

Reexamen de la construcción en Shanghai de un centro global de innovación científica y tecnológica en el marco de los grandes cambios: basado en la perspectiva dual de "cooperación de conocimientos" y "combinación de conocimientos"

Sobre el Autor

cao Zhan, Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana, Universidad Tongji, desde Profesor asistente, Tutor principal, Laboratorio clave de tecnología de planificación inteligente terrestre y espacial, Ministerio de Recursos Naturales, 1989caozhan@tongji.edu.cn

Li Zhuoxin, Maestría en Arquitectura y Planificación Urbana, Universidad de Tongji Estudiante de posgrado, autor correspondiente, 2230116@tongji.edu.cn

Tener puesto Liang, profesor asociado de la Escuela de Administración Pública de la Universidad de Finanzas y Economía de Nanjing, Maestro Instructor

Peng Zhenwei es profesor y supervisor de doctorado en la Escuela de Arquitectura y Planificación Urbana de la Universidad de Tongji y en el Laboratorio Clave de Ecología de Asentamientos Humanos de Alta Densidad y Conservación de Energía del Ministerio de Educación.

Resumen El "Plan Maestro Urbano de Shanghai (2017-2035)" propone el objetivo y la visión de construir un "centro global de innovación científica y tecnológica". Sin embargo, desde la aprobación del plan maestro, Shanghai ha enfrentado grandes desafíos en la promoción de la construcción de un centro global de innovación científica y tecnológica en medio de importantes cambios no vistos en un siglo. La "Red Global de Cooperación de Conocimiento" y la "Red Global de Combinación de Conocimiento" se construyen utilizando datos en papel de ciencia y tecnología global, y se analizan las características cambiantes de Shanghai en el panorama global de innovación científica y tecnológica durante el período de grandes cambios. Los resultados muestran que: frente a los cambios en el entorno externo, el estatus de Shanghai en la red global de cooperación en conocimiento aún no ha mejorado significativamente, pero todavía hay una brecha en comparación con los principales centros mundiales de innovación científica y tecnológica; los "dos sectores" de Shanghai Las funciones han experimentado ajustes estructurales: la extroversión se redujo significativamente, la introversión aumentó significativamente; Shanghai ocupa una posición central en la red global de combinación de conocimientos, tiene ventajas comparativas significativas en los campos de aplicación de ingeniería tradicionales, pero está relativamente rezagado en los campos básicos de frontera emergentes; las ciencias y La ruta de desarrollo de la innovación tecnológica muestra "dependencia de la ruta". Es una característica que coexiste con la "actualización de ruta", pero también existe el riesgo de "bloqueo de ruta".

Palabras clave Shanghai; centro global de innovación científica y tecnológica; grandes cambios; red de cooperación de conocimientos; red de combinación de conocimientos

La innovación científica y tecnológica es el primer motor del desarrollo económico y el progreso social, y se ha convertido en el principal campo de batalla de la competencia global y los juegos estratégicos

del siglo XXI^[1]. La llegada de una nueva ronda de revolución científica y tecnológica ha revertido el paradigma anterior de investigación científica y de investigación y desarrollo tecnológico: por un lado, la innovación científica y tecnológica depende cada vez más de una cooperación abierta a gran escala para lