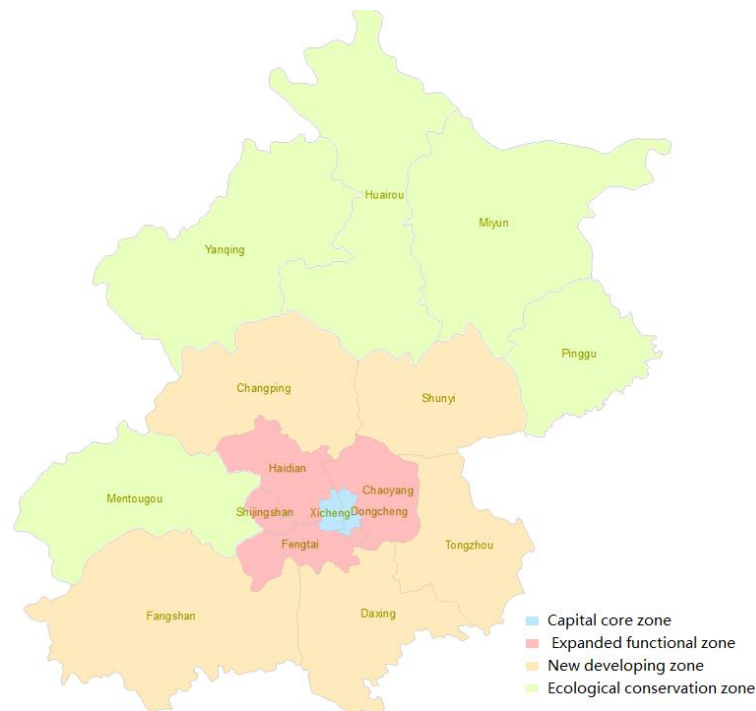


Figura 16. Las regiones funcionales del Plan Maestro de Pekín 2004-2020

(Fuente: Elaboración propia)

La estructura funcional de la ciudad de Pekín está compuesta por la zona central de la capital, la zona funcional ampliada, la nueva zona de desarrollo y la zona de conservación ecológica. La zona central de la capital incluye Dongcheng y el distrito de Xicheng, que es el centro político nacional, centro cultural, centro de gestión financiera y centro de intercambio internacional. La zona funcional ampliada acomete la gran proporción de empleo y de los servicios urbanos y reúne centros tecnológicos y áreas de educación superior. Nueva zona de desarrollo es la región para el desarrollo urbano futuro, así como la base de producción agrícola.

Sobre la base de este diseño, el sistema urbano jerárquico también se cambia a "ciudad central, nuevas ciudades y pueblos". Las zonas del centro de la ciudad son de unos 1085 km², lo que incluye un 40% de zonas verdes. Planea construir 11 nuevas ciudades para dispersar poblaciones en el área central: Tongzhou, Shunyi, Yizhuang, Daxing, Fangshan, Changping, Huairou, Miyun, Pinggu, Yanqing, Mentougou. (fig.16)

En septiembre de 2017, se lanzó el "Plan Maestro Urbano de Pekín (2016-2035)". Esta es la séptima edición del Plan Maestro Urbano de Pekín desde la fundación de Nueva China, que guiará el desarrollo de Pekín en los próximos 20 años. Su contenido principal es el ajuste del tamaño de la población y la estructura urbana.

El Plan Maestro Urbano establece claramente que Pekín construirá un centro político nacional, un centro cultural, un centro de comunicación internacional y un centro de innovación científica y tecnológica como núcleo para mejorar la competitividad integral e influencia internacional y construir una ciudad internacional armoniosa y habitable de

primera clase para 2035.

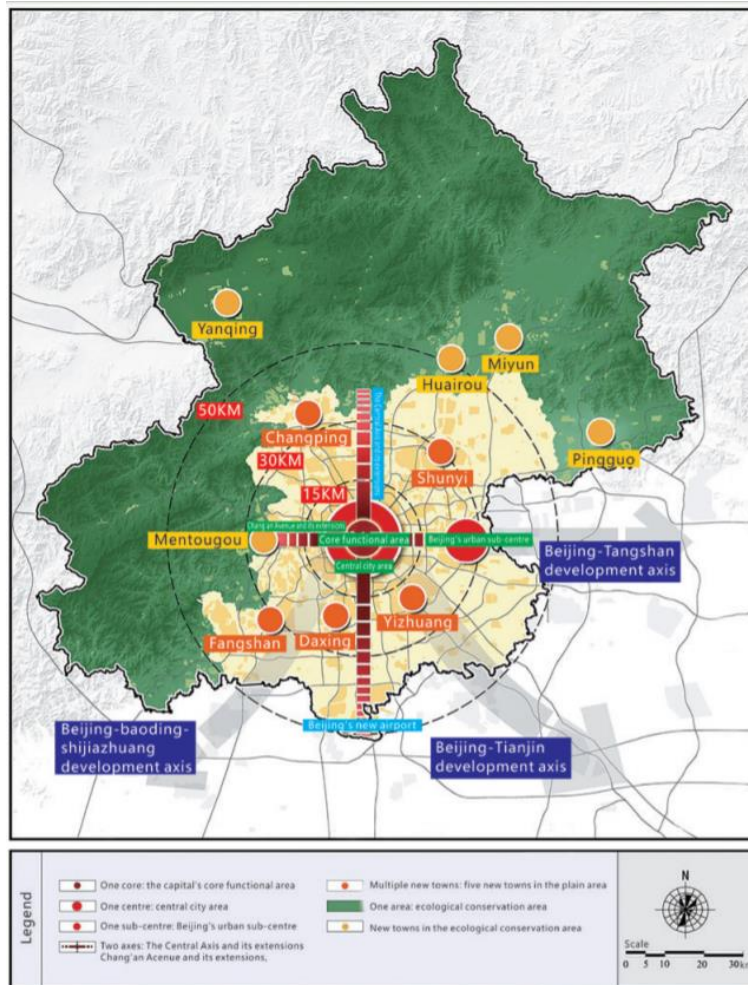


Figura 17. Mapa de bocetos del diseño planificado de Pekín (2016 -2035)

(Fuente: BEIJING INVESTMENT GUIDE , 2018-2019)

Una estructura espacial urbana con "un núcleo, un centro, un subcentro, dos ejes, múltiples ciudades nuevas y una zona". **Un núcleo:** El área funcional central de la capital. El área funcional tiene una superficie total de unos 92,5 km².

Un centro: Zona central de la ciudad. El área central de la ciudad incluye seis distritos urbanos, a saber, Dongcheng, Xicheng, Chaoyang, Haidian, Fengtai y Shijingshan, cubriendo un área total de aproximadamente 1.378 km². (Fig.17)

Un subcentro: el subcentro urbano de Pekín. El alcance de la planificación del subcentro urbano de Pekín cubre la ciudad nueva de Tongzhou planeada originalmente con un área total de unos 155 km².

Dos ejes: El Eje Central y sus extensiones, Chang'an Avenue y sus extensiones. El Eje Central y sus extensiones se refieren al Eje Central tradicional y sus extensiones sur y norte. El tradicional Eje Central parte de la Puerta de Yongding en el sur y las Torres de La Campana y Tambor en el norte, que abarcan unos 7,8 kilómetros (km). Su extensión

norte puede llegar a la cordillera de Yanshan y la extensión sur al nuevo aeropuerto de Pekín y al río Yongding. Centrado en la Plaza de Tiananmen, la avenida Chang'an se extiende hacia el este y hacia el oeste respectivamente.

Una zona: Zona de conservación ecológica. El área de conservación ecológica se refiere a las regiones montañosas de los distritos de Mentougou, Pinggu, Huairou, Miyun, Yanqing y Changping. Constituye el área de conservación ecológica en el centro, oeste y norte de la zona de Pekín-Tianjin-Hebei, y es la "barra de oxígeno" de Pekín y clave para la sostenibilidad de la capital

Estas nuevas ciudades están previstas para llevar funciones de la zona central de la ciudad y para la transferencia de población. Funcionan como las áreas importantes para promover el desarrollo coordinado de las regiones de Pekín, Tianjin y Hebei.

3.2 La estructura urbana actual de Pekín desde una visión cualitativa

En Pekín, un promedio de 20 km² de tierra fue adquirido para el desarrollo urbano anualmente entre 1990 y 2000, pero esta cifra alcanzó los 50 km cuadrados después de 2000 y se espera que se duplique durante esta década. Para alcanzar el objetivo económico municipal de triplicar la tasa de crecimiento del GDP (Gross Domestic Product) para 2015, apenas quedaban tierras agrícolas en el término municipal. Frente a estos desafíos para el desarrollo urbano sostenible, los gobiernos central y municipal están iniciando algunos esfuerzos de planificación urbana para controlar el consumo de tierras y redefinir las zonas de cinturón verde.

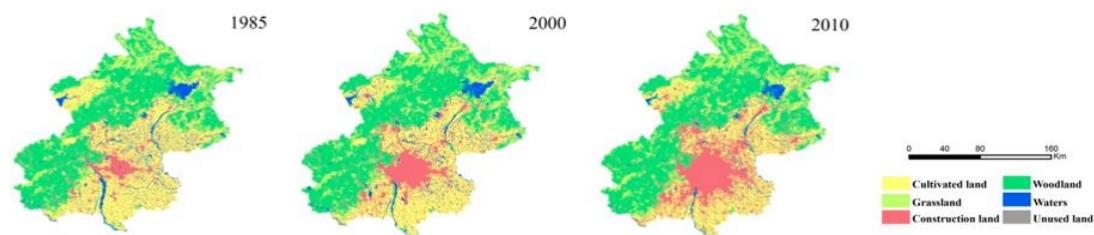


Figura 18. Expansión de la tierra de construcción en Pekín
(Fuente: Huiran Han et al., 2015)

A escala espacial, la expansión de la tierra de construcción es sorprendentemente clara desde el centro hasta los bordes, lo que confirma un patrón espacial de crecimiento urbano. La dirección de la expansión de la tierra de construcción es principalmente a lo largo de la carretera de circunvalación de Chaoyang y Haidian en los suburbios a Tongzhou y Changping en los suburbios exteriores. Además, el área con reducciones en la tierra cultivada se encuentra principalmente en las regiones oriental y meridional de Pekín, que coincide con la dirección de extensión de la radiactividad a lo largo de las carreteras y carreteras nacionales.

3.2.1 Desarrollo económico

También Pekín es en gran parte una economía y tiene la mayor industria terciaria con relación al GDP entre todas las ciudades chinas.

Se puede ver que desde 1990 hasta 2017, el número de personas empleadas en Pekín aumentó de 62.71 millones a 124.68 millones, que es el doble que nunca. La fuerza laboral en la industria primaria se ha reducido a casi la mitad, mientras que la población laboral en el sector de servicios ha aumentado 4 veces más que nunca. En términos de la proporción de la población ocupada, la proporción de la industria terciaria ha alcanzado el 80%, con el doble que en 1990. Sin embargo, en los últimos 30 años, Pekín ha sido testigo del rápido desarrollo de la economía de mercado y de los tremendos cambios en la transformación de talentos laborales. (Table.19 y Fig.20)_

(*miles millones personas)

Año	Total	Industria primaria	Industria secundaria	Industria terciaria
1990	627.1	90.7	281.6	254.8
1991	634	90.8	279.7	263.5
1992	649.3	84.5	281.6	283.2
1993	627.8	65.1	279.4	283.3
1994	664.3	73.2	272.2	318.9
1995	665.3	70.6	271	323.7
1996	660.2	72.5	260.1	327.6
1997	655.8	71	257.6	327.2
1998	622.2	71.5	226	324.7
1999	618.6	74.5	216.2	327.9
2000	619.3	72.9	208.2	338.2
2001	628.9	71.2	215.9	341.8
2002	679.2	67.6	235.3	376.3
2003	703.3	62.7	225.8	414.8
2004	854.1	61.5	232.8	559.8
2005	878	62.2	231.1	584.7
2006	919.7	60.3	225.4	634
2007	942.7	60.9	228.1	653.7
2008	980.9	63	207.4	710.5
2009	998.3	62.2	199.6	736.5
2010	1031.6	61.4	202.7	767.5
2011	1069.7	59.1	219.2	791.4
2012	1107.3	57.3	212.6	837.4
2013	1141	55.4	210.9	874.7
2014	1156.7	52.41	209.89	894.39
2015	1186.1	50.3	200.8	935
2016	1220.1	49.6	193	977.5
2017	1246.8	48.8	192.81	1005.2

Table 19. Población de empleo de Pekín de 1990 a 2017

(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín,2018)

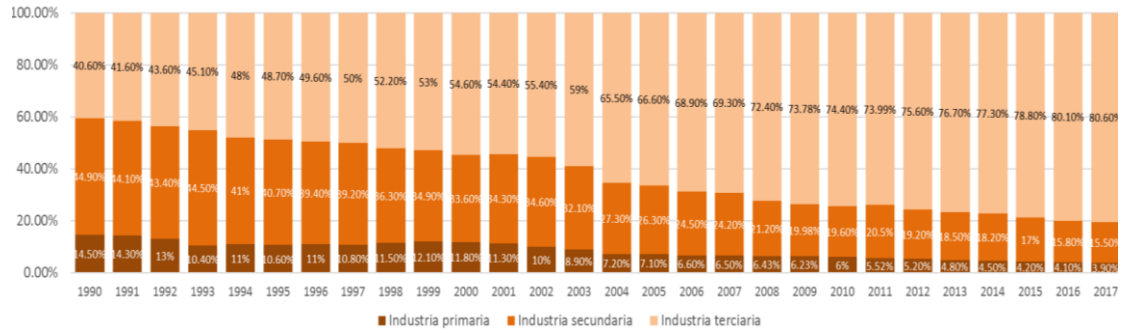


Figura 20. Estructura de empleo de Pekín de 1990 a 2017
(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín,2018)

En 2018, la industria terciaria de Pekín, o sector de servicios, representó más del 80 por ciento del GDP de la ciudad, mientras que la industria secundaria, o sector industrial y manufacturero, representó la mayor parte del 20 por ciento restantes.

Desde el sector, Pekín cuenta con industrias financieras, de servicios, de I+D, culturales y educativas altamente desarrolladas. Concretamente, el valor añadido de la industria de servicios modernos de Pekín, que incluye servicios financieros, tecnológicos, de información y otros servicios avanzados, comprendía alrededor del 60 por ciento del GDP en 2018. Los ingresos derivados de las industrias culturales, por su parte, alcanzaron el 1 billón de renchos (15.000 millones de dólares EE.UU.) en ese año. (fig.21)

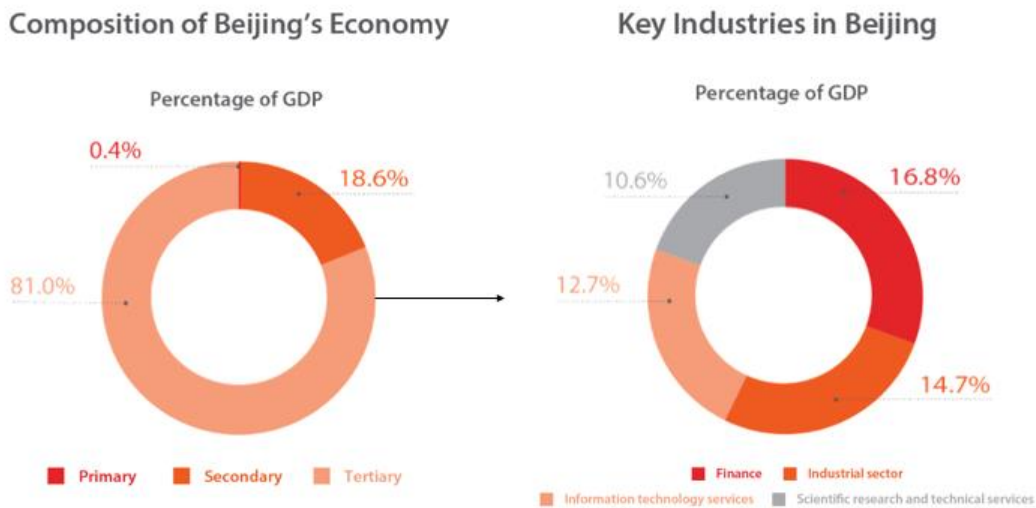


Figura 21. Componentes y factores económicos de la industria terciaria de Pekín,2018
(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín,2018)

El nivel de desarrollo es muy diferente de un distrito a otro. Según la Oficina Estadística de Pekín, en 2017, Chaoyang y el distrito de Haidian tomaron la primera y segunda posición de la clasificación del GDP, seguidos por Xicheng, Dongcheng, Shunyi y Fengtai. El GDP del distrito de Daxing es sólo un séptimo de Chaoyang, aunque su área es el doble que Chaoyang.(Table.22 y fig.23)

Distrito	PIB (Mil yuan)		Industria primaria		Industria secundaria		Industria terciaria	
	2017	crecimiento(%)	2017	crecimiento(%)	2017	crecimiento(%)	2017	crecimiento(%)
Total	280,149,435	6.7	1,204,252	-5.9	53,267,626	4.7	225,677,557	7.3
Dongcheng	22,471,758	6.3			825,884	-2.8	21,645,874	6.7
Xicheng	39,207,218	6.5			3,312,876	6.8	35,894,342	6.5
Chaoyang	56,354,784	6.6	12,194	8.7	4,227,232	6.8	52,115,358	6.5
Fengtai	14,275,390	6.5	7,444	28.5	2,816,717	-2.8	11,451,229	9.0
Shijingshan	5,353,878	7.2			1,560,748	2.7	3,793,130	9.2
Haidian	59,427,871	7.3	15,077	-13.7	6,297,004	1.9	53,115,790	7.9
Fangshan	1,743,988	7.0	10,955	18.1	812,305	7.9	920,728	6.0
Tongzhou	6,816,836	6.5	131,140	-3.3	3,978,872	10.5	2,706,824	1.7
Shunyi	7,580,112	8.1	160,772	-2.0	3,597,292	13.6	3,822,048	3.8
Changping	17,158,727	6.3	183,980	-6.6	6,427,047	-0.2	10,547,700	11.2
Daxing	8,396,720	8.5	77,822	4.1	3,139,979	11.7	5,178,919	6.6
Mentougou	6,445,617	7.1	168,004	-12.8	2,432,187	1.3	3,845,426	12.3
Huairou	2,857,990	7.6	65,601	5.8	1,627,653	9.9	1,164,736	4.5
Pinggu	2,335,531	4.2	157,030	-11.9	954,094	-1.6	1,224,407	12.1
Miyun	2,782,407	7.1	141,660	-11.3	1,122,291	1.0	1,518,456	14.6
Yanqing	1,361,674	8.4	68,294	-5.8	428,434	13.8	864,946	7.3

Table 22. PIB de distritos administrativos en Pekín

(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín, 2018)

Además, el crecimiento primario de la industria de Fengtai, Changping, Mentougou, Miyun y Yanqing se desplomó en gran medida debido a la expansión urbana y los proyectos de forestación (Estos dos por lo general toman tierras cultivadas). Aunque la industria secundaria mantiene el crecimiento, muchas fábricas de alta contaminación se han trasladado a otras provincias, como las provincias cercanas, o cerradas directamente.

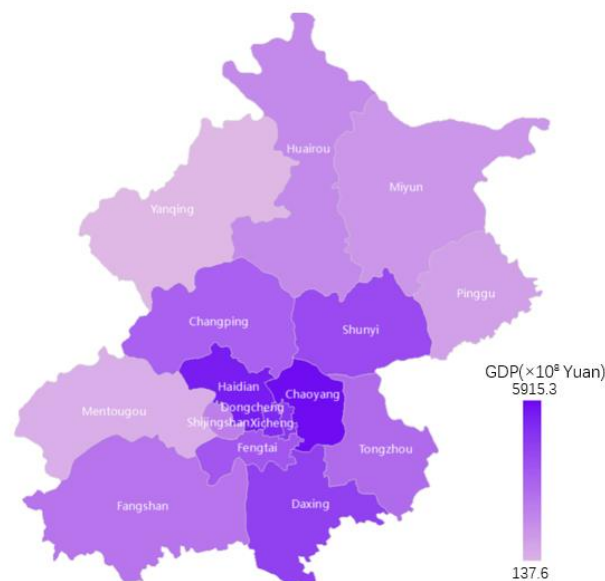


Figura.22 GDP del distrito administrativo en Pekín,2018

(Fuente: Elaboración propia)

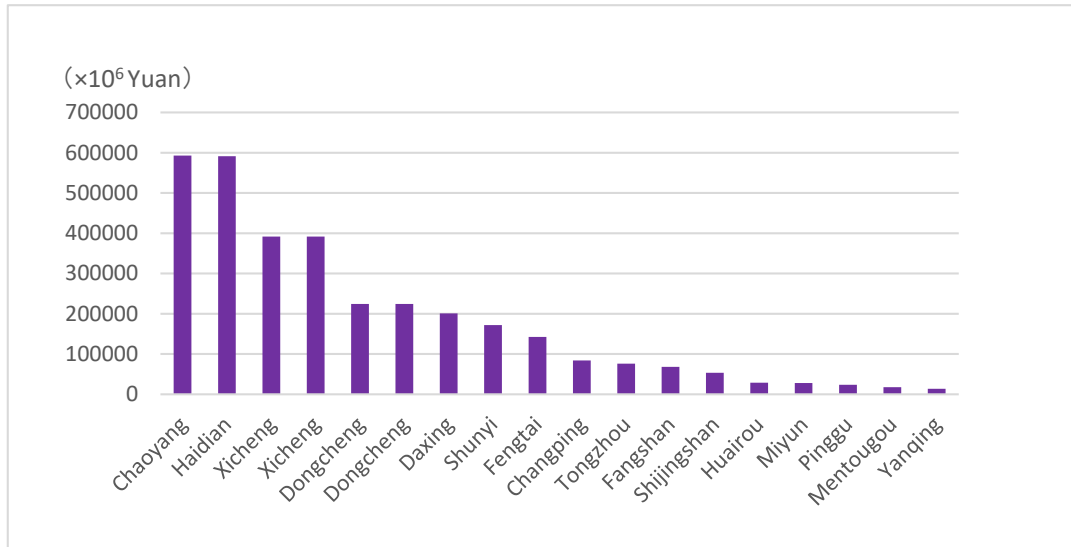


Figura 23. Ranking del GDP del distrito administrativo en Pekín

(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín, 2018)

3.2.2 La distribución demográfica de Pekín

Durante la primera década del nuevo siglo, el rápido crecimiento de la población residente permanente de Pekín aumentó de 20.000 millones a 20.186 millones en 2011, lo que equivale a un aumento de 595 millones; es decir un crecimiento medio anual del 3,6%. Actualmente la población residente de Pekín ha alcanzado su punto máximo en 21.729 millones. Según los datos de las estadísticas oficiales, 132,000 residentes inmigrantes registrados abandonaron la ciudad entre 2016 y 2017. En 2017, la proporción de inmigrantes en la ciudad fue del 36,6%, en comparación con el 37,2% del año pasado.(fig.24)

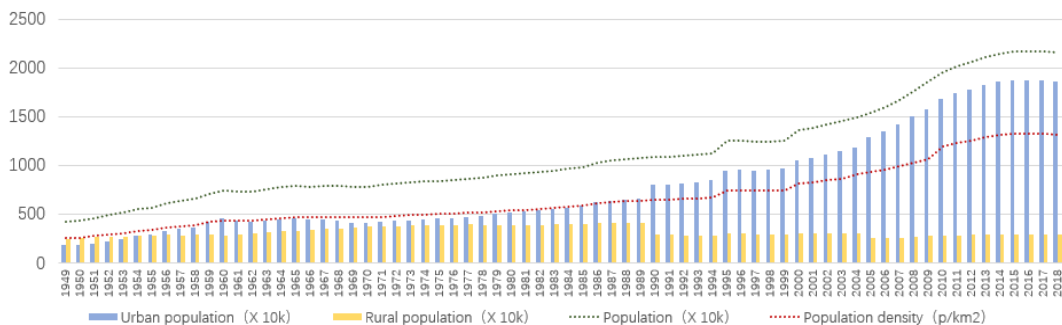


Figura 24. Población de Pekín de 1949 a 2018

(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín, 2018)

El nivel de educación promedio de los que permanecen en la ciudad está en aumento. Entre 2010 y 2017, la proporción de personas inscritas para vivir en Pekín que tienen un título universitario o superior aumentó del 33% al 38%, con 1 de cada 20 personas que ahora tiene un título de postgrado. (fig.25)

Sin embargo, al igual que el resto de China, Pekín se enfrenta a una crisis por envejecimiento poblacional. La proporción de personas mayores de 65 años aumentó al 10,5% en 2017 desde el 8,7% en 2010. Por su parte la proporción de personas en edad de trabajar —entre 15 y 64 años— ha disminuido del 82,7% en 2010 al 78,6% el año pasado. (fig.26)

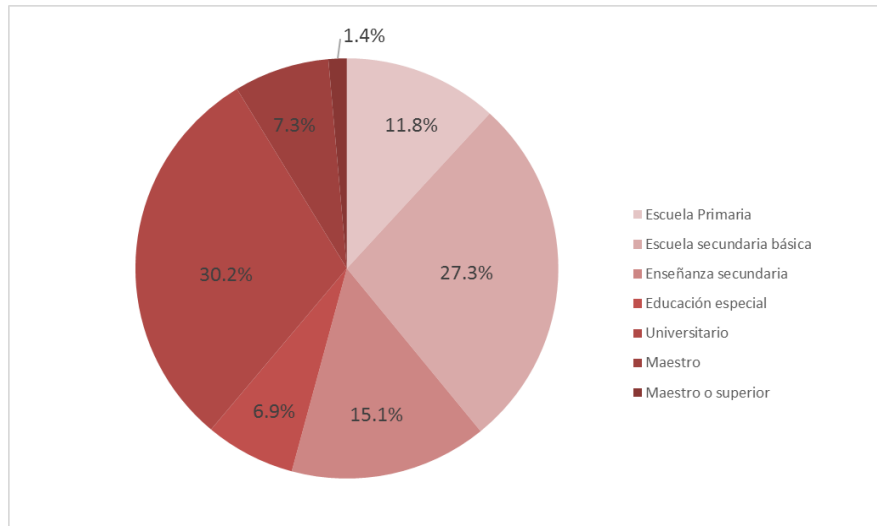


Figura 25. El nivel de educación promedio de Pekín de 1949-2018
(Fuente: Oficina de Estadística de Pekín, 2018)

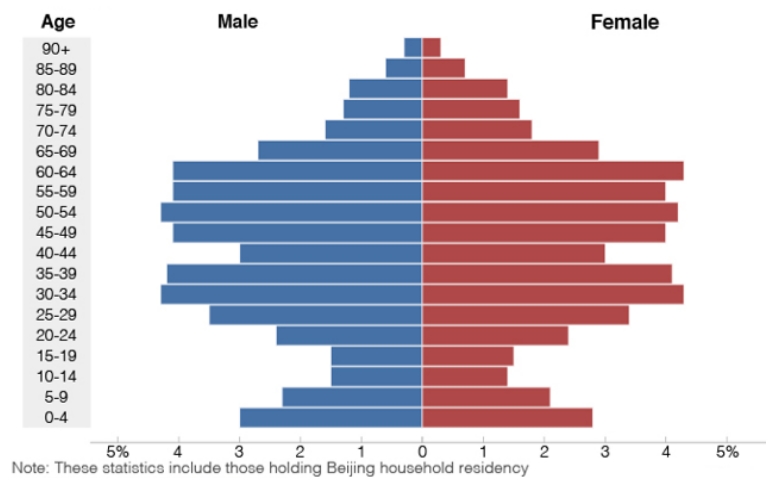


Figura 26. Estructura de la población de Pekín 2018
(Fuente: Anuario estadístico de Pekín, 2018)

En términos de áreas funcionales, la zona funcional ampliada (distrito de Haidian, distrito de Shijingshan, distrito de Fengtai, distrito de Chaoyang) tiene la mayor población permanente, representando el 48,7% de la población permanente de la ciudad. La segunda es la nueva zona en desarrollo (distrito de Changping, distrito de Daxing, distrito de Tongyi, distrito de Fangshan), que representan el 30,8%;

El área de conservación ecológica (condado de Yanqing, condado de Miyun, distrito de Huairou, distrito de Pinggu, distrito de Mentougou) tiene una pequeña población residente, que representa el 11% y el 9,5%, respectivamente.

La desaceleración de la tasa de crecimiento y la disminución del incremento de la población no sólo está relacionada con el ajuste del desarrollo económico y social, la estructura industrial y la función no capital, sino también con el aumento del costo de vida y el transporte.

Desde el punto de vista demográfico, proporcionamos dos perspectivas, una divide la ciudad por su estructura vial y la otra divide la ciudad por distritos administrativos.

1) La visión de la estructura vial

Pekín es una ciudad centrada en la plaza de Tiananmen con carreteras de circunvalación rodeadas. El área dentro de la 2nd Ring Road (la 2a RR) es el área central, área entre la 2a y 4th Ring Road (la 2a y 4a RR) es el área urbana principal, el área entre la 4th y 6th Ring Road es área peri-urbana y el área fuera de la 6a Carretera de Circunvalación (la 6a RR) pertenece a los suburbios exteriores. El área dentro de la Quinta Carretera de Circunvalación de Pekín es de 667 kilómetros cuadrados.

De 1900 a 2010, hubo una ola de incremento de población en la región entre 5 km y 40 km del centro de la ciudad, mientras que la densidad de población ha ido disminuyendo en las áreas de 40 km (Tieshan Sun, et al. 2012). Y la distribución de la población del círculo se expande hacia afuera en un círculo, es decir, se concentra desde el anillo interior hasta el cuarto anillo. (fig.27)

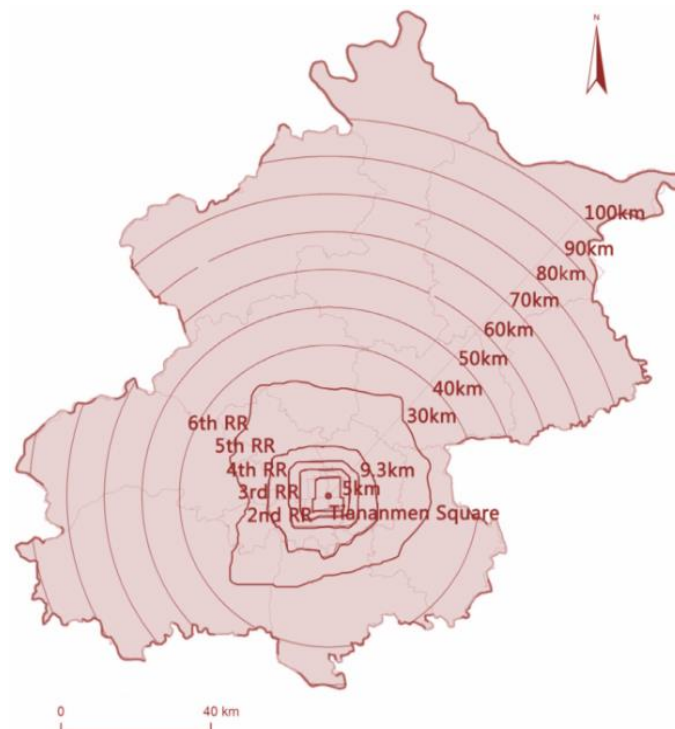
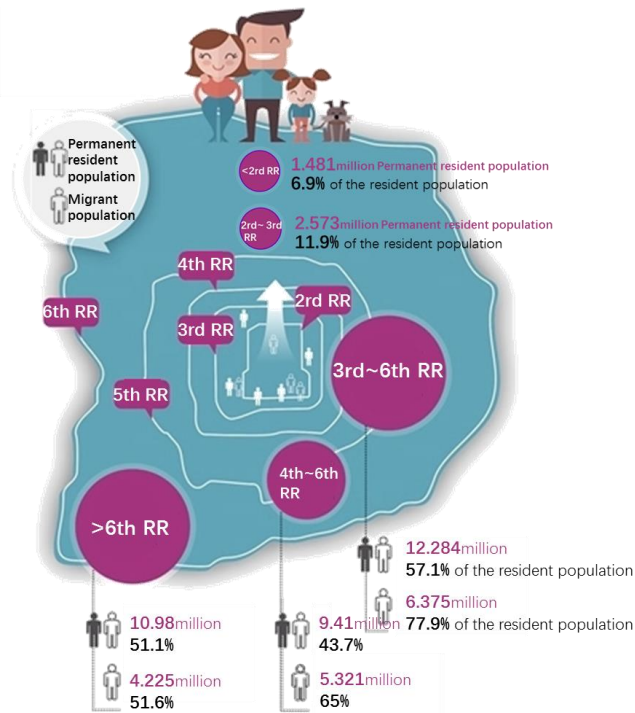


Figura 27. Estructura del círculo urbano de Pekín
(Fuente: Tieshan Sun, et al. 2012)



(*RR-Ring Road, <2rd Road- Población dentro de la segunda carretera de circunvalación,>6th RR Población fuera de la Sexta Carretera de Circunvalación)

Figura 28. Población permanente y población migrante de Pekín
(Fuente: Oficina Municipal de Estadísticas de Pekín,2017)

La distribución de la población se está expandiendo hacia afuera en un círculo, y la población en el segundo y tercer anillo se reúne gradualmente fuera de la Cuarta Carretera de Circunvalación. 57.1% de la población vive entre la 3a y la 6a carretera de circunvalación, y la mayoría de ellas fuera de la 5a carretera de circunvalación, según las estadísticas publicadas el jueves por la Oficina Municipal de Estadísticas de Pekín. Y los residentes migrantes tienden a vivir en zonas más alejadas de la zona central de Pekín. (fig.28)

2)La opinión de los distritos administrativos

Distrito Administrativo	Población registrada (Diez mil)	GDP (miles de millones)
Dongcheng	85.1	224.27
Xicheng	122	391.69
Chaoyang	373.9	562.94
Fengtai	218.6	142.58
Shijingshan	61.2	53.4
Haidian	348	591.53
Shunyi	112.8	171.73
Tongzhou	150.8	75.81
Daxing	176.1	200.95
Fangshan	115.4	67.95

Mengtougou	32.2	17.45
Changping	206.3	83.93
Pinggu	44.8	23.36
Mingyun	49	27.82
Huairou	40.5	28.64
Yanqing	34	13.76

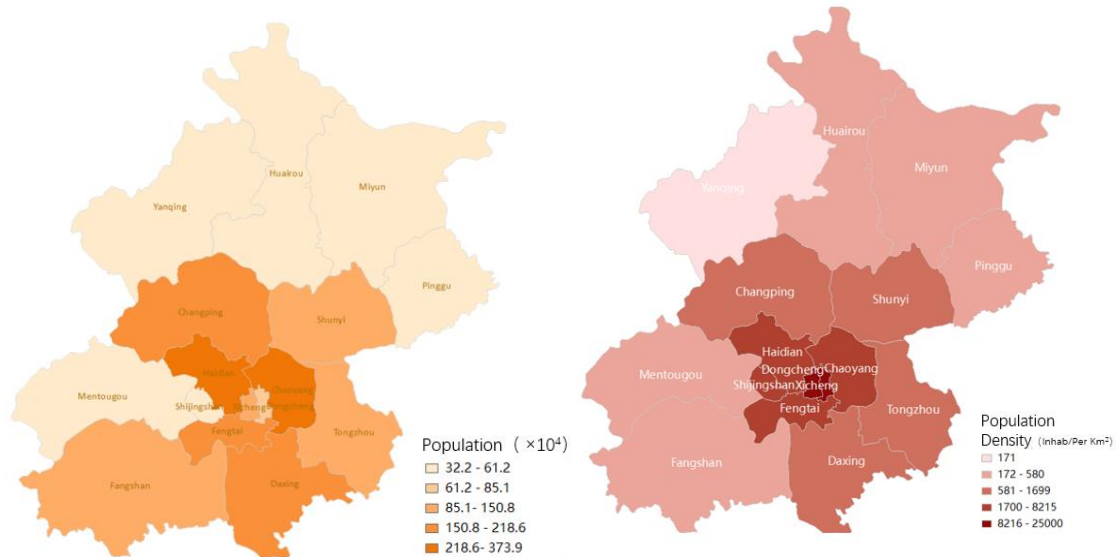


Table y Figura 29. Distribución de la población y la densidad de población de Pekín 2017

(Fuente: Oficina Municipal de Estadísticas de Pekín, 2018)

En términos de áreas funcionales, la zona funcional ampliada (distrito de Haidian, distrito de Shijingshan, distrito de Fengtai, distrito de Chaoyang) tiene la mayor población permanente, representando el 48,7% de la población permanente de la ciudad. La segunda es la nueva zona en desarrollo (Distrito de Changping distrito de Daxing, distrito de Tongyi, distrito de Fangshan), que representan el 30,8%.

El área de conservación ecológica (condado de Yanqing, condado de Miyun, distrito de Huairou, distrito de Pinggu, distrito de Mentougou) tiene una pequeña población residente, que representa el 11% y el 9,5%, respectivamente.

Chaoyang y el distrito de Haidian también se lleva la mayor cantidad. Sin embargo, la mayor densidad de población apareció en las zonas urbanas centrales tradicionales (distrito de Dongcheng y Xicheng) en 2017. Esto refleja el efecto del patrón espacial histórico: el centro tradicional ha sido populoso y lleno de gente. (fig.29)

El centro interno está delineado por la tercera carretera de circunvalación, dentro de la cual se encontraron dos distritos: Xicheng, Dongcheng, Aunque todos están dentro del centro interno, sus productos internos brutos (PIB o GDP por sus siglas en inglés) per cápita son dramáticamente diferentes. (fig.30)

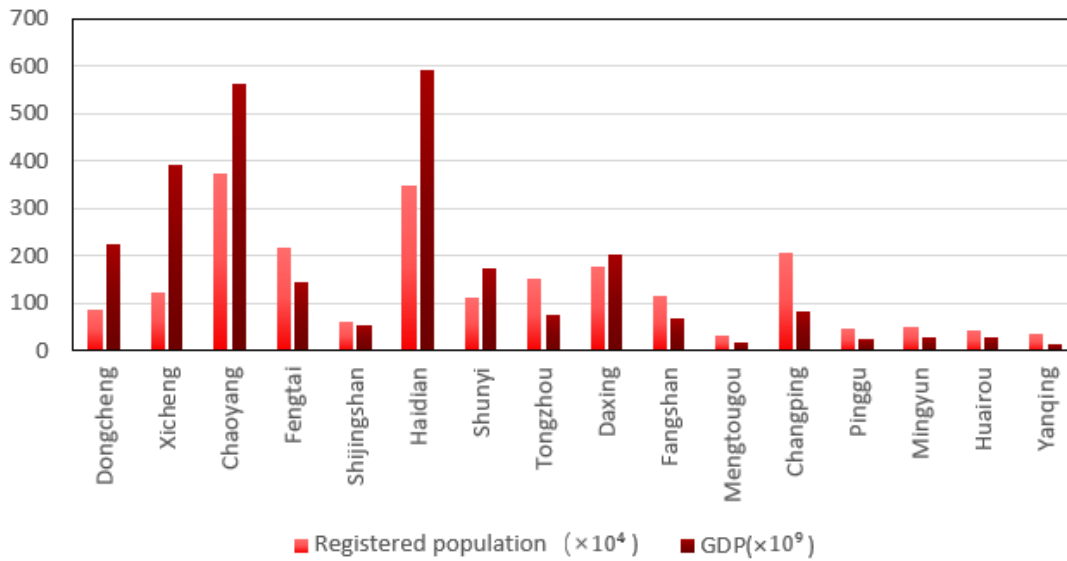


Figura.30 Población documentada (10^4) y Producto Nacional Bruto (10^9 euros) del Municipio de Pekín
(Fuente: Anuario Estadístico de Pekín, 2017.)

3.2.3 Estructura urbana y disposición funcional

En cuanto a la estructura urbana actual, la ciudad central incluye cinco carreteras principales, la distribución de la red de tráfico aparece el sistema de anillos y radiales. La construcción de la ciudad central sigue "dos ejes" - la calle Chang'an y el tradicional eje norte-sur. Desde la Ciudad Prohibida hasta la carretera del segundo círculo es el rango del centro tradicional de Pekín, también el actual centro burocrático.

Desde el punto de vista de la textura urbana, Dongcheng y Xicheng es el centro tradicional de la ciudad de Pekín: el gobierno central de China, la Ciudad Prohibida, el distrito financiero de Jinrongjie, la estación este de Pekín y muchas otras áreas funcionales importantes se encuentran en este Distrito. Distrito de Chaoyang cerca del distrito de Dongcheng. Tiene el CBD más importante en Pekín -- Guomao CBD, y varias zonas de la industria electrónica. El distrito de Haidian incluye varias universidades excelentes en China, y un parque industrial nacional -Parque Científico Zhongguancun.

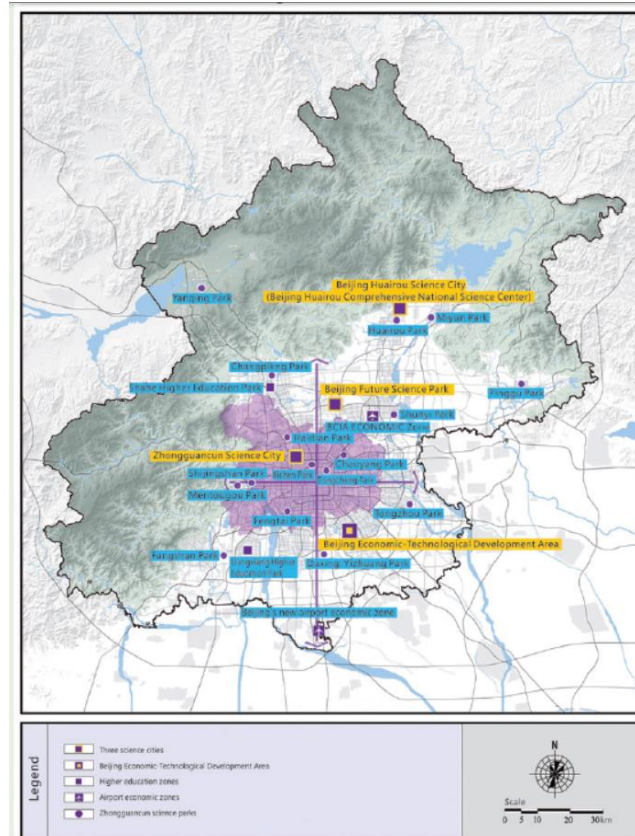
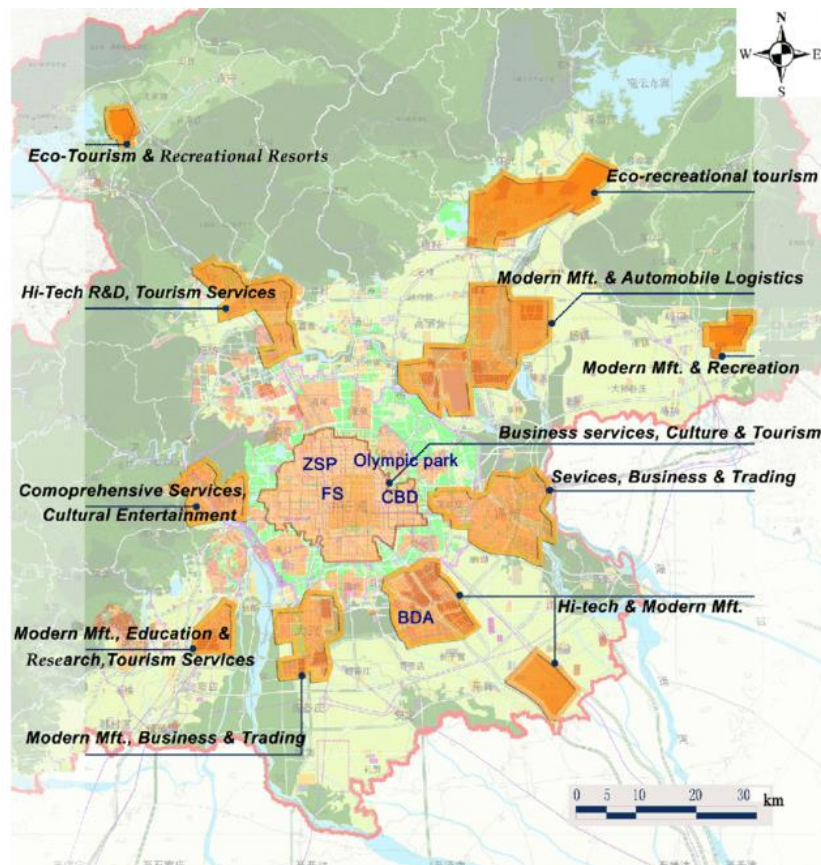


Figura 31. Mapa de bosquejo del diseño espacial de Beijing como centro industrial y de negocios de China
(Fuente: BEIJING INVESTMENT GUIDE , 2018-2019)

Este plan maestro (2016-2035) tiene como objetivo transformar la estructura espacial de Pekín de monocéntrica a policéntrica. Dadas las lecciones de la construcción de ciudades satélite en los años 60 y 70, los planes espaciales tienen que coordinarse con los planes económicos para funcionar en el espacio. Sin embargo, no todos los centros planificados tienen una visión clara en términos de crecimiento económico, lo que conduce a incertidumbres espaciales en la creación de estos múltiples centros

Como indica Fig.32, los centros múltiples, ubicados en los ejes y corredores de desarrollo, incluyen no solo los existentes y las áreas económicamente emergentes, como el ZSP, el CBD y el Olympic Park, sino también muchos otros centros recientemente propuestos. La mayoría de los parques industriales y empresariales (Guomao CBD, Financial Street y Zhongguancun, etc.) se concentran en y alrededor del centro urbano. Esto hace que el centro urbano tenga éxito y atractivo; sin embargo, el centro se ha vuelto abrumadoramente dominado por el desarrollo comercial e inmobiliario de alta gama. El centro urbano, por lo tanto, no ofrece una cantidad suficiente de viviendas asequibles para los grupos de ingresos bajos y medianos que son una fuerza de trabajo importante para los parques industriales y empresariales. La vivienda más asequible se proporciona generalmente en las áreas suburbanas.



(*Modern Mft. = Modern Manufacturing; ZSP= Zhongguancun Science Park; R&D=Research and development; FS=Forbidden city square; BDA=Beijing Economic-Technological Development Area)

Figura 32. Concepción de "centros múltiples" en el plan maestro urbano de Beijing 2005-2020

(Fuente: Comisión Municipal de Planificación Urbana de Beijing,2015)

Pekín es el centro de transporte aéreo y ferroviario de China, con una avanzada red de transporte externo que involucra ferrocarriles, rutas aéreas y autopistas. La estructura de tráfico en Pekín adopta una red de carreteras híbridas, que se mezcla más con un formato cuadrado y un tipo de radiación circular.

En términos de tránsito ferroviario, Pekín comenzó a construir la línea de metro No. 1 y la línea de circunvalación en 1965, pero no ha recibido mucha atención durante mucho tiempo, y el desarrollo es muy lento. Desde el período de 1956 hasta 2002, se completó y se abrió al tráfico durante sólo 54 kilómetros. Después de 2000, Pekín comenzó a cambiar la idea del desarrollo del transporte y acelerar la construcción del metro. A finales de 2014, el kilometraje operativo del metro de Pekín alcanzó los 527 kilómetros.

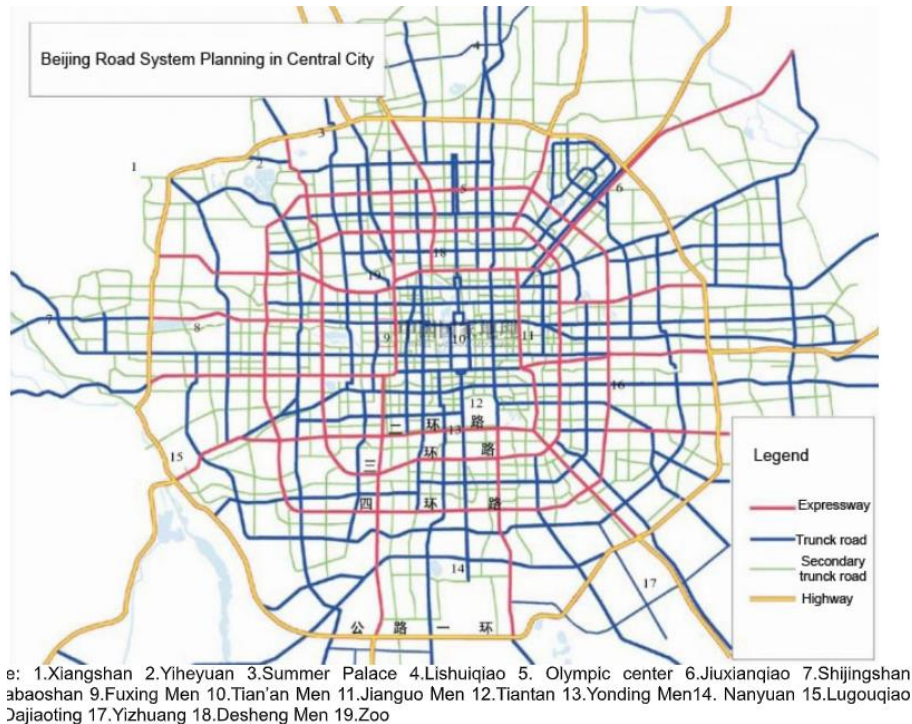


Figura33. Sistema de caminos de Pekín

(Fuente: Yang et al.,2017)

Desde finales de 2017 y hasta finales del año pasado, Pekín aumento 3 líneas de transporte ferroviario, obteniendo un total de 22 líneas de transporte; además la longitud total de las líneas de tránsito ferroviario fue de 609 km, es decir hubo un aumento de 35 km. Se incrementó además el número de vehículos ferroviarios llegando a los 5.210 vehículos. Este transporte público atendió a 3.780 millones de pasajeros, lo que corresponde a un 3,2% de la población.

Sin embargo, el tipo de tránsito ferroviario de Pekín es simple, básicamente el metro, y está básicamente confinado dentro de los seis anillos de la ciudad. No hay trenes de cercanías en los alrededores, como Changping y Huairou alrededor de la ciudad. Pekín también tiene una red ferroviaria relativamente desarrollada, pero se trata principalmente de trenes ferroviarios de alta velocidad y de larga distancia que conectan todas las partes del país, y no han contribuido mucho al tráfico local.

3.3 Evolución e impacto del sistema de bicicletas compartidas en Pekín

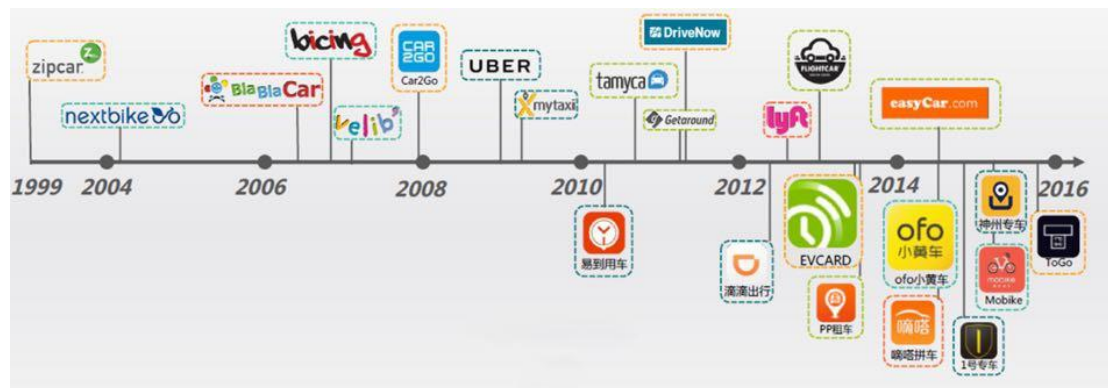


Figura 34. Cronología de desarrollo de tráfico compartido

(Fuente: Revolutionary Trend of Shared Mobility in China 2017, CBNdata Report)

Con la popularidad de las aplicaciones para el uso compartido, como el uso de bicicletas y automóviles; la economía colaborativa ha atraído una considerable atención mundial. En 2016, el gobierno chino anunció su apoyo al desarrollo de la economía colaborativa; por lo tanto, muchas industrias tradicionales han comenzado a explorar este campo emergente. Compartir la casa (por ejemplo, Airbnb), compartir coches (por ejemplo, DiDi Kuaidi), compartir conocimientos (por ejemplo, Wikipedia) y compartir bicicletas (por ejemplo, Mobike) son algunos ejemplos de esta tendencia. (Fig.34) Entre estas aplicaciones, el uso compartido de bicicletas es una de las más representativas de la economía colaborativa en China.

La economía colaborativa es una vía a través de la cual la gente ha comenzado a adoptar estilos de vida bajos en carbono y sostenibles, al tiempo que se reducen las emisiones de carbono y se ahorra energía. Compartir los servicios de movilidad puede promover una movilidad sostenible que se define como un paradigma que fortalece los vínculos entre el uso del suelo y el transporte. En su examen del uso compartido de automóviles en Londres, Akyelken et al. (2018) señalaron que la economía compartida mejora la movilidad sostenible. Los sistemas de uso compartido de bicicletas, una política común para promover la movilidad sostenible, permiten a los clientes el acceso temporal a los vehículos, eliminando así la necesidad de comprar sus propias bicicletas.

Además, las bicicletas pueden tomar el lugar de los vehículos contaminantes, por lo tanto, cuantos más viajes en bicicleta se realicen, menos vehículos de altas emisiones hay en las carreteras.

El transporte en bicicleta no sólo tiene menos espacio en sí mismo, sino que también promueve el desarrollo del uso intensivo del suelo urbano, y este modelo urbano puede promover la conservación de múltiples fuentes de energía. En una variedad de modos de transporte, caminar cubre un área de aproximadamente 1,2 metros cuadrados por

persona, la superficie de las bicicletas es de unos 2 metros cuadrados por persona, el transporte público ocupa hasta 1 metro cuadrado por persona, y los coches ocupan hasta a 32 metros cuadrados por coche, es decir ocupa 27 veces más espacio que caminar, 16 veces más que la bicicleta y 32 veces lo que un autobús.

En consecuencia, los sistemas de uso compartido de bicicletas fomentan la sostenibilidad debido al uso eficiente de los recursos y a la reducción de las emisiones nocivas.



Figura 35. Ocupación callejera al transportar a 200 personas en diferentes modos de transporte

(Fuente: Oficina de Prensa Ciudad de Munster, Alemania)

Desde la primera generación de programas para compartir bicicletas, a saber, la "White Bike", surgida en Amsterdam en 1965, el intercambio de bicicletas ha experimentado un crecimiento y desarrollo dramático en Europa, América del Norte, América del Sur y Asia.

A partir de 1965, la primera generación de sistemas públicos de bicicletas salió al Reino de los Tulipanes en los Países Bajos. El sistema es completamente gratuito, desbloqueado y sin supervisión, y el público puede usarlo a voluntad, pero no puede resolver el problema del robo y destrucción de bicicletas; después de esto, la segunda generación del sistema público de bicicletas apareció nuevamente en 1995: esta vez se implementó la ubicación de acceso fijo, desbloqueo con monedas, pero resultó difícil de administrar. A finales de la década de 1990 con la gestión de una membresía, este modelo se ha convertido en un modelo convencional para el gobierno actual y finalmente, en 2010, las Bicicletas Sociales de EE. UU. propusieron creativamente el uso de la aplicación móvil y el posicionamiento GPS para el retorno rápido de la de la bicicleta compartida.

Sin embargo, los programas de uso compartido de bicicletas han tenido tasas de uso significativamente bajas. Académicos como Fishman et al. y Shen y col. (2014) sostuvieron debido a las limitaciones causadas por el número de estaciones de acoplamiento urbanas, que muchos usuarios de esquemas de bicicletas compartidas solo las usan para fines de

ocio, pero no para desplazamientos.



Figura 36. La bicicleta pública en Barcelona y Amsterdam

(Fuente:1.https://elpais.com/ccaa/2018/11/07/catalunya/1541598706_844460.html2.<https://www.klook.com/en-HK/activity/4254-guided-countryside-bike-tour-amsterdam/>)

En este contexto, muchos eruditos comenzaron a preocuparse por las externalidades negativas del uso compartido de bicicletas. Por ejemplo, con el creciente número de estaciones de acoplamiento, las instalaciones auxiliares ocuparían espacio público y posteriormente causarían congestión vial. Durante los últimos años, las tasas de uso de los servicios públicos de uso compartido de bicicletas han ido disminuyendo en casi todos los países que tienen sistemas de uso compartido de bicicletas. Este fue el caso hasta 2015, cuando el surgimiento de la cuarta generación de productos en China resolvió una serie de problemas.



Figura 37. a. Ciclista de Pekín en la década de 1980; b. Mobike bicicletas compartidas

(fuente: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/26769390>)

En la década de 1980, China fue aclamada como el "Reino de la Bicicleta". La relación de viajes icycle de Pekín, durante el siglo XXI, es tan alta como el 62,7%, debido al rápido desarrollo de la expansión de la ciudad y la movilidad. En 2015, la proporción de viajes sólo representaba el 12,4%. El desarrollo de este sistema de bicicleta compartida ha pasado por un alto proceso de prosperidad, llegando a un relativo declive actual, que podría intensificarse dependiendo del poder de decisión y la ejecución de acciones por parte de los órganos encargados de la toma de decisiones y el número de nuevas carreteras construidas.(Fig.38)

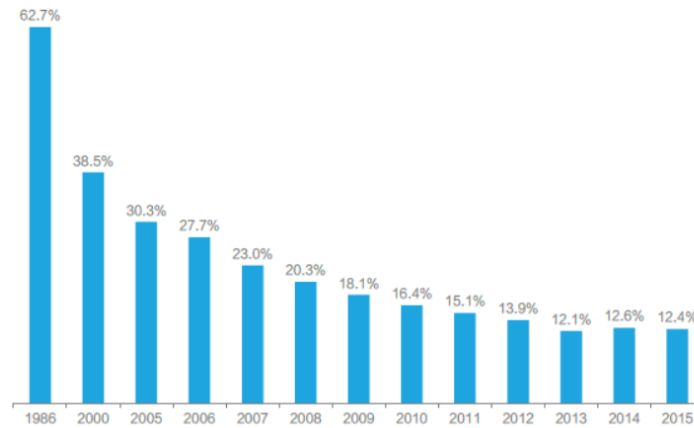


Figura 38. Datos de la relación de viaje en bicicleta de Pekín 1986-2015
(Fuente: Papel azul de tráfico peatonal y ciclista en China,2017)

En la actualidad, la proporción media de bicicletas en ciudades de primer nivel en China es inferior al 20%. Según el papel blanco de la industria del ciclismo Mobike 2017, la tasa de viajes en bicicleta de Pekín es del 11.5%. El surgimiento de bicicletas compartidas ha hecho de las bicicletas una de las formas más importantes para los residentes urbanos para viajar.

Pekín ha estado probando mejoras en el sistema de caminatas y bicicletas en las líneas de metro 4, 5 y 6, y partes de la segunda y tercera circunvalación, formando una "línea" básica desde 2013. En 2014, la compañía comenzó a hacer una "línea" que conectase una "pieza", para áreas clave dentro de los Tres Anillos y a lo largo de las líneas 1, 2 y 10, combinada con la construcción de vías verdes urbanas. En 2015 se completó la construcción de "un anillo de ocho distritos", es decir, la segunda carretera de circunvalación, de tres millas, que une South Luogu Lane, Shichahai, The Olympic Centro, Distrito Oeste de Zhongguancun, Torre Verde, Fangzhuang, creando un sistema para facilitar la administración esta área y lograr conectividad regional.



Figura 39. Carriles para bicicletas en Pekín

(Fuente: Papel azul de tráfico peatonal y ciclista en China,2017)

Las aplicaciones de uso compartido de bicicletas, que se establecieron durante 2015 en China, han formado un patrón de operación relativamente maduro. Estos tipos de aplicaciones derivadas se desarrollaron en el contexto del rápido desarrollo de la economía colaborativa. Rápidamente aumentaron en popularidad, y varias empresas de

uso compartido de bicicletas han surgido posteriormente. Los usuarios deben pagar inicialmente por sus cuentas a través del pago en línea. A continuación, pueden localizar bicicletas cercanas a través de una aplicación en su dispositivo móvil.

Para utilizar una bicicleta, deben escanear el código de respuesta rápida (QR) de la bicicleta para desbloquear una cerradura física y luego pueden usarla. A través de metodologías de big data y dispositivos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) instalados en la bicicleta, las empresas pueden rastrear trayectorias de bicicletas y enviar bicicletas. En comparación con los estilos de vida tradicionales, la economía colaborativa puede reducir los costos y los riesgos financieros, como pérdidas y daños. Además, la economía colaborativa evoca la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible, que son populares entre los consumidores modernos.

Durante los últimos tres años, la cuarta generación de programas de alquiler de bicicletas sin muelle (por ejemplo, Mobike y Ofo) han experimentado una rápida expansión y un período de auge en China. En marzo de 2017, la escala del suministro de bicicletas sin muelle para compartir en las ciudades chinas había alcanzado más de 4 millones, y sólo Pekín había alcanzado unos 450.000. Cuando se utiliza el uso compartido de bicicletas, los habitantes urbanos no solo alivian el problema de viaje de "la última milla", sino que también pueden lograr los ahorros financieros, los beneficios para la salud y un estilo de vida bajo en carbono.

En China, la congestión del tráfico puede resultar en una reducción del 2-5% del GDP. Según el "Informe de análisis de tráfico del tercer trimestre de 2015 para las principales ciudades de China" de Amap, los viajeros de Pekín pasan la mitad de su hora pico diaria viajando debido a la pérdida de tiempo en atascos de tráfico. Según el departamento de seguridad social anunció que el salario mensual promedio de Pekín en 2014 era de 6463 yuanes, lo que significa que la congestión cuesta a cada viajero casi 808 yuanes al mes, cerca de 10.000 yuanes al año, y multiplicamos el número de viajeros en Pekín, sería una pérdida enorme. Según las estadísticas, el coste medio anual de los coches es de 8600 yuanes, mientras que el coste del viaje en transporte público y bicicletas es de 1120 yuanes y 112 yuanes, respectivamente. Se puede ver que caminar y conducir por cuenta propia no sólo es respetuoso con el medio ambiente y saludable, sino que el costo del viaje es menor.

Según un informe publicado por iResearch (2017), los retratos de usuario típicos de bicicletas compartidas de Mobike en China, se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Distribución de género, 1. Hay más hombres entre los usuarios de Mobike, 53.23% de hombres y 46.77% de las mujeres. Las diferencias de género tienen una cierta visualización en términos de hábitos de uso. La velocidad media de conducción de los hombres es de 9,26 km/h y la de las mujeres es de 9,17 km/h. Los hombres están más inclinados a elegir vehículos rápidos y directos. Las mujeres están más

inclinadas a los viajes económicos y seguros, por lo que la proporción de hombres que usan bicicletas compartidas es baja, pero la brecha no es obvia.

- La distribución de la edad, Los usuarios concentrados entre 25 y 35 años representaron el 64,0%, el 25,7% de los usuarios de 36 a 40 años y menores de 25 años.

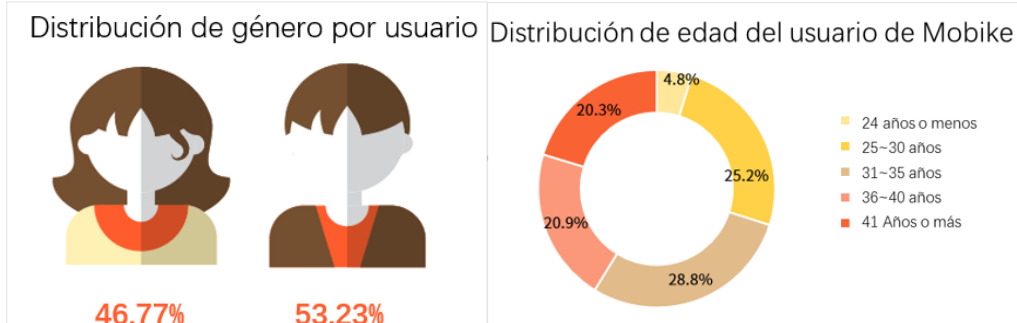


Figura 40. los retratos de usuario típicos de bicicletas compartidas de Mobike

(Fuente: China Bicycle Sharing Industry Report, 2017, iResearch)

- Ingresos, 33,2% de los usuarios tienen ingresos mensuales entre 8001-10000 yuanes, seguido por los usuarios con ingresos mensuales de entre 10001-20000 yuanes, que corresponden al 23,0%. (fig.41)

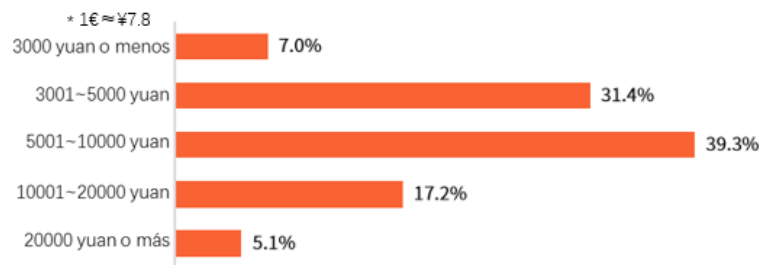


Figura 41. Ingresos mensuales de los usuarios de Mobike

(Fuente: China Bicycle Sharing Industry Report, 2017, iResearch)

- Educación, El nivel educativo general de los usuarios es relativamente alto. El grado de posgrado representó el 71,7%, los estudios de máster MBA corresponden al 12,0%. Los usuarios viajan más de 1 hora por día en promedio.
- El 45,1% de los usuarios utilizaron hasta 5 veces a la semana el sistema de bicicletas compartidas; y el 54,9% restante de los usuarios usaron más de 5 veces por semana. (fig.42)

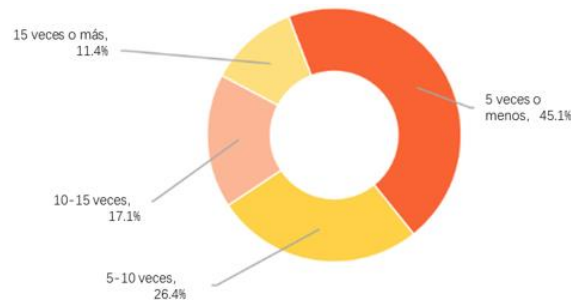


Figura 42. Frecuencia de uso por semana de los usuarios

(Fuente: China Bicycle Sharing Industry Report, 2017, iResearch)

6. La distancia promedio de viaje de ida de los residentes de Beijing es de aproximadamente 12.2 kilómetros, lo que demora 54 minutos. En comparación con la encuesta sobre la distancia de viaje de los residentes publicada por la Comisión Municipal de Comunicaciones de Beijing, la tendencia de aumentar la distancia de viaje refleja la rápida expansión de la ciudad (Fig. 43).

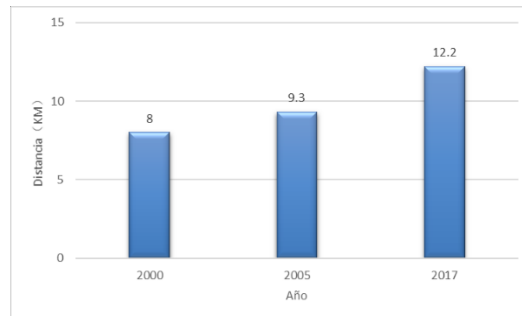


Figura 43. La distancia de viaje de los residentes

(Fuente: La Comisión Municipal de Comunicaciones de Beijing, 2017,)

7. En este caso, el 44% de las bicicletas compartidas están activas alrededor de las estaciones de metro y el 81% están activas alrededor de las paradas de autobús en Pekín. Alrededor del 70% de los usuarios de bicicletas utilizan bicicletas compartidas como parte de las herramientas de viaje, mientras que el 30% restante prefiere utilizar sólo bicicletas compartidas para sus destinos sin combinarlas con otros transportes públicos. El 90% del usuario elige utilizar bicicletas compartidas cuando se encuentra a menos de 3000 metros del destino y del metro o de la estación de autobuses. (Fig.44)

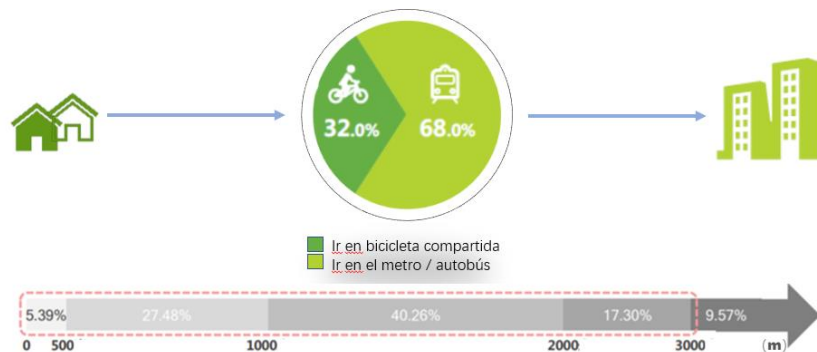


Figura 44. Selección del modo de viaje del usuario y distribución de la distancia de ciclismo

(Fuente: China Bicycle Sharing Industry Report, 2017, iResearch)

Capítulo 4. Estado del arte

4.1 Fuente de datos para la identificación de los usos de suelo

Las fuentes de datos adoptadas en la división del uso del suelo funcional urbano se dividen

principalmente en cuatro categorías: imagen de teledetección y datos temáticos, datos de teléfonos móviles, datos de flujo de pasajeros y datos geográficos de múltiples fuentes.

4.1.1 Imágenes de teledetección y datos temáticos.

Los primeros datos funcionales del uso de la tierra se obtuvieron principalmente en virtud de la vectorización artificial de mapas temáticos en papel, como son los mapas de planificación del uso del suelo urbano y los mapas del estado del uso de suelo. Debido a que dichos mapas y los mapas de planificación en China generalmente son de uso restringido, y la vectorización lleva mucho tiempo y es laboriosa, la aplicabilidad de este método es limitada. En el camino del rápido desarrollo de la Ciencia de la Teledetección y la tecnología de procesamiento de imágenes, la imagen de la teledetección se ha utilizado en la investigación de reconocimiento de terrenos funcionales urbanos.

La forma, las características espectrales, espaciales y de textura de los terrenos industriales y los terrenos residenciales en grandes áreas son significativamente diferentes de los terrenos comerciales. Por lo tanto, las imágenes de teledetección se utilizan principalmente para extraer terrenos industriales y terrenos residenciales en grandes áreas. Sin embargo, hay muchos tipos de terrenos residenciales y comerciales en áreas pequeñas. Además, la tierra mixta comercial y residencial es común, lo que hace que sea difícil distinguir la tierra residencial de la tierra comercial utilizando solo imágenes de teledetección. En vista de las razones anteriores, algunos académicos intentaron combinar datos de imágenes de teledetección con datos temáticos como el levantamiento de tierras urbanas y el mapa de planificación para identificar tierras funcionales, y lograron resultados notables (Zhang K, 2013).

4.1.2 Datos móviles

Desde la década de 1990, la tecnología de la información y la comunicación se ha desarrollado rápidamente en el mundo, lo que ha tenido un profundo impacto en la sociedad y la economía humana (Graham S et al.,2002). El teléfono móvil inteligente también está desarrollando, en la actualidad puede proporcionar innumerables tipos de información, incluida la libreta de direcciones, registro de llamadas, información de posicionamiento GPS, registro de señalización entre la estación base, registro de acceso a Internet y varios tipos de registro de uso de aplicaciones, etc. Estos datos pueden reflejar la preferencia de interés, el alcance de la actividad, escala y frecuencia de las actividades de los residentes urbanos.

El registro de llamadas de teléfonos móviles y los datos del registro de señalización en las estaciones base se adoptan para investigar la estructura del uso del suelo urbano. Toole (2012) utilizó datos detallados de señalización móvil para identificar tres tipos de terrenos funcionales en la ciudad: áreas comerciales, residenciales e industriales. Novak (2013) utilizó datos de comunicación móvil e información de ubicación para estudiar el modo de desplazamiento y la zonificación funcional de los residentes urbanos (Fig.45). Niu Xinyi y otros (2014) utilizaron métodos de agrupamiento espacial y clasificación de

densidad para comparar y analizar la densidad del usuario en diferentes períodos de días de trabajo y descanso en vista de los datos de ubicación geográfica de la estación base de comunicaciones móviles y los datos de señalización móvil. Con este método identificaron usos como el empleo, la recreación y las funciones residenciales de Shanghai y calcularon el porcentaje de uso mixto.

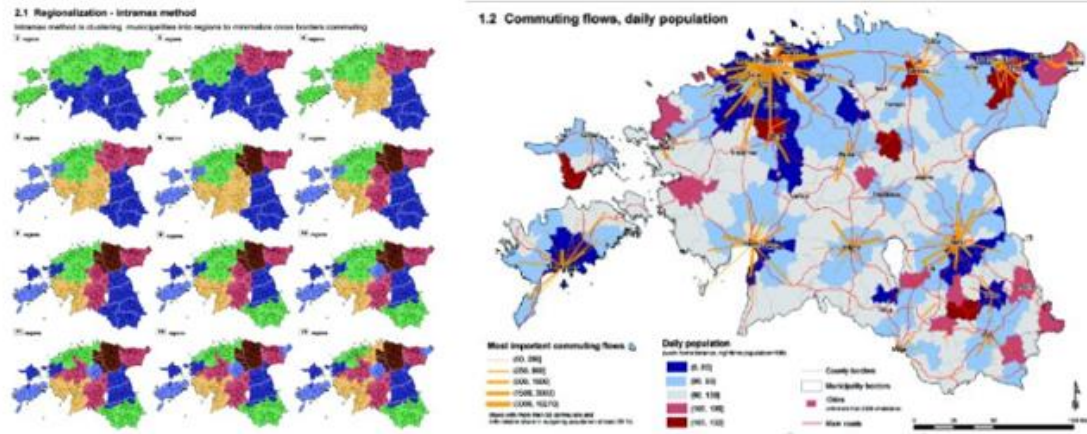


Figura 45. Mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization

(Fuente: Novak J, Ahas R, Aasa A, et al.2013)

Los datos móviles poseen las características de amplia cobertura, alta y rápida actualización en tiempo real, además pueden registrar objetivamente las características espaciales y temporales de las actividades de los residentes urbanos a gran escala durante mucho tiempo (Zhai Q,2015). Por lo tanto, tiene un gran potencial de aplicación en la división de terrenos urbanos funcionales. Sin embargo, los datos del teléfono móvil, que implican privacidad personal, deben obtenerse de los operadores móviles a un alto costo, y el grado de apertura es bajo, lo que dificulta en gran medida su uso. Simultáneamente, la representatividad de las características de distribución espacial de los datos de teléfonos móviles a la vista de los datos de ubicación geográfica se verá afectada en virtud de la escasa distribución de las estaciones base móviles (Chai Y et al.,2013).

4.1.3 Datos de flujo de pasajeros

Los datos de flujo de pasajeros se refieren a los datos de flujo de transporte medido diariamente, estos datos poseen abundante información de atributos sobre el comportamiento en temas de movilidad de los residentes urbanos; y puede usarse para la identificación y división de terrenos funcionales dentro de la ciudad.

En la actualidad, estos datos han sido utilizados por académicos locales y extranjeros en el estudio de la distribución de usos de suelo incluyendo principalmente los datos del flujo de pasajeros en autobús (obtenidos en virtud de registros de tarjetas deslizantes), datos de seguimiento de taxi (obtenidos en virtud de GPS) y datos de flujo de pasajeros del metro. Leng Biao y col. (2014) utilizó los datos de las estaciones de entrada y salida de pasajeros del metro de Pekín para realizar la división de tierra funcional en el área urbana cerca de la estación de metro tomando en cuenta la agrupación de características de viaje

en vista del potencial modelo principal de Distribución Dirichlet (LDA).

Por su parte Pan y otros (2015) utilizaron datos de la trayectoria del taxi para establecer vínculos con las características funcionales de las áreas urbanas. Este investigador utilizó el algoritmo Support Vector Machine (SVM) para dividir terrenos funcionales de grano fino en diferentes áreas urbanas de Hangzhou. Los resultados muestran que la tasa de identificación de los usos de suelo es tan alta como 95% (Pan G et al., 2013).

Los datos de flujo de pasajeros contienen abundante información, que bien puede reflejar las características del comportamiento de viaje de los residentes. Debido a eso, estos datos son ampliamente utilizados en el estudio de identificación y clasificación del uso funcional de la tierra. Sin embargo, la cantidad de datos de flujo de pasajeros es grande, y la mayoría de los datos utilizados son datos únicamente de ciertos tipos de vehículos, por lo que se enfrentan a problemas como la falta de datos y el ruido de los mismos. Aunque los datos pueden repararse en virtud del algoritmo de procesamiento de datos, los errores de datos también pueden generarse en virtud de la reparación, lo que afecta la autenticidad y fiabilidad de esta información. Además, los datos de flujo de pasajeros registran principalmente el comportamiento móvil del usuario. Sus atributos de comportamiento específicos (como ir a la escuela, ir a casa, ir a trabajar, visitar familiares y amigos, ocio y entretenimiento, compras,) son difíciles de determinar, lo que afecta la precisión de los mapas de usos de suelo obtenidos. (Pan S et al., 2015).

4.1.4 Datos geográficos de fuente masiva

(1) Los datos geográficos de fuente masiva se refieren a un tipo de datos geográficos gratuitos y abiertos que se proporcionan al público en virtud de una gran cantidad de voluntarios no profesionales que utilizan Internet como plataforma básica (Jia N, 2013). En la actualidad, los datos geográficos de múltiples fuentes utilizados en la investigación de usos de suelo incluyen principalmente datos de Open StreetMap, datos de puntos de interés y datos de registro de redes sociales generados en virtud del proyecto de información geográfica voluntaria abierta.

(2) Los datos de registro de redes sociales se refieren a los datos con atributos de ubicación, como ubicación de publicación, longitud y latitud después de usar algunos dispositivos localizables (como teléfonos inteligentes, almohadillas, etc.) para enviar información. Jing Yuan y Col (2015). utilizaron datos de la red de carreteras para segmentar unidades de tierra, datos registrados en el microblog de Pekín, en vista de tres modelos temáticos semánticos, estudiaron la proporción del uso de suelo en Pekín, incluidos los residenciales, el empleo y las compras. Por su parte Hollenstein (2010) utilizó datos de etiquetas de ubicación de sitios mediante el uso de redes sociales para clasificar el suelo.

(3) Los datos geográficos de múltiples fuentes muestran las características de uso con alta precisión, amplia cobertura y actualización rápida, pero todavía hay muchas deficiencias

en la identificación y división de los usos de suelo. Entre ellos podemos destacar, que la mayoría de las personas representadas en los datos de check-in de las redes sociales son jóvenes, además esta información puede establecerse arbitrariamente en virtud de los usuarios, dando paso a información falsa.

4.2 Identificación de los usos de suelo basada en datos de PDI

Los puntos de interés se refieren a algunas entidades geográficas que pueden resumirse como puntos estrechamente relacionados con la vida de las personas, y que proporcionando datos como ubicación y género. Con una posición significativa en la investigación urbana como un tipo de datos expresado en coordenadas, el PDI contiene una variedad de información como nombre, categoría, dirección, etc. En la aplicación de la clasificación de los usos de suelo, los datos de los puntos de interés se pueden usar para identificar el tipo de usos de suelo en virtud de marcar la información de atributos de los bloques de tierra.

Muchos académicos han llevado a cabo investigaciones sobre el reconocimiento de la función del uso del suelo urbano en vista de los datos de PDI. Por ejemplo, Chijiao y otros académicos (2015) han llevado a cabo una identificación cuantitativa de los usos de suelo a través de la densidad de frecuencia y la relación de tipo. Después de medir los coeficientes de peso integrales de las categorías grandes, medianas y pequeñas basadas en datos de PDI, Kang Yuhao y otros académicos llevaron a cabo una identificación cuantitativa de los usos de suelo. En vista de los datos de PDI de Baidu y los datos de la red de carreteras urbanas, Wang Fang (2014) se dio cuenta de la identificación de los distritos comerciales urbanos y utilizó el método de agrupamiento espacial para clasificar los grados y tipos de distritos comerciales.

El modelo de regresión logística fue adoptado por Feng Ran(2012) y otros académicos para identificar los distintos usos del terreno en zonificaciones en función de los datos de POI. Además, muchos académicos combinaron datos de PDI con otros grandes datos para identificar usos de suelo. Por ejemplo, Han Haoying, Zhong Shaoying y otros (2014) construyeron el modelo DZoF y el modelo SCD respectivamente basados en los puntos de interés y los datos de deslizamiento de la tarjeta de autobús, identificando así los usos de suelo.

Por su parte Chen Shili, Gu Yanyan y Chen Zedong (2016) combinaron los puntos de interés con los datos del taxi, y utilizaron el modelo temático LDA, el análisis de densidad nuclear, la clasificación de interrupción de cola pesada y el algoritmo EM para llevar a cabo investigaciones relevantes en usos de suelo. Además, algunos investigadores aún combinaban datos de PDI con datos de señalización móvil, datos de llamadas y datos de detección remota, etc. (Fig. 46) Xu Jiangang (2017) y otros realizaron una descripción detallada de los métodos de identificación de usos de suelo basados en grandes datos espaciales para comprender mejor el papel de la percepción social en la identificación de

usos de suelo.

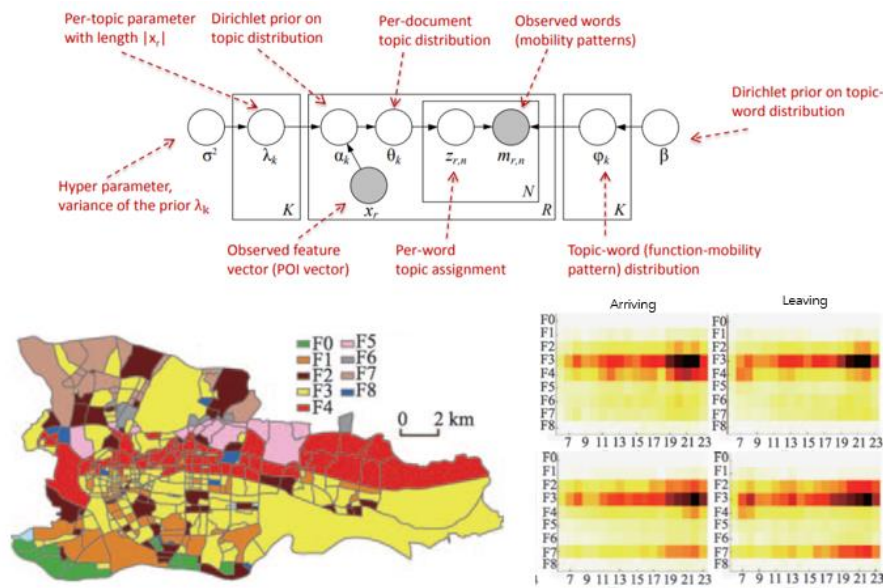


Figura 46. Dirichlet-Multinomial-Regression (DMR)-LDABased Topic model

(Fuente: Chen S, Gu Y et al., 2017)

4.3 Investigación urbana basada en sistemas de bicicletas compartidas sin muelle

4.3.1 Tipos de la investigación urbana

Tao y Col. (2017) analizaron los patrones operativos globales y espacio-temporales del sistema tradicional de bicicletas públicas compartidas en la ciudad de Nanning; además estudió el impacto de la morfología urbana en estos patrones. Por otro lado Froehlich y Col. (2010) proporcionaron un análisis espacio-temporal de trece semanas en el uso de estaciones de bicicleta del sistema de ciclismo compartido de Barcelona, aplicando técnicas de agrupación para identificar comportamientos similares entre estaciones y comparando resultados experimentales de cuatro modelos predictivos del uso de estaciones cercanas.

Por su parte Zhang y Col (2014) propusieron un enfoque basado en datos que utilizan registros públicos de alquiler de bicicletas basados en estaciones junto con datos de PDI en Hangzhou, China; para identificar los usos del terreno en zonificaciones como método de agrupamiento de nube de palabras. (Fig. 47) Wu y Col. (2015) discutieron la investigación de los roles de este nuevo sistema de bicicletas compartidas en la movilidad urbana en China, especialmente en Shanghai, junto con sus influencias en la sociedad. Du y col. establecieron además un modelo logit multinomial para explorar los factores influyentes asociados con tres patrones, Patrón de origen a destino, Patrón de ciclo de viaje y Patrón de transferencia, basado en una encuesta de 4939 participantes válidos en Nanjing, China.



Figura 47. Identificar los usos del terreno con método de agrupamiento de nube de palabras

(Fuente: Xiaoyi,Z et al.,2018)

Shi (2017) empleó el método de análisis de redes sociales para reconocer los factores críticos y los vínculos en la sostenibilidad de los DBSP (programas de uso compartido de bicicletas sin muelle). Si bien los estudios sobre el uso de DLBS cerca de las estaciones de metro son imprescindibles, los estudios que exploran el uso de bicicletas como modo de transferencia a las áreas de estaciones de metro en las ciudades aún no han prosperado. Este estudio concluyó que el trabajo y la educación son los principales motivos de viaje, mientras que la disponibilidad de automóviles no es un factor influyente. Por su parte Zhao (2017) determinó que la distancia de viaje es la influencia más importante en las tasas de ciclismo para viajes de transferencia entre estaciones de metro y el hogar o el lugar de trabajo.

Además, la presencia de programas para compartir bicicletas, el uso mixto de terrenos y parques verdes en áreas con estaciones de metro se asociaron con mayores tasas de transferencia de bicicletas. Lin analizó la forma en que los pasajeros se conectaban entre viajes de origen / destino y las estaciones de metro, y determinó que recopilar conocimiento empírico local sobre el comportamiento del viaje es fundamental para desarrollar entornos amigables para las bicicletas en una ciudad.

Algunas preguntas relacionadas con el lugar han sido discutidas en la literatura por investigadores de BSS. Froehlich (2009) intenta usar la distancia entre la ubicación de la estación y el centro de la ciudad para explicar la interrelación entre el lugar y el patrón de uso temporal. Las mismas consideraciones han aparecido en el modelo de predicción del flujo de bicicletas de Faghieh-Imani (2014). Estos estudios se centran más en explicar el comportamiento del viaje mediante la aplicación de funciones urbanas (información sobre el uso del suelo) en lugar de utilizar esta movilidad humana de viaje corto para la categorización de los usos de suelo. En su siguiente trabajo, Froehlich (2014), señaló que las tendencias en el uso de la estación podrían usarse para inferir atributos sobre los vecindarios. Sin embargo, no dio una explicación completa sobre cómo realizar la predicción.

O'Brien (2014) aplica un método de agrupamiento a las estaciones de bicicleta para comprender la demografía, pero no se aborda ninguna característica local. Ahmadreza

Faghih-Imani et al., examinan la influencia de los datos meteorológicos, las características temporales, la infraestructura de la bicicleta, el uso de la tierra y los atributos del entorno construido en los flujos de llegada y salida a nivel de la estación utilizando un enfoque multinivel para el modelado estadístico, que podría aplicarse fácilmente a otras regiones. Los hallazgos nos permiten identificar los factores que contribuyen al mayor uso del sistema compartido de bicicletas en Montreal, siendo difícil proporcionar recomendaciones relacionadas con el tamaño de la estación y las decisiones de ubicación.

4.3.2 El impacto del medio ambiente urbano en las bicicletas compartidas

Muchos estudios han declarado que la minería de datos para compartir bicicletas está fuertemente asociada con características del entorno construido de los barrios (Cervero et al., 2009; Ewing y Cervero, 2010; Kemperman y Timmermans, 2009; Moudon et al., 2005). Además, el impacto de las características urbanas en el vecindario en las opciones de modo es mucho más fuerte que el impacto de las variables subjetivas (percepciones personales) (Van Acker et al., 2013). Mayor densidad, más diversidad y barrio más accesible (cerca del transporte público, tiendas, actividades de ocio, etc.) (Ewing y Cervero, 2001; Van Acker et al., 2013), la proximidad a la infraestructura para bicicletas (por ejemplo, carriles de bicicletas y senderos) (Cervero et al., 2009; Heesch et al., 2015) y estaciones de tránsito (por ejemplo, estaciones de metro y paradas de autobús) (Cervero et al., 2009; Heesch et al., 2015) fomentan el ciclismo.

Además, la densidad de calles y la conectividad de rutas están asociadas positivamente con el ciclismo utilitario (Cervero et al., 2009). En cuanto a los sistemas de uso compartido de bicicletas, ha habido una creciente atención hacia la comprensión del efecto de las características del entorno construido circundante en el ridership bike-sharing a nivel de cada estación. La selección de factores de entorno construidos varía entre diferentes estudios y estos factores fueron generalmente analizados en el área de captación (buffer) alrededor de cada estación. En general, algunos estudios encontraron que la población y la densidad de trabajo, y la proximidad a carriles de bicicletas, estaciones de tránsito (paradas de autobús público, estaciones de metro) y puntos de interés (por ejemplo: tiendas minoristas, restaurantes, etc.), dentro de un área determinada (área de servicio) de cada estación están asociados positivamente con el movimiento interno en las estaciones (Buck y Buehler, 2012; Daddio, 2012).

Además, algunos estudios indicaron que las condiciones climáticas severas y los atributos del calendario (días laborables, fines de semana y días festivos) influyen en el uso del sistema (Corcoran et al., 2014; Gebhart y Noland, 2014). Sin embargo, la mayoría de los estudios antes mencionados no consideran correlaciones espaciales entre estaciones cercanas, que en realidad deberían ser consideradas (Rudloff y Lackner, 2014). Además, la mayoría de los estudios no han utilizado la ponderación a distancia de variables demográficas o de trabajo dentro del área de servicio, lo que podría influir significativamente en los resultados (Gutiérrez et al., 2011).

4.3 Limitaciones y potenciales

Cabe señalar que una de las principales características de los datos de gran tamaño es que proporciona datos de trayectoria en tiempo real para los individuos. La información de "quién - cuándo - dónde" contenida en los datos es básicamente coherente con los datos de espacio de muestra requeridos por la investigación espacial urbana; que proporciona muestras suficientes para el análisis cuantitativo. Pero el big data también tiene sus inconvenientes. En primer lugar, " Big Data es una muestra completa " sólo se establece en teoría. Los datos de deslizamiento de la tarjeta de autobús, los datos GPS, los datos del teléfono móvil, etc. solo registran la trayectoria espacio-tiempo de un grupo específico de personas (por ejemplo, los datos de deslizamiento de la tarjeta de autobús solo registran los datos de los usuarios que utilizan la tarjeta de autobús). Este muestreo no es aleatorio. Una vez que se identifican y procesan datos grandes, la ventaja de garantizar la aleatoriedad del muestreo con muestras completas ya no existirá. Es probable que los resultados del reconocimiento se desvíen del conjunto. En una muestra tan grande, se exige un método científico para calibrar la desviación, y es difícil dar los datos exactos de la desviación total y espacial.

De la literatura publicada, el big data no ha sido sobrevalorado por los investigadores. Muchos investigadores creen que el big data sólo proporciona fuentes de datos que eran difíciles de obtener en el pasado. En segundo lugar, el contenido de los datos incluye únicamente información espacial y no edad, ingresos, ocupación u otra información socioeconómica de la muestra. Los datos sólo pueden reflejar los fenómenos y las leyes del espacio, pero es difícil explicar las razones sociales y económicas detrás de ellos. En este caso, los investigadores sólo pueden identificar el propósito del comportamiento basado en la ley general de comportamiento, con el fin de tratar de extraer la información oculta en los datos.

En la actualidad, el big data es adecuado para dos aspectos de la investigación urbanística. Por un lado, sirve para verificar el modelo teórico y plantear preguntas de investigación. Con base en la abundante información de trayectoria de los usuarios que han dado acceso a grandes datos, la corrección del modelo de planificación tradicional y el valor de los parámetros específicos, se verifican con muestras completas o grandes de individuos, y los fenómenos y reglas que evidencian " incoherencia frente a los conocimientos generales" que son difíciles de encontrar pequeños datos obtenidos de manera tradicional. Las preguntas de investigación significativas se presentan como reglas; de igual forma las ideas se presentan en virtud de la investigación de planificación.

Por otro lado, sirve para analizar la situación actual del espacio y evaluar la planificación espacial. Aplicando big data, se establece un enfoque ascendente al análisis de la situación. La conclusión de la situación actual obtenida del análisis de big data se compara con la planificación, y el efecto de la situación actual o la implementación de la planificación se evalúan para mejorar el diseño urbano.

Capítulo 5. Metodología

5.1 El marco de investigación

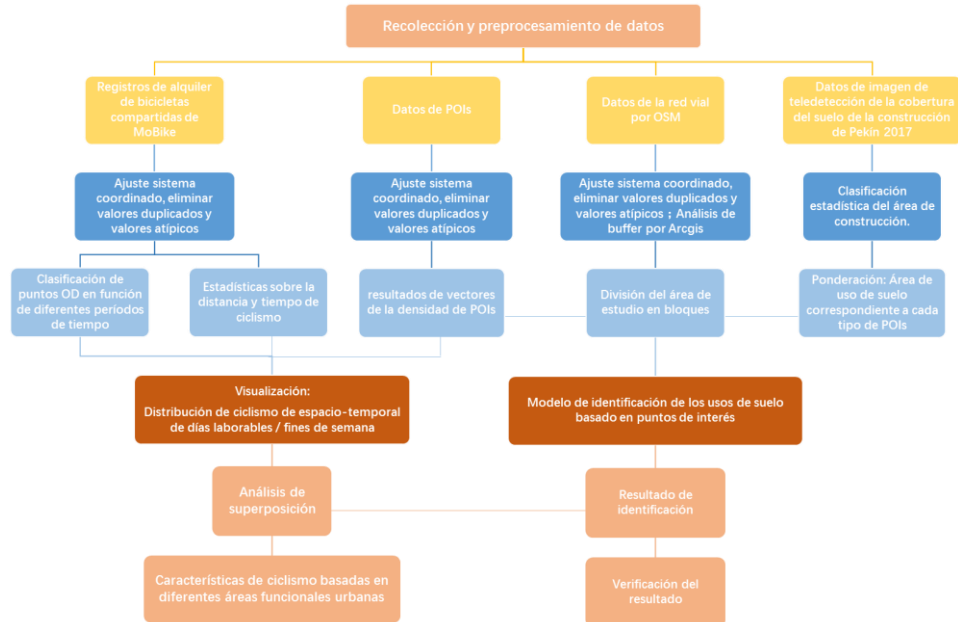


Figura 48. El marco de investigación

(Fuente: Elaboración propia)

El marco de investigación es el siguiente, en este estudio, en vista de los datos de bicicletas compartidas de Mobike y datos de PDI, se estableció un modelo de identificación de los usos de suelo.

En primer lugar, el área de estudio se divide en dos formas: cuadrícula y estructura vial. La partición de la cuadrícula es para visualizar la densidad y el flujo de los datos OD de la bicicleta de manera más conveniente. Según la estructura de las carreteras, se puede obtener mayor precisión al momento de identificar los usos de suelo con datos de PDI.

En segundo lugar, después de todo el tratamiento previo de los datos, los datos de PDI se analizan y almacenan de acuerdo a su clasificación. Posteriormente de acuerdo con las unidades de bloque divididas en virtud de los datos de OSM, los datos de PDI se superponen con el uso de la plataforma ArcGIS y se obtiene el número de PDI en cada bloque.

Seguidamente, de acuerdo con los datos básicos de monitoreo de la condición geográfica (datos censales) de 2016, se da peso a cada área de PDI y se obtiene el modelo de identificación de área funcional. Por otro lado, los datos de bicicletas compartidas se clasifican de acuerdo con los puntos OD y las características de tiempo para realizar el análisis espacial y temporal de los usuarios de Beijing Mobike que viajan entre semana y

fines de semana.

Finalmente, comparamos y analizamos Google Map y Beijing Master Plan Map para probar el resultado de la identificación del área funcional. En vista de la zonificación, se analiza la correlación espacial y temporal entre el uso del suelo urbano y los desplazamientos compartidos en bicicleta.

5.2 Datos fuente y recolección de información

Datos abiertos del ciclismo Mobike:

Esta investigación utiliza los datos compartidos de la bicicleta proporcionados por el sitio web oficial de la empresa Mobike, a través del manejo automático, programación y decodificación del algoritmo Geohash, se obtienen 3.214.098 muestra de viajes en bicicleta de los usuarios de Mobike de Pekín en el periodo comprendido entre el 14 y 28 de mayo de 2017, cada uno de las muestra posee información sobre su ubicación. Cada registro incluye usuario, orden, ID de bicicleta, hora, longitud de origen-destino (OD), latitud y otra información de campo (Fig 49).



Figura 49. 3.214.098 datos brutos del viaje en bicicletas compartidas de MoBike

(Fuente: Elaboración propia)

Datos de PDI:

Entonces, los datos de PDI son proporcionados por Gaode Map, también conocido como AutoNavi Maps o Amaps, que es un mapeo web chino, de navegación y proveedor de servicios basado en la ubicación. Un registro típico de PDI de Gaode para la Plaza de Tiananmen de Pekín es {"id": "B000A60DA1", "name": "Tiananmen Square", "type": "Tourist Attraction; Scenery Spot; National View Spot", "typecode": "110202", "biz_type": "tour", "address": "East Chang'an Road", "location": "116.397477, 39.908692",}. Los datos de PDI de Amap tienen un sistema de categorías de tres niveles con 23, 264 y 871 tipos de PDI, respectivamente. Los dos primeros dígitos de código de tipo representan la categoría de primer nivel del campo de tipo, los dos dígitos siguientes representan la categoría de segundo nivel del campo de tipo y los dos últimos dígitos representan la

categoría del tercer nivel del campo de tipo. Una categoría de nivel superior tiene información de tipo más detallada. Por ejemplo , 050111 Servicio de catering; Restaurante chino; Cocina de Pekín. Introduzca "05" para obtener todos los datos, incluido el servicio de catering; introduzca "0501" para obtener los datos del restaurante chino; introducir "050111" para obtener los datos de la cocina de Pekín;

Estos datos se recopilan de la plataforma abierta de Amap durante el año 2018. Finalmente se obtiene alrededor de 740.000 datos de PDI de todas las categorías en Pekín(Fig.51), sus principales categorías de aplicaciones incluyen catering, alojamiento, lugares pintorescos, empresas, instalaciones de transporte, cultura científica y educativa, atención médica, actividades gubernamentales y comunitarias, deportes y ocio, seguros financieros, residencia comercial, servicios de compras, etc. (Fig.50)

```

11----- Tourist Attraction
  1101----- Park & Square
  ...
  1102----- Scenery Spot
    110202----- National View Spot
  ...

```

Figura 50. El sistema de categorías de tres niveles de Gaode POI
(Fuente: Elaboración propia)

La información de campo incluye clasificación primaria, clasificación secundaria, clasificación terciaria, código de clasificación, nombre, dirección, provincia, ciudad, distrito, condado, longitud, Latitud. En nuestro estudio, nos centramos en el primer y segundo campo de tipo de nivel.

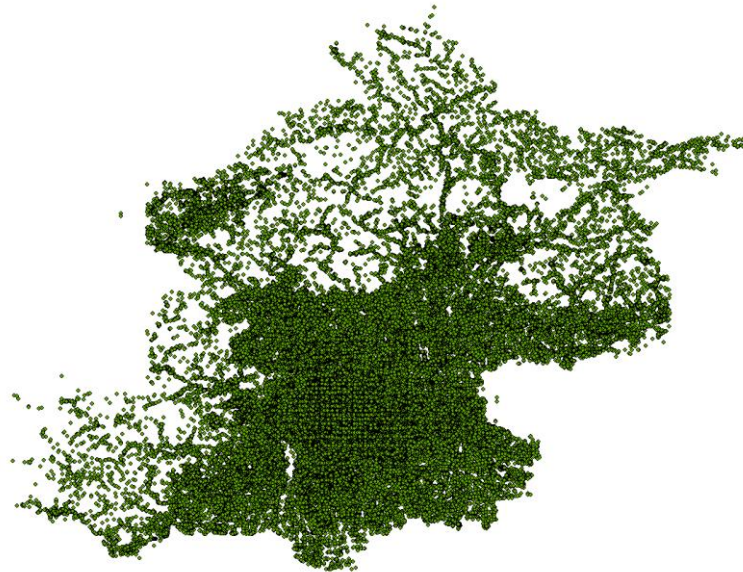


Figura 51. Datos de PDI de Pekín en bruto
(Fuente: Elaboración propia)

Datos de la red vial:

los datos de la red vial utilizados en el estudio provienen de OpenStreetMap (OSM), un programa de intercambio de mapas en línea. Los datos de la red de carreteras de Pekín se descargan principalmente del sitio web. Los datos de OpenStreetMap son un mapa mundial que se puede editar libremente. OSM proporciona datos sobre sistemas de agua, edificios, redes de carreteras y puntos de interés. De esta información se destaca su precisión y la integridad de los datos de la red de carreteras se consideran los mejores, por lo que se usa ampliamente en la división de unidades básicas (bloque) del área de investigación en el proceso de división de uso de suelo funcional urbano. Este documento elige los datos de la red vial descargados gratuitamente de OSM para dividir las unidades espaciales básicas.

5.3 Preprocesamiento de datos

Este documento toma la latitud y longitud de Pekín $115^{\circ}9' \sim 116^{\circ}99' \text{ E}$, $39^{\circ}44' \sim 40^{\circ}4$

$' \text{ N}$ como el alcance de la investigación. Creamos una red de pesca con un tamaño de celda de 1000 metros que cubre las áreas densamente pobladas y zonas comerciales de la principal zona urbana de Pekín. Dividimos el área en 10000 parcelas cuadradas. En el área próspera, se excluyen todos los datos que superen este rango.

5.3.1 Limpieza de datos anormales y ajuste de datos

Los datos originales deben procesarse de la siguiente manera:

A los datos de Mobike,

1) Clasificación de datos

Se importaron los puntos de coordenadas de los datos CSV en la plataforma de análisis ArcGIS en virtud de la longitud y la latitud, a esta información se superpone el Mapa de la Región Administrativa de Pekín y se eliminan los datos de latitud y longitud fuera de la cuadrícula. Luego, exportamos datos SHP y establecemos los campos de atributo nombre, longitud, latitud y Z campos. El campo Z es un campo entero corto cuyo valor individual es "1", y su propósito es facilitar el análisis cuantitativo de densidad en la etapa posterior.

2) Datos atípicos

Debido a procesos típicos del sistema como la grabación de dispositivos GPS y la transmisión de datos en segundo plano, los datos originales contienen valores de atributo anormales, lo que resulta en datos erróneos.

Aquellos que no puedes responder correctamente, son eliminados.

3) Coincidencia de mapas

El mapa electrónico de China utiliza el sistema de coordenadas de Marte y el sistema de coordenadas de Baidu; el siguiente paso fue corregir las coordenadas del mismo para ajustarse a la WGS.

Mientras tanto, como los datos de posición de la bicicleta compartida se ve afectado por la precisión de posicionamiento GPS, es difícil localizar directamente la posición del punto de muestreo, y es inevitable que haya un cierto error, por lo que el punto de pista se desvía de la carretera red, por lo que se necesita la coincidencia de mapas, y el punto de desviación de la posición se reubica al tráfico y a la red de carreteras. En este documento, la coincidencia de trayectoria se lleva a cabo utilizando las características geométricas y el algoritmo de relación topológica vial. El modelo es simple y eficiente, y el cálculo es conveniente. Finalmente, importamos datos de imágenes y datos de la red de carreteras, y coordinamos la corrección e integración, cada punto GPS se asigna al segmento de carretera correspondiente.

A los datos de PDI

1) Coincidencia de mapas

El método de es el mismo que el descrito anteriormente.

2) Conversión de formato de datos y duplicación eliminando el procesamiento

Colocaremos los datos de PDI después de la transformación de coordenadas en ArcGIS. Generamos datos de puntos espaciales de acuerdo con su propia información de coordenadas, pero hay datos de puntos duplicados. Si no se procesa, dará lugar a cálculos duplicados, lo que influirá en la precisión de la clasificación final. Por lo tanto, se exige que usemos la tecnología de análisis espacial ArcGIS para eliminar los datos repetidos de PDI.

3) Almacenamiento por categoría

De acuerdo con el sistema de clasificación de suelo funcional urbano seleccionado en este estudio, todos los puntos de interés se almacenan en virtud del resultado de la categoría para la clasificación posterior. Diferentes tipos funcionales de tierra poseen diferentes características funcionales y estructura combinatoria, por lo que diferentes tipos funcionales de tierra tienen diferentes características de distribución y ubicación espacial.

5.3.2 Métodos de mapa de calor

El diagrama termodinámico es una expresión visual que utiliza la conversión de densidad; dando como resultado que la actividad de la bicicleta en diferentes períodos se calcule en virtud del análisis de densidad. Esta extracción de punto de acceso adopta los atributos de cuadrícula especiales de los datos ráster para calcular la densidad de la bicicleta activa en diferentes áreas. En el preprocesamiento de datos, el campo Z que se agrega representa el valor de cada bicicleta.

Es factible que usemos la herramienta de cuadrícula punto a punto para seleccionar el tipo de asignación de píxeles SUM y obtener así el diagrama termodinámico activo de la bicicleta sobre la cuadrícula. La longitud lateral de la cuadrícula cuadrada es de 1000m, cumpliendo así la escala de planificación urbana. El método anterior no solo puede

obtener resultados precisos, sino también arrojar estadísticas de los datos de cada período, para facilitar el análisis de seguimiento. Finalmente, se adopta el mapa de poder de Excel Powermap 2016 para crear la imagen como resultado de la visualización.

5.3.3 Método básico de partición de unidades espaciales

Cada tipo de uso del suelo con diferentes funciones se concentra en la ciudad, formando así un uso funcional del suelo diferente. En general, los tipos de uso funcional de la tierra se determinan de acuerdo con las funciones dominantes de uso de la tierra dentro de su alcance. Como la unidad básica de estructura, función, gestión y cognición urbanas, el bloque es un bloque de construcción dividido mediante carreteras urbanas, por lo que es la unidad básica del entorno urbano y la vida de los residentes. Por lo que es de gran importancia para nosotros estudiar la división funcional del uso del suelo a escala de bloque.

Este estudio, por lo tanto, elige bloques como la unidad básica de zonificación funcional urbana. Para resolver el difícil problema de la adquisición de datos en los métodos de investigación tradicionales, este estudio utiliza la red vial OSM gratuita como datos básicos para la división en bloques. Es factible que usemos la red de carreteras urbanas del área de estudio para extraer los datos de la red de carreteras según su clasificación (carretera principal, autopista y carretera secundaria). Después de un aumento o disminución razonable, podemos obtener los datos de línea de la red de carreteras utilizada en el estudio, y convertirlos en datos de área y obtener 568 bloques de investigación (Fig.52).



Figura 52. Antes y después del preprocesamiento de la red vial
(Fuente: Elaboración propia)

5.4 Método de la identificación del uso del suelo basado en puntos de interés

En la última sección, dividimos el área de investigación a escala de bloque y formamos la unidad espacial básica. A continuación, será difícil resolver cómo obtener la información

del tipo de terreno en cada unidad espacial y determinar el tipo de terreno dominante en el bloque. La idea de investigación de este apartado es que primero obtenemos el número de tipos de PDI en cada unidad de bloque a través de la función de análisis de superposición espacial de la plataforma ArcGIS. En segundo lugar, le damos peso a cada punto de PDI. Finalmente, sintetizamos el número de todos los puntos en el bloque y sus pesos correspondientes para determinar el tipo de uso de la tierra funcional dominante de cada bloque. El proceso de construcción del modelo de método detallado es el siguiente:

Tipos de uso funcional de la tierra	Clasificación secundaria	Categorías detalladas	Ocupación de la tierra (m ²)	
Zona residencial	\	Zonas residenciales	78609	
		jardín de infantes	3000	
Zona industrial	\	Fábrica	10000	
		Gran catering	800	
Servicios comerciales y empresariales	Instalaciones comerciales (catering, hotel, retail)	Restaurante de comida rápida	400	
		Bar	300	
		Hotel	5000	
		Hostal-Pensión	1000	
		Otros alojamientos	2000	
		Centro comercial	50000	
		Supermercado	30000	
		Mercado integral	2000	
		Mascotas de mercado abierto	1000	
		Colmados	100	
		Varias boutiques	300	
		Instalaciones de negocios	Empresa	1000
			Parque Industrial	50000
			Edificio de oficinas de negocios	50000
		Zona recreativa y de bienestar	Instalaciones deportivas de ocio público	400
Otros sitios de servicio	\	Clínica privada	100	
		Hospital de mascotas	200	
		Instituciones de formación	1000	
Zona de servicio público	Espacio de oficina administrativa	Organismos e instituciones de partidos y gobiernos	9026	
		Grupos sociales	1000	
	Médico y de salud	Hospital General	50000	
		Hospital Especialista	14685	
	Instalaciones culturales	Museos y bibliotecas	2000	
	Centro de Actividades Culturales	10000		
Investigación científica y educación	\	Universidades	100000	
		Educación vocacional	50000	
		Escuela secundaria	30680	
		Escuela primaria	14680	
		Instituciones de investigación científica	2000	
Lugares de interés	\	Parque	40000	
		Atracciones	20000	
Instalaciones de transporte	\	Estación de tren	500000	
		Estación de autobuses	100	
		Aeropuerto	800000	
		Carretera	\	

(1) Análisis de superposición espacial

Table 53. Categoría de los usos de suelo y valor de selección del área del punto de interés

(Fuente: Elaboración propia)

En primer lugar, utilizaremos la unidad espacial básica de la partición de datos de la red de carreteras y varios datos de PDI para superponer en el espacio y descubrir el número de diferentes tipos de PDI en cada unidad de bloque. A través de la plataforma de análisis ArcGIS, es factible que calculemos el número de PDI de cada tipo y lo registremos en la tabla de atributos.

(2) Construcción del modelo de clasificación basada en la superficie ocupada promedio del punto de interés

La densidad de varios puntos de interés en cada unidad de bloque puede reflejar directamente la distribución espacial de cada terreno funcional. Sin embargo, la cantidad no representa plenamente la función dominante del uso de la tierra en esta área. Para reflejar la distribución espacial de varios tipos de tierra funcional de manera más objetiva, también es necesario considerar la escala de tierra representada por cada punto de interés. Teóricamente, para los puntos de interés comercial, es posible que el tipo de tienda, el área de negocio, el número de empleados y el volumen de negocios reflejen la escala de los puntos de interés comercial. Para los terrenos residenciales, el tamaño de la zona residencial, el número de residentes y el grado de mejora de la infraestructura pueden reflejar su escala.

Sin embargo, en la práctica, la recopilación de estos indicadores es demasiado difícil y no hay normas claras. Además algunos datos son secretos, lo que dificulta la recopilación de esta información; por lo tanto, es factible que simplifiquemos los indicadores anteriores y adoptemos indicadores que sean fáciles de obtener, libres, de código abierto, y que puedan reflejar la escala de varios tipos de uso de la tierra. Entre ellos, el área de puntos de interés comercial se obtiene utilizando el estándar de clasificación actual de China (GB/T18106-2010). El resto de datos del área ocupada adoptan el lenguaje de seguimiento de la condición nacional geográfica de Pekín en 2016, el cálculo estadístico de la superficie ocupada en promedio de varios tipos de puntos de interés.(Table.53). Por último, el área de puntos de interés y los tipos de puntos de interés en los terrenos funcionales utilizados en este estudio se resumen en detalle como se muestra en la tabla 53.

En base a esto, se construye un modelo de cálculo del tipo de uso del suelo funcional urbano para una determinada unidad de bloque, y la fórmula es la siguiente:

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum_{j=1}^m P_j * A_j}$$

S_k representa la proporción de tierra funcional tipo K en una parcela, i es el punto de interés tipo i de terreno funcional en el bloque, que pertenece a la categoría k , n es el número total de puntos de interés que pertenecen al uso funcional de la tierra de tipo K en el bloque, P_i es el número de puntos de interés de tipo i en la gráfica, A_i es el área promedio de puntos de interés de tipo i en este bloque, m es el número total de puntos de interés en el bloque, P_j es el número de puntos de interés de la clase j en el bloque, A_j es el área promedio ocupada por los puntos de interés de clase J en este bloque. Según este

modelo, el área ocupada de cada tierra funcional en el área de estudio se calcula primero, y luego se calcula la proporción de cada tierra funcional. Según el orden de tamaño, el valor máximo indica que este tipo de tierra funcional es la tierra funcional dominante en la parcela, y la parcela se identifica como este tipo de tierra funcional.

Los resultados de cálculo específicos se mostrarán en el próximo capítulo.

Capítulo 6. Resultados y análisis

6.1 Clasificación y densidad de los datos de PDI

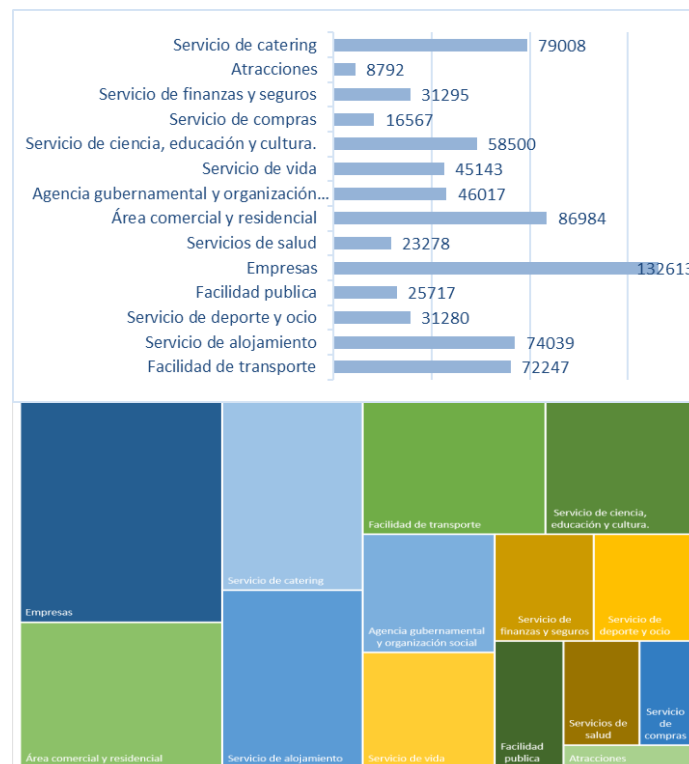


Figura 54. Estadísticas de datos de PDI de Pekín

(Fuente: Elaboración propia)

Como la figura ha mostrado, según la clasificación de los datos de PDI, las empresas tienen la mayor cantidad con 132,613 datos, seguidos de área residencial y comercial y servicio catering. Las atracciones tienen la menor cantidad de datos, con solo casi 9,000 datos.

Después de clasificar y almacenar los datos de POI y crear una cuadrícula en ArcGIS para el cálculo, obtenemos el resultado de densidad de PDI.(Fig.54)

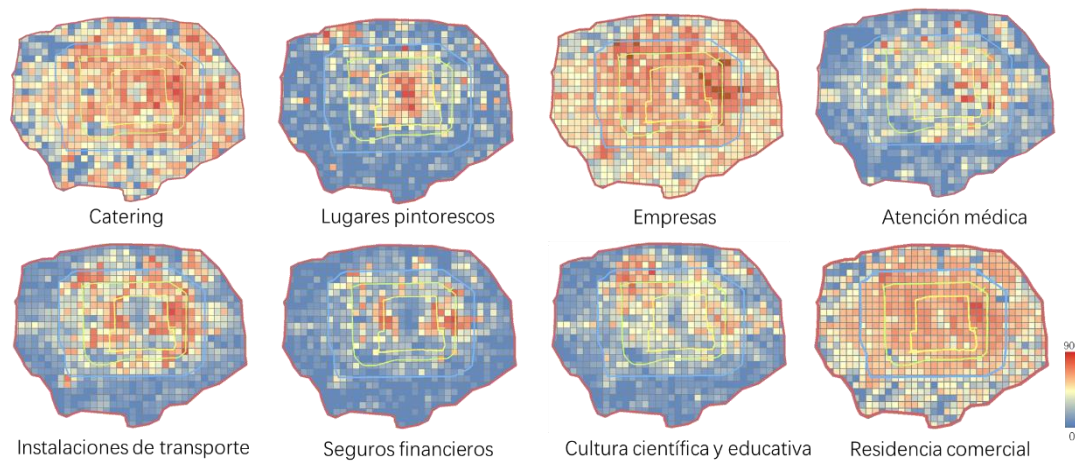


Figura 55. Densidad de PDI

(Fuente: Elaboración propia)

Entonces, desde el punto de vista de la densidad de PDI, el número de PDI en restaurantes, empresas corporativas y áreas residenciales es el más grande, y la distribución es más amplia que otros tipos de PDI.(Fig.55)

(1) Las áreas residenciales están distribuidas de manera uniforme, y la carretera de circunvalación este, es una zona popular.

(2) Las empresas se distribuyen principalmente en las cercanías de Dongsanhuan cbd, Zhongguancun en el noroeste entre los anillos tres y cuatro, el área de Wangjing fuera del anillo cuatro y el Parque Empresarial Fengtai.

(3) La industria de comida preparada se concentra en la parte oriental de la ciudad central.

(4) El número de PDI en atención médica es pequeño y su distribución está dispersa. Los principales puntos críticos se concentran en el norte de los anillos tres y cinco del este de la ciudad.

(5) Los lugares escénicos se concentran dentro de la segunda circunvalación.

(6) Las instalaciones de tráfico se distribuyen principalmente en los anillos segundo a cuarto, y las áreas cálidas están cerca del límite de la carretera de circunvalación.

(7) Las tierras financieras y de seguros se concentran en el este y el oeste de la segunda y tercera circunvalación, cerca del centro tradicional de la ciudad.

(8) El interés de la investigación científica y la educación se concentra en los alrededores de Wudaokou en el distrito de Haidian, donde se concentran las universidades de Pekín.

En suma, en Pekín, los servicios médicos y de salud, los servicios de seguros corporativos y financieros, distribuye principalmente entre el segundo y el cuarto anillo de circunvalación. Especialmente en el área del 3ra circunvalación oriental con alta densidad del área de servicio, esta área no solo sufre el problema de una gran cantidad de puntos de interés de catering y entretenimiento, sino también un número mucho mayor de otros tipos de puntos de interés que otras áreas. Además, el área de la esquina noroeste entre la circunvalación segunda y cuarta tiene los PDI con tipos ricos y de alta densidad.

La distribución desigual de los recursos da lugar a una fuerte demanda para ingresar a la ciudad de un gran número de residentes de Pekín que viven fuera de la quinta circunvalación.

6.2 Resultados de la identificación de los usos del suelo

A través del modelo de cálculo de tipo de usos de suelo urbano para una determinada unidad de bloque, obtenemos los siguientes resultados (Fig.56):

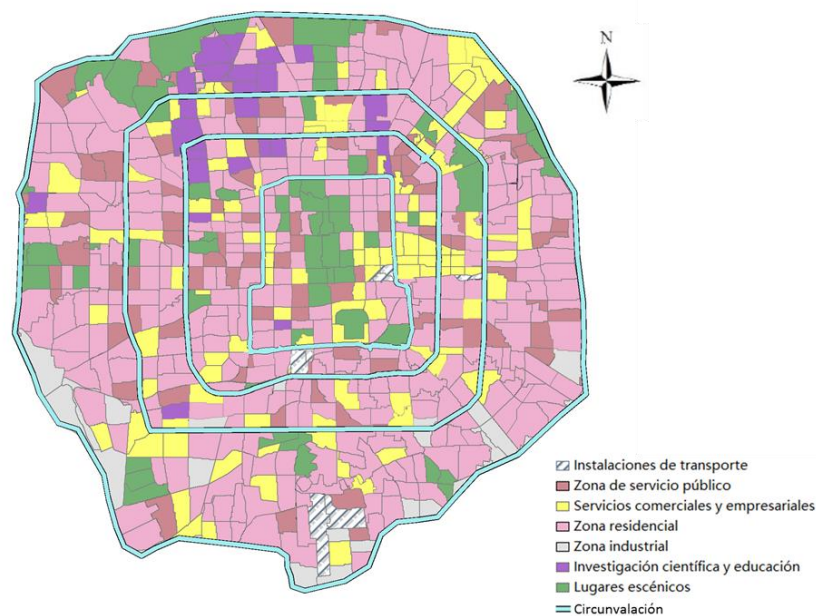


Figura 56. Mapa de identificación de los usos de suelo

(Fuente: Elaboración propia)

6.2.1 Distribución de los usos de suelo

(1) En general, los terrenos residenciales ocupan una mayor proporción del área fuera de la segunda circunvalación. Consideramos que esto está influenciado principalmente por la política y la planificación general de la ciudad. Por ejemplo, el distrito de Dongcheng y el distrito de Xicheng son respectivamente las principales áreas políticas y áreas culturales en el área central de la ciudad. Además, esto puede ser causado por factores del precio de la tierra. Para ser más específicos, cuanto más cerca esté el centro de la ciudad,

mayor será el precio de la vivienda residencial.

(2) Las áreas de tipo empresarial son principalmente industrias comerciales y de servicios, que están ampliamente distribuidas en prósperos centros comerciales a gran escala, viviendas financieras y comerciales a gran escala, así como centros culturales y de entretenimiento. Como un distrito de negocios típico, el distrito de Chaoyang tiene las características de CBD, Sanlitun Bar Street y Yansha Business Circle con áreas de entretenimiento como centro.

Además, las embajadas extranjeras de varios países convergen en el distrito de Chaoyang. La tierra de servicio comercial está ampliamente distribuida en las partes central y noreste del distrito de Chaoyang, y la distribución de la industria de servicios comerciales muestra las características de las líneas troncales de las carreteras principales que se extienden hacia afuera a lo largo del centro de la ciudad, y que también son las características principales del distrito comercial de grandes ciudades. Las instalaciones de servicio comercial identificadas, son principalmente grandes centros comerciales, calles y edificios de oficinas. Esto incluye principalmente el distrito comercial del centro comercial Wangfujing, Zhongguancun, Xidan, Qianmen y Chaoyang Menwai Street, así como áreas en Chaoyang Menwai Street, Hujialou, Zuojiashuang, Sanlitun, Shuangjing y otras áreas centrales de funciones comerciales.

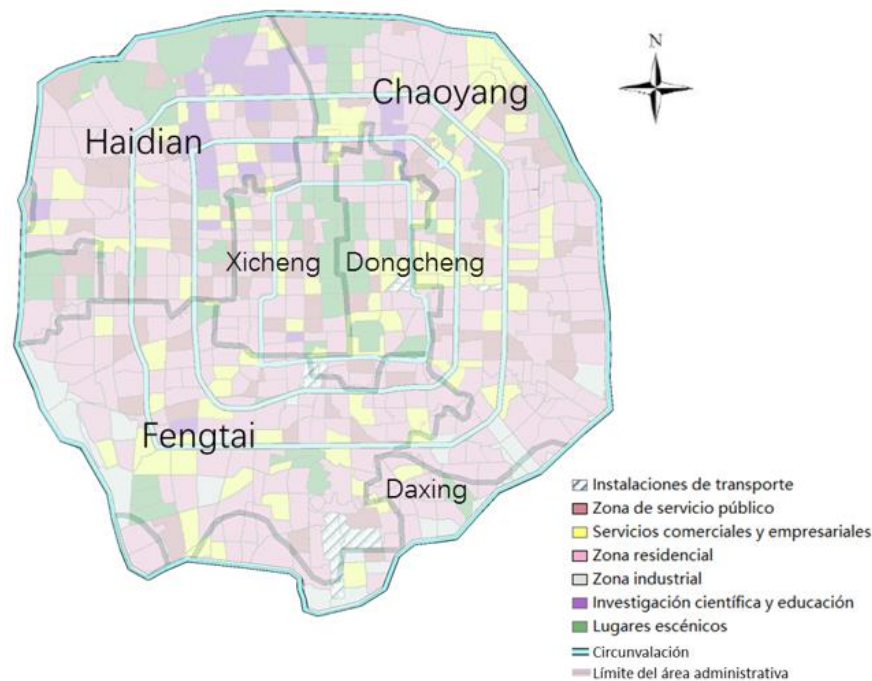


Figura 57. Mapa de identificación de los usos de suelo en los distintos administrativos

(Fuente: Elaboración propia)

(3) Los terrenos industriales se distribuyen principalmente en la periferia de la ciudad en zonas con gran contaminación ambiental y contaminación acústica. De la imagen, es factible que veamos que hay más terrenos industriales en el norte del distrito de Chaoyang y el distrito de Fengtai, pero todos están fuera de la Cuarta Circunvalación. Esto no solo

está relacionado con las características de distribución de las propias zonas industriales, sino también con la formulación de políticas, la planificación del distrito de Chaoyang y el distrito de Fengtai como bases industriales importantes en Pekín. (Fig.57)

(4) Como una ciudad histórica famosa, Pekín tiene una amplia distribución de lugares pintorescos. Los resultados identificados en este documento son principalmente parques urbanos, sitios históricos y culturales, como la Ciudad Prohibida de fama mundial, el Parque Zhongshan, el Parque Beihai, el Parque Jingshan, el Palacio Gongwang y otros grandes parques.

(5) La distribución general de la administración pública y los terrenos de servicio público está relativamente dispersa, y más en el noroeste y el norte de la ciudad.

Con relación de división de la tierra funcional urbana y los datos de los puntos de interés, en este estudio se analizaron las características del patrón espacial urbano dentro de la Quinta Carretera de Circunvalación en Beijing, y las principales conclusiones obtenidas son las siguientes:

(1) La zona residencial en la quinta circunvalación de Pekín es de 328.37 kilómetros cuadrados, lo que representa el 50.80% del área total, que es el tipo de terreno más utilizado en la ciudad.

Clasificación de los usos de suelo	Área (km²)	Ratio
Zona de servicio público	80.56	12.46%
Servicios comerciales y empresariales	95.73	14.81%
Zona residencial	328.37	50.80%
Investigación científica y educación	36.04	5.58%
Zona industrial	31.45	4.87%
Lugares escénicos	64.37	9.96%
Instalaciones de transporte	9.62	1.49%
No clasificada	0.29	0.05%
Total	646.44	100.00%

Tabla 58. Resultados estadísticos de los usos de suelo

(Fuente: Elaboración propia)

La zona de servicios comerciales y empresariales es de 95.73 kilómetros cuadrados, y la zona para la administración pública y los servicios es de 80.56 kilómetros cuadrados, mientras que el terreno para lugares escénicos es de 64.37 kilómetros cuadrados, y la tierra de ciencia y educación cubre un área de 36.04 kilómetros cuadrados.

Debido a la influencia de la historia, la cultura y la forma urbana, el diseño funcional urbano de la Quinta circunvalación de Pekín muestra que el uso principal de la tierra del paisaje urbano se encuentra en el este y el oeste de la ciudad.(Tab.58 y Fig.59)

El distrito de Haidian está dominado por la investigación científica y educación y la tierra de servicio público, el distrito de Chaoyang está dominado por tierra de servicio comercial, el distrito de Fengtai tiene más características de distribución de tierra industrial. En general, las funciones de las cinco carreteras de circunvalación en Pekín son claras y el diseño de la tierra funcional es razonable.

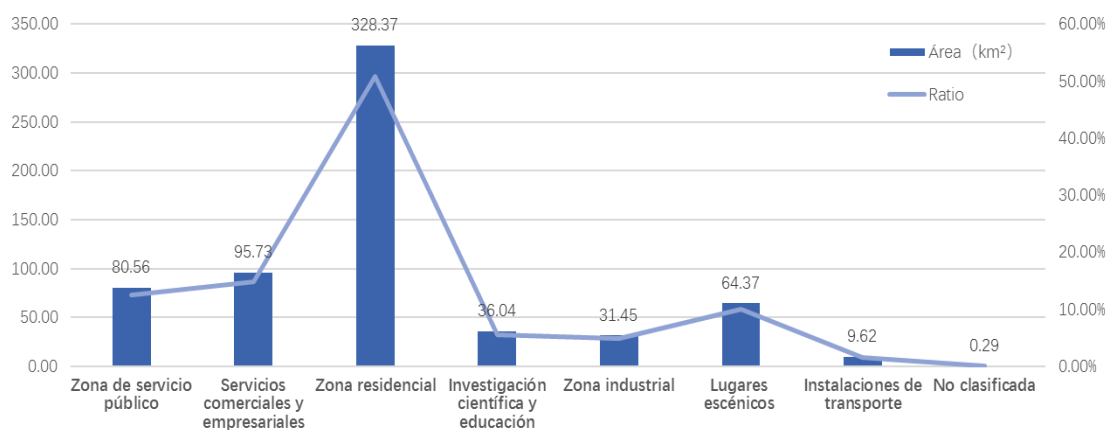


Figura 59. Distribución de los usos de suelo dentro de la quinta circunvalación
(Fuente: Elaboración propia)

(2) En general, los terrenos residenciales ocupan una gran proporción del área fuera de la segunda circunvalación, que está más distribuida en el distrito de Haidian, el distrito sur de Chaoyang y el distrito Fengtai. Las zonas comerciales están ampliamente distribuidas en la parte central y noreste del distrito de Chaoyang, y muestran las características de la agregación de las líneas troncales de las carreteras principales que se extienden hacia el centro de la ciudad. Esta es también la característica principal del distrito comercial en las grandes ciudades, con grandes centros comerciales, calles comerciales y edificios de oficinas comerciales como características principales.

La zona industrial se distribuye principalmente en el norte del distrito de Daxing y el distrito de Fengtai fuera de la cuarta circunvalación en aras de su gran contaminación ambiental y contaminación acústica.

Como una de las cuatro capitales antiguas de China, Pekín tiene una amplia distribución de lugares pintorescos, lo que demuestra que la distribución de lugares pintorescos en la segunda circunvalación es obviamente mayor que en otras áreas de la carretera de circunvalación. Esto está estrechamente relacionado con la antigua zona urbana de Pekín en la segunda circunvalación, que ha dejado atrás muchos patrimonios históricos y

culturales.

6.2.2 Distribución de los usos de suelo entre diferentes circunvalaciones

Después de haber investigado las diferentes áreas funcionales de uso del suelo entre cada línea de bucle, se descubrió que el uso del suelo público, comercial, residencial, industrial y no clasificado en el segundo anillo (dentro del segundo anillo), el tercer anillo (entre el segundo anillo y el tercer anillo), el cuarto anillo (entre el tercer anillo y el cuarto anillo) y el quinto anillo (entre el cuarto anillo y el quinto anillo) mostraron una característica de tendencia de distribución de aumento gradual. Los sitios escénicos se encuentran principalmente en el segundo anillo, mientras que las instalaciones de tráfico se encuentran principalmente en el tercer anillo. Para ser más específicos, el área de varios tipos de tierra no puede representar los principales tipos de tierra funcionales de cada bucle. A menudo hay grandes diferencias en la distribución del uso del suelo entre diferentes rutas en las ciudades. Por lo tanto, también contamos la proporción de cada tipo de uso de suelo en el área total de todo el ciclo. Las características principales de distribución son las siguientes.

En términos de tipos de uso del suelo, las áreas residenciales representan la mayor proporción de todas las circunvalaciones, seguidas de los servicios comerciales y públicos. En términos de la carretera de circunvalación, a excepción de las zonas residenciales, la tierra de los lugares escénicos ocupa la mayor proporción del 22,78% en la segunda circunvalación. En comparación con otras carreteras de circunvalación, el distrito comercial y empresarial ocupa una mayor proporción entre la segunda circunvalación y la cuarta, 18,81% y 17,03% respectivamente (Tab.60 y Fig.61、62).

Clasificación de los usos de suelo	2da circunvalación		2da—3ra circunvalación		3ra—4ª circunvalación		4ª—5ª circunvalación	
	Área (km²)	Porcentaje	Área (km²)	Porcentaje	Área (km²)	Porcentaje	Área (km²)	Porcentaje
Zona de servicio público	8.67	14.11%	15.08	15.44%	16.70	12.07%	40.11	11.49%
Servicios comerciales y empresariales	8.60	14.01%	18.38	18.81%	23.57	17.03%	45.18	12.95%
Zona residencial	28.68	46.70%	48.21	49.35%	76.74	55.45%	174.73	50.07%
Investigación científica y educación	0.90	1.47%	7.15	7.32%	9.99	7.22%	18.00	5.16%
Zona industrial	—	—	—	—	1.50	1.09%	29.95	8.58%
Lugares escénicos	13.99	22.78%	6.97	7.14%	9.06	6.55%	34.35	9.84%
Instalaciones de transporte	0.54	0.87%	1.87	1.92%	0.71	0.51%	6.50	1.86%
No clasificada	0.04	0.06%	0.02	0.02%	0.11	0.08%	0.13	0.04%

Tabla 60. Distribución de los usos de suelo entre diferente circunvalación (km²)

(Fuente: Elaboración propia)

La tierra de servicio público fue la más grande entre la segunda y la tercera circunvalación, representando el 15.44 %. Por otra parte, la proporción de tierras de investigación y educación dentro del segundo al cuarto anillo tiene poca diferencia. La zona industrial representa el 8,58% más alto entre la cuarta circunvalación y la quinta circunvalación, que está en estrecha relación con la situación actual de expansión urbana.

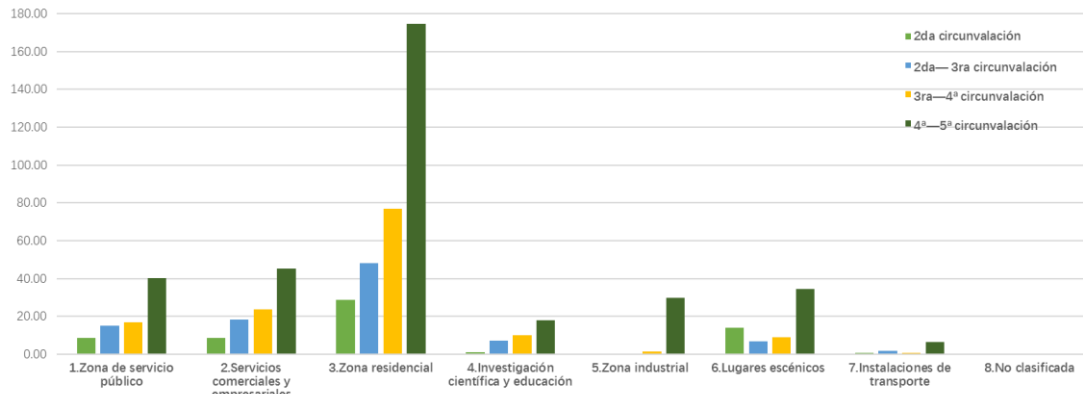


Figura61. Distribución de la cantidad los usos de suelo entre diferente circunvalación(km²)
(Fuente: Elaboración propia)

Se descubre que la tierra pública se distribuye principalmente en el tercer anillo. En el camino del aumento del área total de la línea de circunvalación, el terreno comercial también aumenta gradualmente. La tierra residencial y la tierra industrial se distribuyen principalmente en el quinto anillo, lo que también es consistente con la situación real en Beijing. La distribución de puntos escénicos en la segunda circunvalación es obviamente mayor que en otras áreas de circunvalación. Esto es muy relevante para el hecho de que la segunda carretera de circunvalación es la antigua área urbana de Beijing, que ha dejado muchas herencias históricas y culturales. El tráfico terrestre se distribuye principalmente en los anillos tercero y quinto, debido mayoritariamente a que existen varias estaciones de ferrocarril grandes en Beijing. La proporción de distribución de tierra no clasificada en cada anillo es similar.

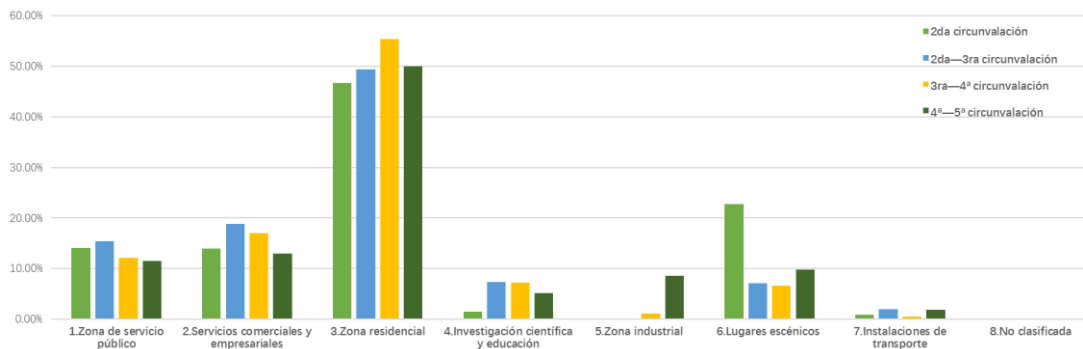


Figura 62. Distribución de los porcentajes los usos de suelo entre diferente circunvalación
(Fuente: Elaboración propia)

6.3 Verificación de de la identificación de los usos del suelo

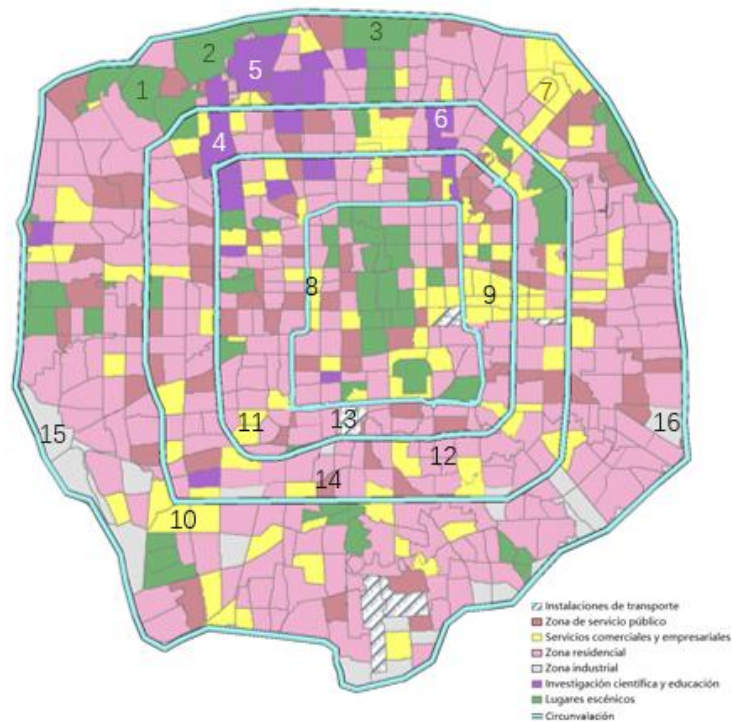


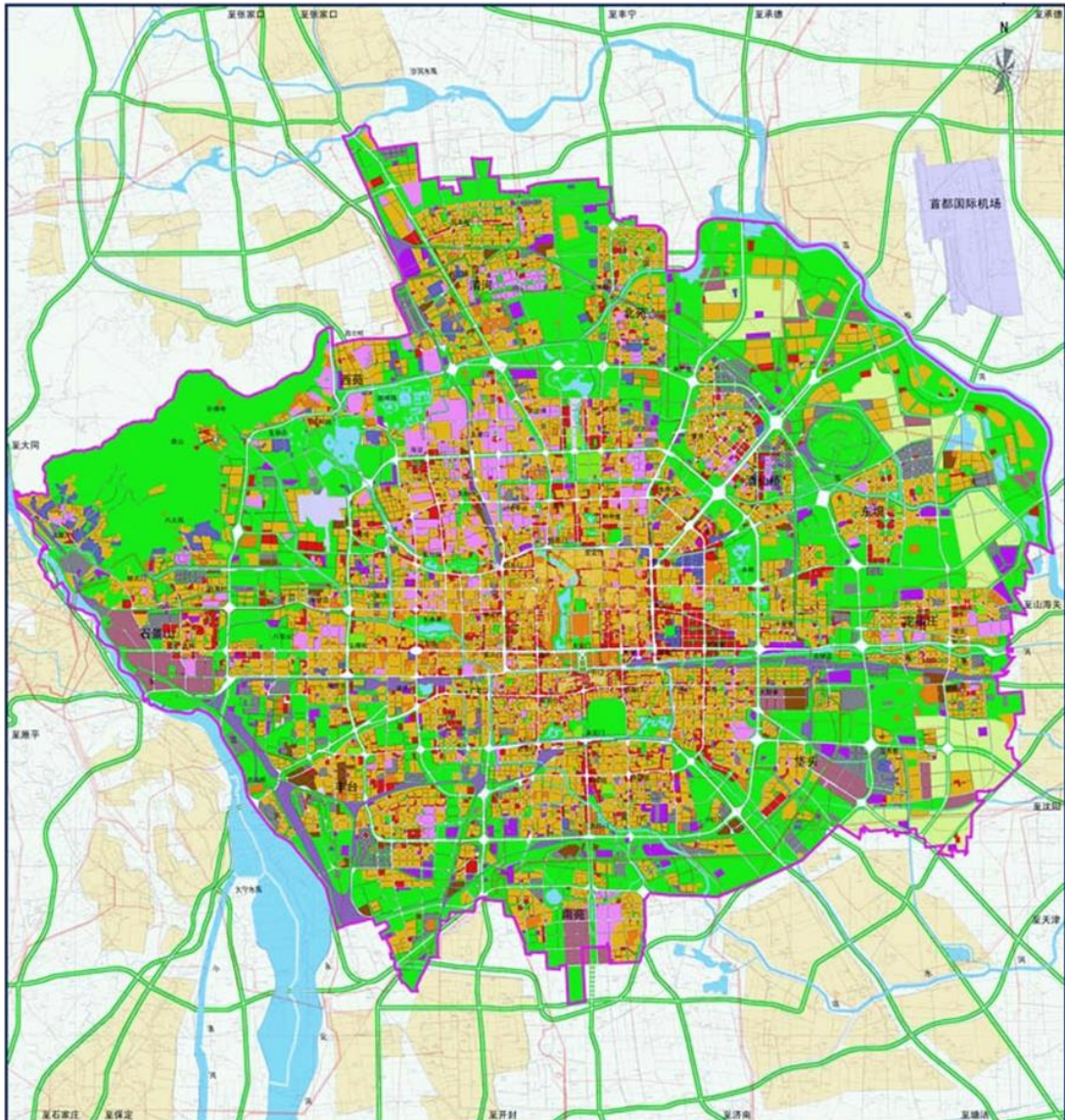
Figura 63. Comparación del resultado de la identificación de los usos del suelo con el Plan Maestro Urbano

(Fuente: Elaboración propia)

(Fuente: Oficina de Planificación urbana de Pekín, 2004)

Para comprender qué tan bien coinciden los resultados de la identificación con el uso del suelo urbano, medimos la consistencia que existe entre nuestros resultados con el Plan Maestro Urbano de Beijing 2004-2020. Verificamos manualmente cada bloque utilizando tanto el Plan Maestro Urbano oficial como el Mapa de Google para obtener datos actualizados sobre el uso del suelo urbano (Fig.63).

Plan maestro de la ciudad central de Pekín (2004~2020)



Zona residencial	Tierra vial
Zona de servicio público	Plaza y aparcamiento
Servicios comerciales y empresariales	Espacio verde
Investigación científica y educación	Tierra especial
Instalaciones deportivas	Aguas
Zona industrial	Tierras agrícolas
Tierra de almacenamiento	Suelo de usos mixtos
Servicios municipales	Cuenca de retardo de inundación
Tierra de almacenamiento	Cable de alta tensión
Ferrocarril	Limite de la ciudad central
Aeropuerto	



Figura 64. Verificación de identificación de los lugares escénicos

(Fuente: Elaboración propia)

Por comparación de la ubicación del Yuanmingyuan Parque, Yiheyuan Parque (el Palacio de Verano) y el Parque Olímpico, se identifican las áreas 1,2,3 en la figura como lugares de interés, y son coherentes con la situación real y el plan maestro de Pekín. Estos tres grandes parques son atracciones frecuentes para los residentes locales o turistas (Fig.64).



Figura 65. Verificación de identificación de las zonas de la educación científica y tecnológica

(Fuente: Elaboración propia)

Las zonas de la educación científica y tecnológica son consistentes con el mapa del Plan Maestro y el mapa de estado satelital. La Universidad de Renmin y el Instituto de Tecnología de Beijing son instituciones muy conocidas de educación superior en China. Y Zhongguancun está situado en la parte noroeste de la ciudad de Beijing, en una banda entre la tercera circunvalación del noroeste y la cuarta circunvalación. También a menudo se lo conoce como "el Silicon Valley de China"(Fig.65)

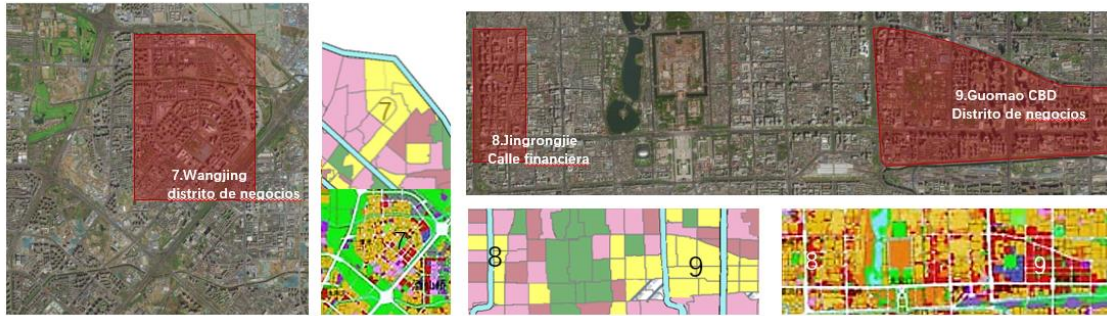


Figura 66. Verificación de identificación de las zonas comerciales

(Fuente: Elaboración propia)

Wangjing alberga muchas empresas de tecnología, tanto pequeñas empresas de nueva creación, como grandes corporaciones nacionales e internacionales. Tale como Alibaba, Panasonic, Ericsson, Sony Ericsson, etc. Y Guomao es un CDB nuevo con infraestructura de punta. (Fig.66).

Además, ubicada en el medio del distrito de Xicheng en Pekín, la Calle Financiera es un centro de gestión financiera a nivel estatal que centraliza las oficinas principales de los bancos nacionales y las oficinas centrales de las instituciones financieras no bancarias.

En el plan maestro, el área 7 es un terreno mixto para áreas comerciales y residenciales. La otra área 9 es una zona mixta de servicios comerciales y públicos. A causa de los resultados de identificación en este estudio son áreas de los usos únicos, en las que existen ciertas limitaciones. Sin embargo, los resultados de la identificación siguen siendo válidos.

En comparación con el plan maestro, el resultado de la identificación está más en la línea con la situación actual.



Figura 67. Verificación de identificación de las zonas comerciales y las instalaciones de transporte

(Fuente: Elaboración propia)

La zona 11, distrito financiero de Lizeqiao, ubicado fuera de la segunda circunvalación suroeste, estará en contacto cercano con Financial Street en el futuro. Y Distrito de

negocios de Fengtai, la zona 10 es una gran zona de oficinas comerciales y un parque tecnológico muy importante en la 4ta y 5ta circunvalación (Fig.67).

La estación de ferrocarril de Beijingnan es una gran estación de ferrocarril (que sirve principalmente a trenes de alta velocidad) en el distrito de Fengtai, a unos 7,5 km al sur del centro de Beijing, entre las carreteras de circunvalación segunda y tercera.

En el área del No. 14 hay un centro de cultura teatral y un área de oficina de tránsito ferroviario, que es un área típica de servicio público. Y el Área 12 es un área residencial de alta densidad, Songjiazhuang. Es decir, la imagen confirma que el resultado de la identificación es bastante preciso (Fig.68).



Figura 68. Verificación de identificación de la zona residencial y la zona de servicio público

(Fuente: Elaboración propia)

Desde Google Maps, podemos ver que hay muchas filas de fábricas en las áreas 15 y 16 de la zona industrial. La densidad de construcción no es alta, y todavía hay un cierto espacio libre.

Pero el plan maestro muestra, estas dos áreas de usos mixtos junto con las industrias y las instalaciones de transporte, lo que indica que todavía hay una brecha entre la toma de decisiones políticas y el desarrollo real de la tierra (Fig.69).



Figura 69. Verificación de identificación de la zona industrial

(Fuente: Elaboración propia)

6.4 Análisis de las características espaciales y temporales de las zonas de viaje para residentes

6.4.1 Distribución de la demanda de bicicletas compartidas

Es cierto que los datos de Mobike poseen no solo atributos temporales, sino también atributos espaciales. Los datos contienen la distribución espacial de los viajes de los residentes y la información de la demanda de actividades de viaje, por lo que están estrechamente relacionados con la vida de la población urbana, la planificación urbana y otros factores. En cierto sentido, los puntos calientes reflejan el denso grado de los viajes de los residentes urbanos.

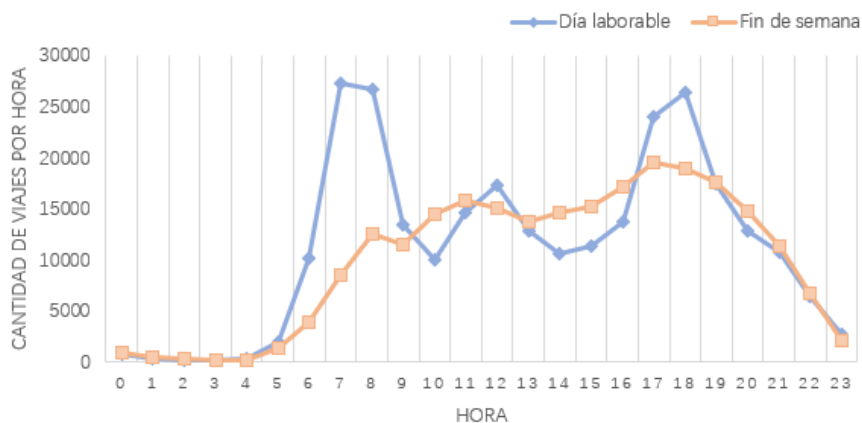


Figura 70. Número promedio de viajes en bicicletas compartidas por día
(Fuente: Elaboración propia)

El pico de ciclismo en la mañana y en la noche representa aproximadamente el 40% del ciclismo total en ese día. El pico temprano, apareció a de 7:00 a 9:00. Al mediodía, también apareció un pequeño pico en el ciclismo en bicicleta, que suponemos es causado por los viajes para comer, cuya distribución general tiene forma de M. Esto muestra que Mobike ha jugado un papel importante en el alivio de las horas pico de la mañana y la tarde, evitando así la congestión del tráfico en los desplazamientos urbanos. En el día de descanso, el volumen de ciclismo no muestra características pico obvias. De 0:00 p.m. a 4:00 a.m., el volumen de ciclismo mantiene el nivel más bajo en todo el día y muestra una tendencia descendente gradual. Después de eso, el volumen de viaje aumentará gradualmente, mostrando un pequeño cambio de fluctuación, y mantendrá un estado relativamente promedio. El pico de todo el día ocurre a partir de las 17:00 p.m. hasta las 19:00 p.m. (Fig.70) Estas condiciones básicamente concuerdan con las características de comportamiento del viaje normal de las personas.

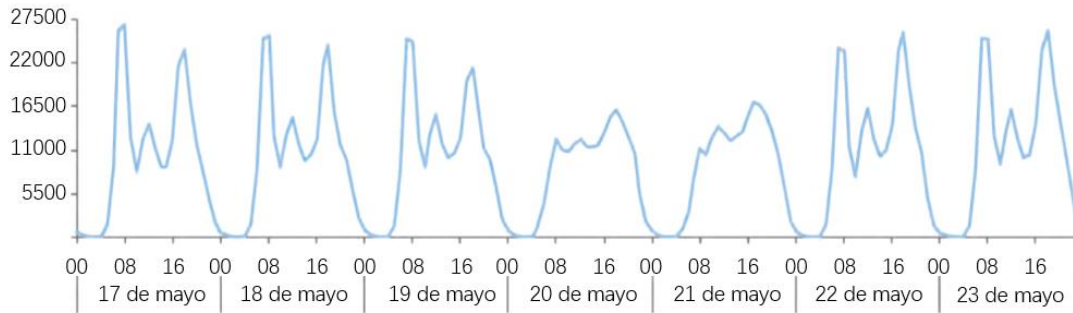


Figura 71. La curva de distribución de la demanda de bicicletas por semana
(Fuente: Elaboración propia)

6.4.2 Distribución del tiempo y la distancia de uso

Con el fin de reducir la influencia de las condiciones climáticas en los resultados del estudio, se analizó el comportamiento en bicicleta de una semana con clima nublado y buen estado del aire. La fecha específica es del miércoles 17 de mayo al martes 23 de mayo de 2017. El número de usuarios de bicicletas se cuenta cada cinco minutos, y la curva de distribución de tiempo de la demanda de bicicletas se obtiene en una semana.

Como se muestra en la figura (Fig.71), los días 20 y 21 de mayo son fin de semana. En este caso, la demanda de bicicletas disminuyó en comparación con los días hábiles. No hay picos obvios, y la demanda de picos tardíos es mayor que los picos iniciales. Por el contrario, la demanda de días hábiles es relativamente regular, y la demanda de picos matutinos y picos tardíos sería similar en todos los casos.

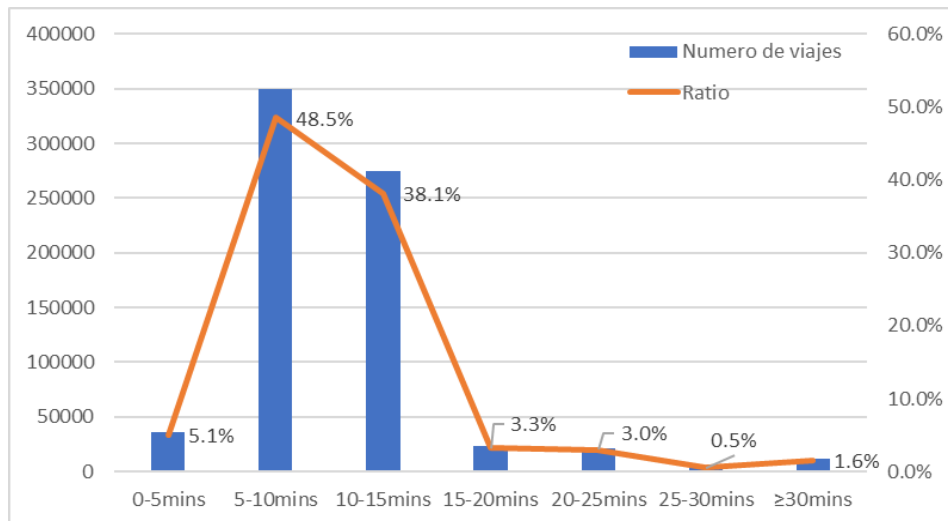


Figura 72. Distribución del tiempo de uso de la bicicleta
(Fuente: Elaboración propia)

La Fig. 72 y la Fig.73 Muestran las características de distribución del tiempo y la distancia de uso de la bicicleta: el 48% de los usuarios viaja en 5-10 minutos, el 38% en 10-15 minutos. Por su parte el 44% de los usuarios viaja a una distancia de 0.5-1 km, y el 23% viaja a una distancia de 1-1.5 km.

La gran mayoría de los usuarios viaja en bicicleta, la distancia se concentra en 2 km y el tiempo se concentra en 15 minutos. También hay un pequeño número de usuarios que usan bicicletas para completar viajes de larga distancia.

Por lo tanto, esto lleva a la conclusión de que las personas prefieren usar bicicletas para viajes de corta distancia.

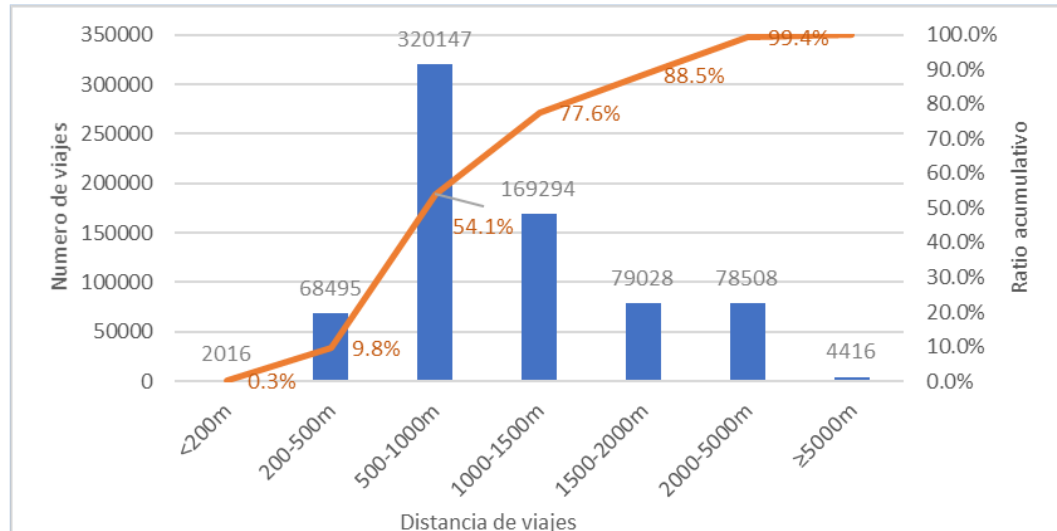


Figura 73. Distribución de la distancia de uso de la bicicleta

(Fuente: Elaboración propia)

6.4.3 Análisis de las características temporales y espaciales de los puntos calientes en diferentes períodos

Debido a que las personas viajan menos durante el período de 00:00 a.m. a 01:00 a.m., para resaltar los puntos calientes, el radio del mapa térmico es diferente de otros mapas. Según la distribución del tráfico de bicicletas compartidas en diferentes momentos, el lugar más frecuente para viajar en medio de la noche es el área de Sanlitun. Por su parte los diagramas termodinámicos de las 07:00 a.m. a 09:00 a.m. y 17:00 p.m. hasta las 19:00 p.m. son similares en las zonas cálidas, la mayoría de las cuales son áreas residenciales y comerciales, lo que demuestra la alta simetría de los viajeros que se movilizan en bicicleta por la mañana y por la noche. (Fig.74)

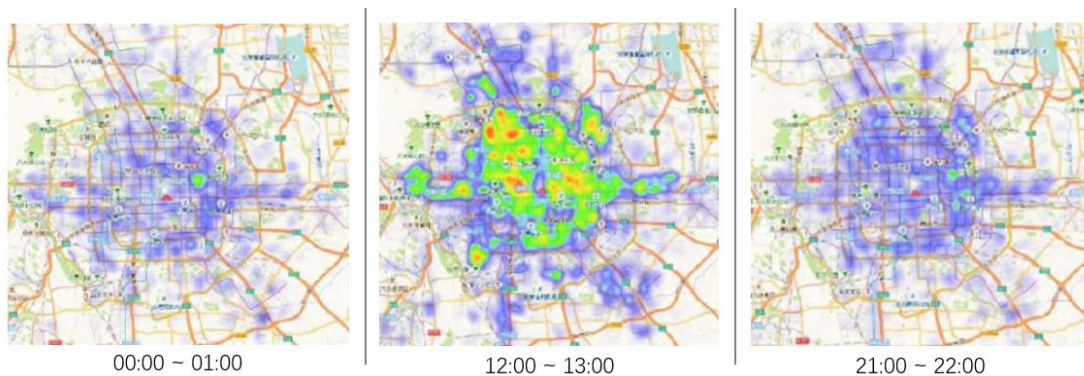


Figura 74. Mapa térmico del punto OD de diferente tiempo

(Fuente: Elaboración propia)

En comparación con el pico temprano, el efecto de agregación de flujo del pico tardío es más obvio. El ciclismo de 12:00 a 13:00 se distribuye principalmente en los comedores de colegios y universidades y cerca de los distritos de negocios. Se sugiere que esta la situación en la que los estudiantes universitarios y el personal del distrito comercial salgan a almorzar en bicicleta. Diagrama termodinámico durante las 21:00 p.m. hasta las 22:00 p.m. demuestra que el ciclismo se distribuye principalmente en Wangjing, Chaoyangmen, Wudaokou, China Pekín World Towers y otros distritos de negocios durante este período, que deberían ser para compras de ocio por la noche.

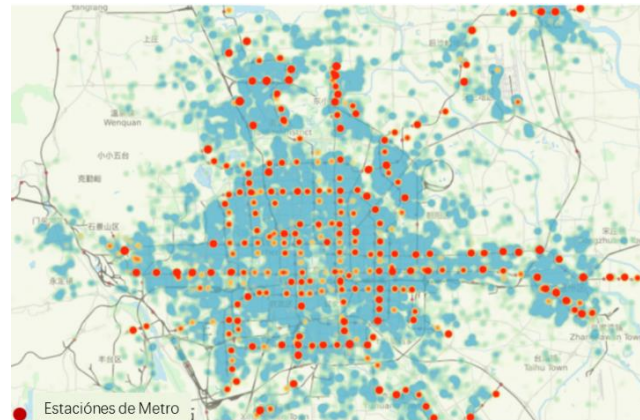


Figura 75. Distribución de la distancia de uso de la bicicleta
(Fuente: El papel blanco de la industria del ciclismo Mobike 2017)

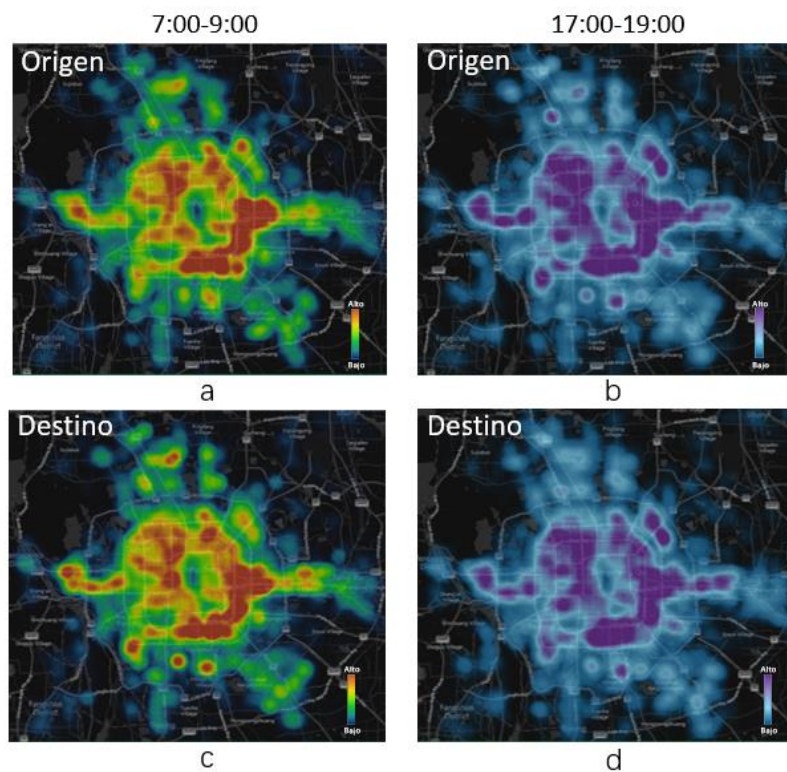


Figura 76. Mapa térmico de los puntos de OD por los días laborales
(Fuente: Elaboración propia)

Después de lo cual, nos enfocamos en los picos tempranos y tardíos de los días laborales y los fines de semana. La distancia de viaje en bicicleta compartida es corta y los puntos de inicio y finalización están cerca, lo que sirve como conexión de las rutas de trabajo alrededor de las estaciones de autobús o metro. Por lo tanto, los puntos de inicio y finalización del ciclismo son simétricos en su conjunto, cuya diferencia es insignificante.

En general, la intensidad de los puntos calientes en la quinta circunvalación es significativa durante la jornada laboral, lo que refleja una densidad de población relativamente alta y la alta intensidad de las actividades residenciales en este anillo (Fig.76). La distribución espacial del segundo y cuarto anillo de circunvalación es relativamente uniforme, y la densidad fuera del cuarto anillo de circunvalación disminuye gradualmente.

En la dirección noroeste, hay áreas de reunión importantes como el área del Parque Tecnológico Zhongguancun y universidades cercanas entre el tercer y cuarto anillo de circunvalación, lo que hace que esta zona del sureste al noroeste se conviertan en las áreas más densas. Simultáneamente, hay algunas áreas concentradas con una capacidad de ciclismo relativamente alta en el quinto anillo de circunvalación (Fig.77).



Figura 77. Mapa de puntos de Origen populares por el pico temprano
(Fuente: Elaboración propia)

Estas áreas están relacionadas con los principales círculos empresariales, distritos de oficinas y grandes áreas residenciales en Pekín, como el Parque Tecnológico Zhongguancun, Xizhimen, el Worker's Stadium, Hujialou, China Pekín World Towers, etc. Los puntos críticos de ciclismo son principalmente activos a lo largo de las líneas de metro, como las líneas 10, 4, 14, 6, 1 y 2 del metro, así como en estaciones como Fuchengmen, Fuxingmen, Songjiazhuang y Xizhimen. Los puntos críticos se concentran

cerca de centros de trabajo, centros comerciales y grandes áreas residenciales, lo que indica que más residentes eligen estas rutas para ir y venir del trabajo. (Fig.78)



Figura 78. Estaciones del metro con el mayor flujo de bicicletas compartidas y las líneas populares de metro
(Fuente: Elaboración propia)

El uso de la bicicleta puede ser un indicador que ayuda a identificar los distritos con gran potencial para convertirse en comunidades de desarrollo orientadas al tránsito.

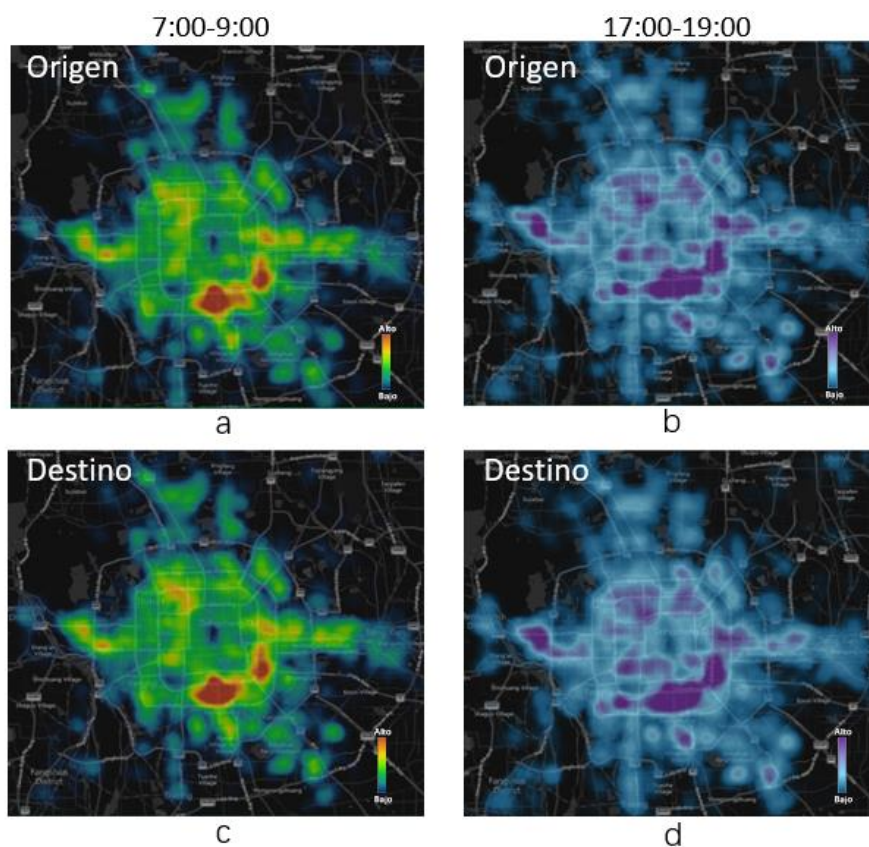


Figura 79. Mapa térmico de los puntos de OD por los fines de semana
(Fuente: Elaboración propia)

La figura 78 muestra los puntos calientes de viajes en bicicleta compartida en Pekín marcados por la estación de metro. Estas áreas son normalmente centros de trabajo, centros comerciales, colegios y universidades, centros de transporte multimodo o

comunidades residenciales de alta densidad. Cuando las ciudades desarrollan sus visiones de TOD a largo plazo, estas áreas merecen una atención adicional y pueden usarse como pilotos para probar estrategias de desarrollo basadas en varias combinaciones de usos del suelo, actividades económicas y servicios de transporte público

En los días de descanso, la mayoría de los residentes no necesitan ir a trabajar y viajan libremente. Los primeros puntos calientes pico son relativamente pocos y dispersos. Limitado el área, varios círculos de negocios populares como el Parque Tecnológico Zhongguancun, la calle Finance, China Pekín World Towers, etc., aún no han formado una gran escala. Durante el período no pico, hay una gran diferencia en la cantidad de viajes en comparación con el mismo período de jornada laboral, que básicamente está en línea con la vida matutina del fin de semana. El número de puntos calientes en el pico tardío aumentó gradualmente, y el área y el grado de agregación de puntos calientes en varios círculos comerciales importantes aumentaron gradualmente. Por lo tanto, se puede resumir que la distribución de los puntos críticos de viaje de los residentes varía de un día de trabajo a otro, y cambia con el tiempo. (Fig.79 y 80)

Por lo tanto, es factible que saquemos ciertas conclusiones:

Debido a que la vida diaria de los residentes es regular durante la semana, hay picos obvios en la mañana y en la tarde. Por el contrario, hay más tiempo de viaje durante los días de descanso con un pico temprano, pero hay un pico tardío extremadamente obvio. En días laborables, los picos de la mañana tienen una cohesión significativa y los picos tardíos tienen una expansión significativa.

En los días laborales, se puede ver que en muchas líneas de metro desde el sureste de la 3.^a circunvalación hasta la 4.^a circunvalación del noroeste y áreas cercanas, la relación de esalto volumen, además las altas áreas de oficinas comerciales son zonas de alta frecuencia para viajar. Los puntos críticos se concentran principalmente en el Parque Tecnológico Zhongguancun, Financial Street, CBD y otras áreas. Por el contrario, los hotspots de equitación en el fin de semana aparecen en las cercanías de los círculos de negocios recreativos y de ocio y están relativamente dispersos.



Figura 80. Mapa de puntos de Destino populares por el pico tardío
(Fuente: Elaboración propia)

6.4.5 Análisis del flujo de trayecto

Desde el mapa de análisis, proporcionamos el mapa de jurisdicción de la oficina de bloque de Beijing City Lab como base para las zonas de tráfico, este mapa contiene 108 bloques (Fig.81).

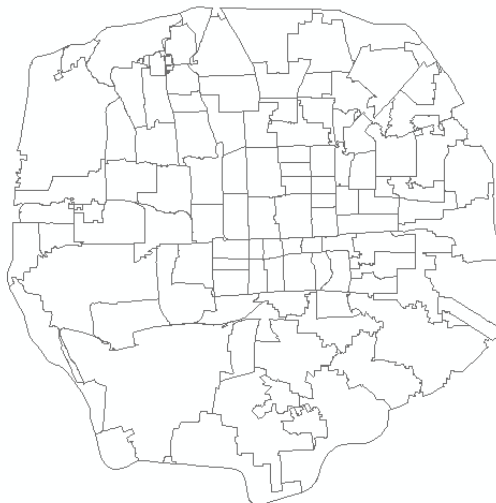
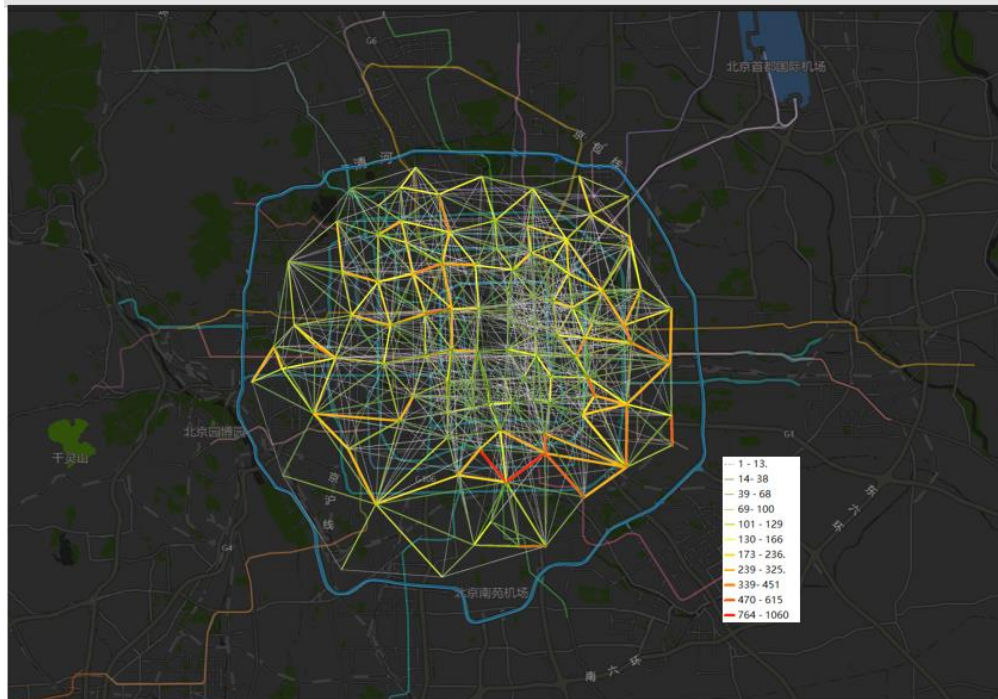


Figura 81. Mapa de jurisdicción de la oficina de bloque de Beijing City Lab
(Fuente: Beijing City Lab,2017)

A continuación, se analiza el flujo de tráfico promedio diario de lunes a viernes o fines de semana. En el primer lugar, hacemos coincidir los datos OD con la zona de tráfico con el uso de ArcGIS

Simultáneamente, los tiempos de conmutación OD entre cada dos bloques de tráfico se cuentan para formar una matriz de conmutación OD. Finalmente, se visualiza en ArcGIS para mostrar el flujo de trayecto a través de los colores y el grosor de línea.

(1) Según el flujo general de la bicicleta durante la jornada laboral, la principal solución para compartir bicicletas es el viaje de corta distancia, y las actividades en bicicleta en el segundo y cuarto anillo son extremadamente activas.(Fig.82)



Figuran 82. Análisis de flujo de trayecto por los por los días laborales
(Fuente: Elaboración propia)

Entre ellos, la dirección de las rutas de viaje OD en la parte oriental es más complicada. La mayoría de las rutas giran principalmente alrededor del CBD, Shuangjing, Sihui Dawang Road y otras grandes áreas residenciales comerciales.

En el noroeste, la zona del ciclismo está cerca de la Universidad Renmin de China, la Universidad Tsinghua, la Universidad de Pekín y otros distritos universitarios, así como el famoso Parque Científico y Tecnológico Zhongguancun, donde se reúnen una gran cantidad de talentos de alta tecnología.

La ruta con el flujo de tráfico más grande apareció en las áreas residenciales de alta densidad de Songjiazhuang, Fangzhuang y Dahongmen entre el tercer y cuarto anillo. Refleja que el modo de viaje verde se ha popularizado ampliamente y que la bicicleta compartida ha resuelto con éxito el problema del "último kilómetro" de los viajes de los residentes. La posibilidad de compartir bicicletas cerca de edificios de oficinas y

universidades muestra que los jóvenes son la fuerza principal para compartir bicicletas.

El efecto de aglomeración espacial esperado del ciclismo en el área central de la segunda circunvalación en Pekín no tiene características obvias. La intrincada relación entre áreas comerciales y residenciales y el bajo grado de agrupamiento de áreas funcionales en áreas urbanas antiguas son base importante para explicar este fenómeno.

(2) Los fines de semana, el volumen de tráfico de bicicletas compartidas se ha reducido considerablemente y las líneas OD se han vuelto más claras (Fig.83).

Las rutas rojas de alto flujo se encuentran básicamente en áreas residenciales de alta densidad o áreas comerciales conocidas y lugares de vida y ocio, como las áreas residenciales del sur de Songjiazhuang-Dahongmen-Xiluoyuan, las áreas residenciales de Jinsong en el tercer anillo oriental, las áreas mixtas residenciales comerciales de Shuangjing , El centro comercial Chaoyang Dayuecheng, el centro comercial Xidan en el segundo anillo occidental, el distrito comercial en la esquina suroeste de Fengtai del cuarto anillo y algunos lugares escénicos en la zona oriental de la quinta circunvalación. Estos datos están en línea con las características de los residentes que salen a comer, beber y jugar los fines de semana.

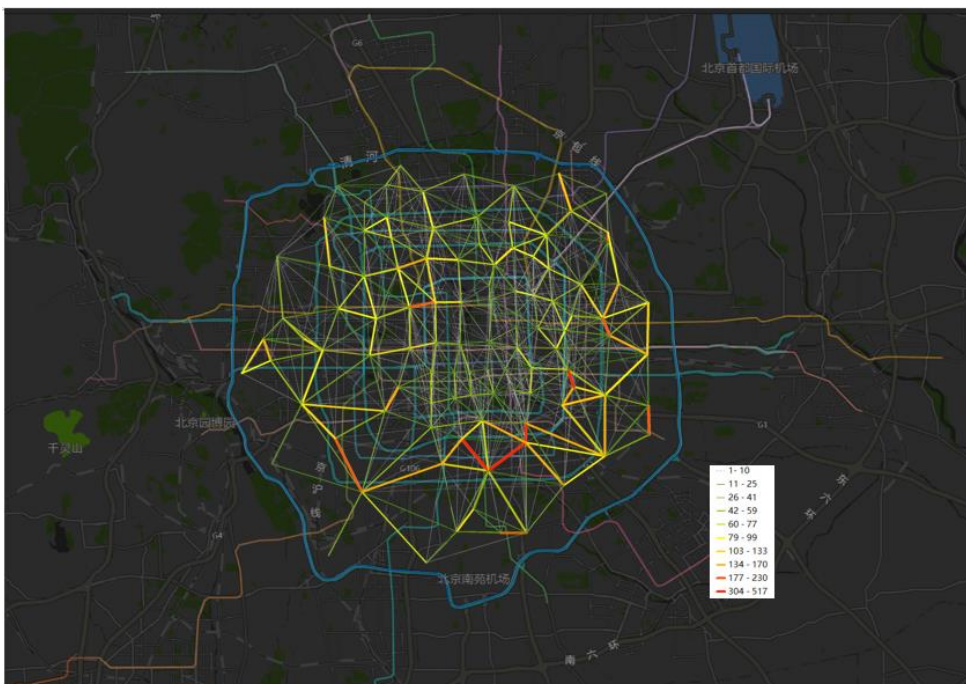


Figura 83. Análisis de la ruta de flujo del trayecto los fines de semana

(Fuente: Elaboración propia)

(3) Además, también observamos el volumen de desplazamiento OD durante las horas pico de la mañana. La diferencia del efecto de aglomeración espacial es más obvia, lo que refleja la distribución ocupacional y residencial hasta cierto punto en las principales áreas urbanas de Pekín (Fig.84).

Las rutas con un volumen de trayecto promedio de más de 100 se distribuyen principalmente en áreas residenciales desde la zona Sur del Tercer anillo de circunvalación hasta la zona Sur del cuarto anillo de circunvalación, áreas de investigación científica y educación en el noroeste de Tercer anillo de circunvalación, y nuevas oficinas y áreas residenciales en Wangjing(Fig. 84)

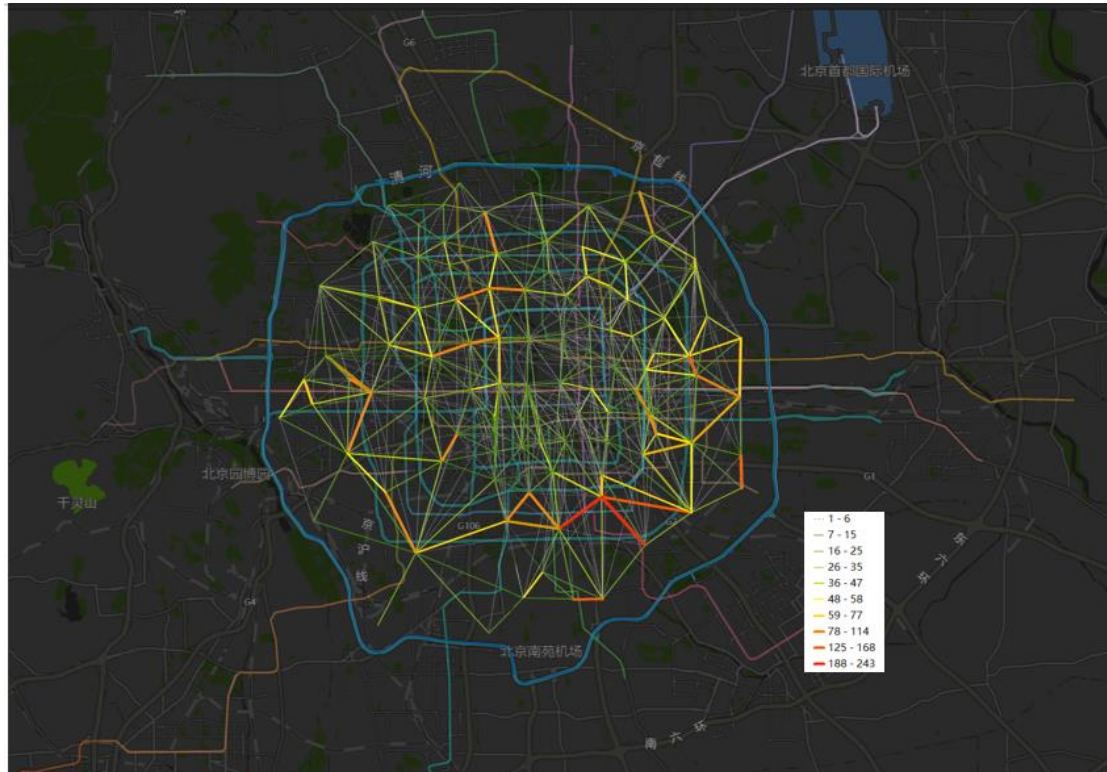


Figura 84. Análisis flujo de trayecto por el pico temprano

(Fuente: Elaboración propia)

En definitiva, el pico de CBD temprano atrae los viajes más concentrados en el este, principalmente atrae a viajeros de Sihui, Dingfuzhuang, Tongzhou y Yanjiao. Desde el punto de vista de la división de calles, las principales calles atrayentes del CBD durante el pico temprano son las calles Balizhuang, Hujialou, Jianwai, Liulitun, Shuangjing, Gaobeidian, Nanmofang, Pinghuang, Yongshun y Changying.

Las líneas del alto flujo en el sur son más largas que las del norte, lo que indica que hay una mayor demanda de bicicletas compartidas y que hay más áreas ciegas para las conexiones de transporte público.

Otro aspecto que vale la pena señalar es que los puntos populares de cercanías muestran que el viaje de bicicletas compartidas a menudo está estrechamente relacionado con la conexión de las estaciones de metro.

6.4.6 Distribución de la demanda de bicicletas compartidas en diferentes usos del suelo

(1) La relación entre los PDI y los puntos de OD del viaje de bicicletas compartidas. Además de las viviendas y empresas, los usuarios de bicicletas compartidas viajan a más servicios de ocio y entretenimiento. Los puntos de interés de las escenas de viajes de corta distancia son más ricos y diversificados, lo que también satisface las necesidades de viajes de alta frecuencia y diversidad de los residentes.

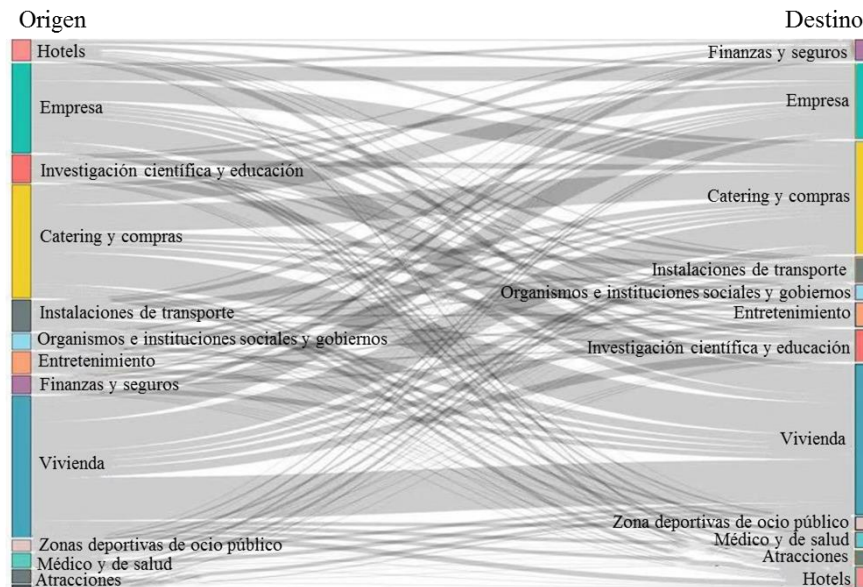


Figura 85. Sankey Charts de análisis flujo de trayecto con los PDI

(Fuente: El papel blanco de la industria del ciclismo Mobike 2017)

Además, en virtud de la superposición y el análisis de los datos de PDI y los datos de bicicleta en Pekín, se encontró que la intensidad de la actividad de ciclismo en áreas con tipos de PDI ricos y alta densidad es mayor.

Finalmente, analizamos estadísticamente las demandas diarias de Mobike en relación a los diferentes usos de suelo. Primero, sumamos el número de puntos OD en cada tierra. Y el ratio de demanda ($\text{= número de viajes por hora} / \text{número de viajes por día}$) se distribuye en las 24 horas del día.

Como se muestra en la Fig.86,

(1) Zona industrial

El índice de renta alcanza el pico entre las 7:00 y las 8:00 entre semana, luego disminuye significativamente con el tiempo y es relativamente estable en el pico en los días de descanso.

(2) Zona de servicio público

Hubo un pico doble significativo (8: 00-9: 00) y un pico pequeño al mediodía en los días laborales. El fin de semana muestra varios picos pequeños, lo que indica la diversidad de actividades (visitas al médico, actividades de ocio y culturales) de los viajeros de fin de semana.

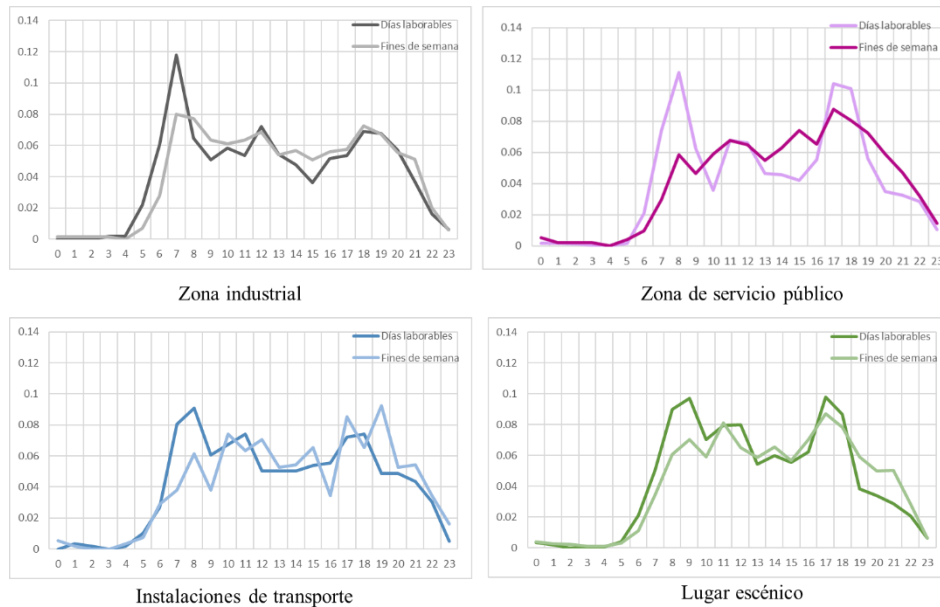


Figura 86. Distribución de la demanda de bicicletas compartidas en diferentes usos del suelo

(Fuente: Elaboración propia)

(3) Instalaciones de transporte

Como el resultado de la identificación de uso de suelo es la estación de tren o aeropuerto, los picos tempranos y tardíos no son obvias; y es que la ratio de demanda está relacionada con la hora de salida del tren o el vuelo.

(4) Lugar escénico

Es el único con la demanda más alta los fines de semana que los días laborales. El pico del día de la semana es menos obvio que otras áreas. Y el pico temprano del fin de semana apareció a las 10, con picos más pequeños, en línea con las características de los viajes de fin de semana.

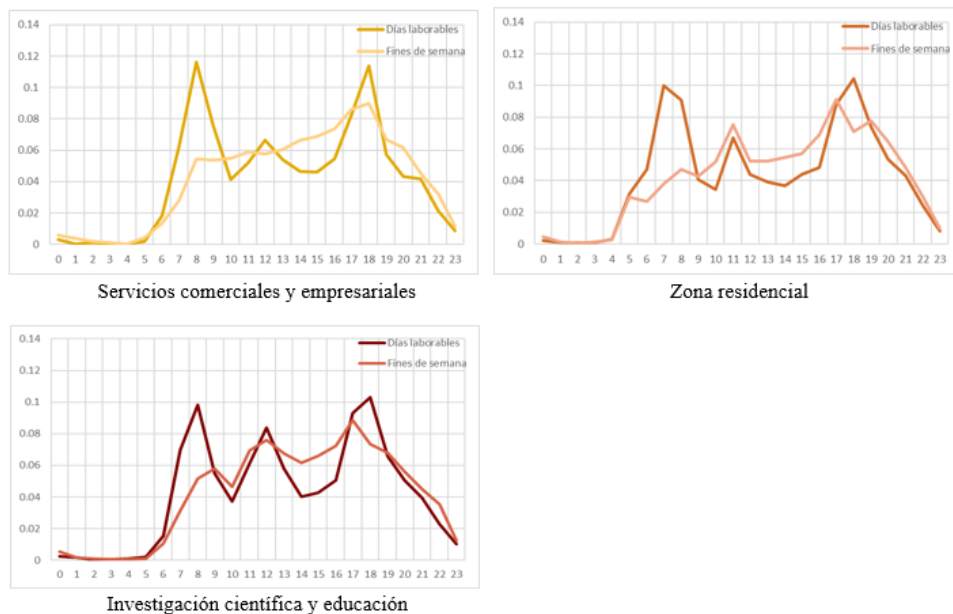


Figura 86. Distribución de la demanda de bicicletas compartidas en diferentes usos del suelo

(Fuente: Elaboración propia)

(5) Zona residencial y zona de servicios comerciales y empresariales

La regla de variación del pico de trabajo en el área comercial es similar, y el pico doble es muy significativo. Sin embargo, el pico temprano en el área residencial es una hora antes que el área comercial, que está en línea con los hábitos de las personas de ir a trabajar y volver a casa. Y el pico en el área comercial es relativamente estable y la demanda aumenta en las noches de fin de semana.

Del mismo modo, en el área comercial había un pequeño pico a las 8,11, 17y19, que podría interpretarse como comidas, compras y otras actividades de los residentes.

(6) Investigación científica y educación

Debido a la gran cantidad de universidades y parques científicos y tecnológicos, hay tres picos principales los días laborales., que están en línea con las características de vida de los estudiantes y empleados. La mayoría de las personas salen a comer de 11 a 1.

Capítulo 7. Conclusión y Discusión

Esta tesis utiliza big data de espacio-tiempo de bicicletas compartidas para explorar las características de los viajes de los residentes de Pekín. A través de una serie de representaciones de datos visuales, estamos de acuerdo en que las bicicletas compartidas son una buena solución para el problema de la "última milla" de la ciudad. El área con alta densidad de PDI también tiene una gran cantidad de puntos de ciclismo. Sin embargo, después de analizar el flujo de conmutación de OD, encontramos que el flujo máximo no está en el CBD, sino en la zona residencial de alta capacidad y densidad dentro la cuarta circunvalación.

Al mismo tiempo, combinados con datos de red de carreteras y datos de puntos de interés para identificar las áreas funcionales urbanas en la Quinta circunvalación de Pekín, construimos un modelo de cálculo basado en la proporción del área de puntos de interés y obtuvimos 7 tipos de uso del suelo. A través de los resultados de identificación, se encuentra que el área interior de la Quinta Circunvalación de Pekín consiste principalmente en zona residencial, zona de ciencia y educación, entretenimiento comercial y servicio público, mientras que el área industrial se distribuye principalmente en el límite del Quinto Anillo. La infraestructura en la región oriental es más completa que en el oeste, y la región norte tiene un mayor nivel de urbanización que la región sur.

Finalmente, en base a los resultados identificados del uso de la tierra, comparamos la demanda de ciclismo para diferentes propiedades de uso del suelo y encontramos que cada uso de suelo urbano tiene una característica de distribución de tiempo. Por ejemplo, el número de viajes de fin de semana en lugares escénicos es más que eso en días laborables, y el terreno para la educación en ciencia y tecnología también ha experimentado picos obvios de 11:00 a 13:00.

Además, también evaluamos las limitaciones y ventajas de los datos tradicionales y los

grandes datos, con la esperanza de combinarlos mejor en futuros estudios urbanos. Los resultados muestran que el método de clasificación de los usos de suelo con relación a los datos de los puntos de interés tiene un buen efecto sobre el reconocimiento y la división de la tierra funcional urbana en Pekín. Resuelve los problemas de baja puntualidad y difícil adquisición de datos de investigación existentes. Simultáneamente, evita los pasos complejos de usar datos de detección remota y datos de trayectoria de peatones para clasificar la tierra funcional.

Cabe señalar que, aunque el método de PDI tiene las ventajas anteriores, en sus futuras aplicaciones, aún debemos considerar la incertidumbre y la incompletitud de los datos de PDI del mapa de Internet. En particular, cuando los datos de PDI se recopilan principalmente a través de crowdsourcing, los problemas anteriores serán más importantes. Además, en el proceso de análisis del área funcional urbana, la escala debe considerarse en la división de cuadrícula de las áreas funcionales. El tamaño de las cuadrículas celulares puede tener un ligero impacto en las conclusiones del estudio. Una importante dirección de investigación futura es reconocer y dividir áreas funcionales con escalas adaptativas combinando datos de tráfico en carretera y el método de segmentación multiescala a partir de imágenes de teledetección.

Las deficiencias de este estudio son las siguientes:

(1) El método de identificación de uso de suelo funcional urbano propuesto en este documento no ha logrado los resultados esperados para la precisión de la identificación de suelo industrial urbano y de instalaciones de tráfico.

Esto se debe principalmente al hecho de que este estudio se divide en bloques a gran escala y no puede identificar parte del área pequeña real, como estacionamiento, terrenos comerciales a lo largo de la calle, etc.

(2) Función de tierra mixta. Algunas funciones terrestres pueden ser inferiores a otras. Por ejemplo, las escuelas intermedias y primarias pueden estar rodeadas de comunidades residenciales dentro de una cuadra. Restaurantes y tiendas también forman parte del espacio. Sin embargo, podemos interpretar esta región como una zona residencial en lugar de terrenos educativos o terrenos comerciales. Usar una división más fina (es decir, nivel de construcción) puede ayudar con el problema. En el estudio de seguimiento, la escala de separación debería ser más refinada para lograr la definición precisa del uso del suelo urbano de varios tipos funcionales.

También, para los suburbios y otras áreas con baja densidad de construcción, datos de interés escaso y tierras descubiertas de América, las áreas con más tierras cultivadas no se pueden clasificar. Se sugiere que las investigaciones futuras consideren la combinación de otros datos para lograr una identificación y división de alta precisión del terreno funcional de toda la ciudad.

(3) Los métodos de verificación precisos para identificar áreas funcionales son inmaduros,

y la interpretación artificial es subjetiva.

(4) Las bicicletas compartidas, que están estacionadas sin pilas y sirven principalmente para la conexión de transporte público, no pueden registrar el tiempo de viaje del residente por completo, ni pueden reflejar completamente la naturaleza residencial de los lugares populares para el viaje del residente.

(5) Aunque los big data son en tiempo real, rápidos y grandes, filtran la información social de muchos usuarios en el proceso de adquisición, como el género, el ingreso, la edad, esto perderá toda la muestra y la aleatoriedad.

La adquisición de datos tradicional también debe considerarse, destacando las ventajas de ambos.

Bibliografía

1. Charleux, L., 2015. A modification of the time-geographic framework to support temporal flexibility in 'fixed' activities. *International Journal of Geographical Information Science*, 29, 1125–1143. doi:10.1080/13658816.2015.1009464
2. Chen, B.Y., et al., 2013. Reliable space-time prisms under travel time uncertainty. *Annals of the Association of American Geographers*, 103, 1502–1521. doi:10.1080/00045608.2013.834236
3. Miller, H.J., 1991. Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5, 287–301. doi:10.1080/02693799108927856
4. Miller, H.J., 2005. A measurement theory for time geography. *Geographical Analysis*, 37, 17–45. doi:10.1111/gean.2005.37. Issue -1
5. Li, D., et al., 2013. Geomatics for smart cities: concept, key techniques, and applications. *Geospatial Information Science*, 16, 13–24. doi:10.1080/10095020.2013.77280
6. Kuijpers, B. and Othman, W., 2009. Modeling uncertainty of moving objects on road networks via space-time prisms. *International Journal of Geographical Information Science*, 23, 1095–1117. doi:10.1080/13658810802097485
7. Kwan, M.-P., 2000. Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: a methodological exploration with a large data set. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8, 185–203. doi:10.1016/S0968-090X(00)00017-6
8. Nakaya, T., 2013. Analytical data transformations in space-time region: three stories of space-time cube. *Annals of the Association of American Geographers*, 103, 1100–1106. doi:10.1080/00045608.2013.792184
9. Yue, Y., et al., 2014. Zooming into individuals to understand the collective: a review of trajectory-based travel behaviour studies. *Travel Behaviour and Society*, 1, 69–78. doi:10.1016/j.tbs.2013.12.002
10. Tao, T.; Guo, X.; Li, J.; Huang, Y. Operating characteristics of a public bicycle-sharing system based on the status of stations: Case study in Nanning City, China. In *Proceedings of the Transportation Research Board 96th Annual Meeting, Washington, DC, USA, 8–12 January 2017*.
11. Froehlich, J.; Neumann, J.; Oliver, N. Sensing and Predicting the Pulse of the City through Shared Bicycling. *Ijcai Int. Jt. Conf. Artif. Intell.* 2009, 3, 1420–1426.
12. Fishman, E.; Washington, S.; Haworth, N. Bike share: A synthesis of the literature. *Transp. Rev.*

2013, 33, 148–165.

13. Fishman, E. Bikeshare: A review of recent literature. *Transp. Rev.* 2016, 36, 92–113. 13. Fishman, E.; Washington, S.; Haworth, N.; Watson, A. Factors influencing bike share membership: An analysis of Melbourne and Brisbane. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2014, 71, 17–30.

14. Zhu, W.; Pang, Y. Travel behavior change after the introduction of public bicycle systems: Case study in Minhang District, Shanghai. In *Proceedings of the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, Washington, DC, USA, 13–17 January 2013.*

15. Pfrommer, J.; Warrington, J.; Schildbach, G.; Morari, M. Dynamic vehicle redistribution and online price incentives in shared mobility systems. *Ieee Trans. Intell. Transp. Syst.* 2014, 15, 1567–1578.

16. Ahmed, F.; Rose, G.; Jacob, C. Impact of weather on commuter cyclist behaviour and implications for climate change adaptation. In *Proceedings of the ATRF 2010: 33rd Australasian Transport Research Forum, Canberra, Australia, 29 September–1 October 2010.*

17. Fishman, E.; Washington, S.; Haworth, N. Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2014, 31, 13–20.

18. Buck, D.; Buehler, R.; Happ, P.; Rawls, B.; Chung, P.; Borecki, N. Are bikeshare users different from regular cyclists? A first look at short-term users, annual members, and area cyclists in the Washington, D.C., Region. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2013, 2387, 112–119.

19. Wu, F.; Xue, Y. Innovations of Bike Sharing Industry in China—A Case Study of Mobike's Station-Less Bike Sharing System. Ph.D. Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2017

20. Shi, J.; Si, H.; Wu, G.; Su, Y.; Lan, J. Critical factors to achieve dockless bike-sharing sustainability in China: A stakeholder-oriented network perspective. *Sustainability* 2018, 10, 2090

21. Xiaoyi, Z.; Wenwen, Li.; Feng Z, Renyi, L.; Zhenhong, D. Identifying Urban Functional Zones Using Public Bicycle Rental Records and Point-of-Interest Data. *Licensee MDPI, Basel, Switzerland*, 2018, 11, AZ 85287-5302

22. Froehlich, J.; Neumann, J.; Oliver, N. Sensing and Predicting the Pulse of the City through Shared Bicycling. In *Proceedings of the 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Pasadena, CA, USA, 11–17 July 2009; pp. 1420–1426.*

23. Brien, O.; Cheshire, J.; Batty, M. Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. *J. Transp. Geogr.* 2014, 34, 262–273

24. Novak J, Ahas R, Aasa A, et al. Application of mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization: a pilot study of Estonia[J]. *Journal of Maps,*

2013, 9(1): 10-15.

25. Joh C H, Hwang C A. A time-geographic analysis of trip trajectories and land use characteristics in Seoul metropolitan area by using multidimensional sequence alignment and spatial analysis[C]//2010 AAG Annual Meeting, Washington, DC. Abstract available online: [http://meridian.aag.org/call for papers/program/Abstract Detail.cfm](http://meridian.aag.org/call%20for%20papers/program/Abstract%20Detail.cfm). 2010.

26. Zhong C, Huang X, Arisona S M, et al. Inferring building functions from a probabilistic model using public transportation data[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2014, 48: 124-137.

27. Liu Y, Wang F, Xiao Y, et al. Urban land uses and traffic 'source-sink areas': Evidence from GPS-enabled taxi data in Shanghai[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 106(1): 73-87.

28. Qi G, Li X, Li S, et al. 2011. Measuring social functions of city regions from large-scale taxi behaviors[C]//Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2011, IEEE International Conference on. IEEE, 384-388.

29. Pan G, Qi G, Wu Z, et al. 2013. Land-use classification using taxi GPS traces[J]. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*. 14(1):113-123

30. Guindon B, Zhang Y, Dillabaugh C. 2004. Landsat urban mapping based on a combined spectral-spatial methodology[J]. *Remote sensing of environment*, 92(2): 218-232.

31. Graham S, Marvin S. 2002. Telecommunications and the city: Electronic spaces, urban places[M]. Routledge.

32. Xinyi N; Liang D; Xiaodong S. Understanding 2014-06, Urban Spatial Structure of Shanghai Central City Based on Mobile Phone Data[J]. *Urban Planning Forum*, 984-113

33. Biao C, Wenyuan Z, et al. Regional travel feature clustering based on passenger flow data [J]. *Computer Research and Development*, 2014, 51(12):2653-2662.

34. Yanwei C, Yue S, Xiujun M, et al. Temporal and spatial data collection and management of Beijing residents' activities and travel behaviors [J]. *Geographic research*, 2013, (03): 441-451.

35. Liu Y, Xiao W, Song G, et al. Review of human mobility research based on location-aware devices [J]. *Geography and Geographic Information Science*, 2011, 27 (4): 8-13.

36. Guan Zhichao, Yan Yi. Based on mobile phone data traffic planning, construction, management decision support application research [J]. *The 9th China-Country International*, 2012

37. Shili C, Haiyan T, Xuliang L, et al. Urban functional land identification based on latent semantic information-Guangzhou floating car GPS spatiotemporal data mining [J]. *Journal of Geographical*

Sciences, 2016, 71 (03): 471-483.

38.Liu L, Hou A, Biderman A, et al. Understanding individual and collective mobility patterns from smart card records: A case study in Shenzhen. In: International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, 2009: 1-6.

39.Liu Y, Wang F, Xiao Y, et al. Urban land uses and traffic 'source-sink areas': Evidence from GPS-enabled taxi data in Shanghai. In: Landscape and Urban Planning, 2012, 106(1): 73-87.

40.Long Y, Thill J C. Combining smart card data and household travel survey to analyze jobs-housing relationships in Beijing. In: Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 53: 19-35.

41.Ai W, Zhuang D, Liu Y Z. The variation of urban land use in Beijing in the last one hundred years. In: Geo-information Science, 2008, 10(4): 489-493.

42.FENG J, ZHOU Y. The social spatial structure of Beijing Metropolitan Area and its evolution: 1982-2000. In: Geographical Research, 2003, 4: 008.

43.Jiang S, Ferreira Jr J, Gonzalez M C. Discovering urban spatial-temporal structure from human activity patterns. In: Proceedings of the ACM SIGKDD international workshop on urban computing. ACM, 2012: 95-102.

44.Kuang W. Spatio-temporal patterns of intra-urban land use change in Beijing, China between 1984 and 2008. In: Chinese Geographical Science, 2012, 22(2): 210-220.

45. Huang, B., Wu, Q., and Zhan, F.B., 2007. A shortest path algorithm with novel heuristics for dynamic transportation networks. International Journal of Geographical Information Science, 21, 625-644. doi:10.1080/13658810601079759

46. Chen Z D, Qiao B W, Zhang J. Identification and spatial interaction of urban functional regions in Beijing based on the characteristics of residents' traveling[J]. Journal of Geo-information Science, 2018,20(3):291-301.]DOI:10.12082/dqxxkx.2018.170531

47.Soto V, Frías-Martínez E. 2011. Automated land use identification using cell-phone records[C] //Proceedings of the 3rd ACM international workshop on MobiArch. ACM, 17-22.

48.Toole J L, Ulm M, González M C, et al. 2012.Infering land use from mobile phone activity[C]// Proceedings of the ACM SIGKDD international workshop on urban computing. ACM, 1-8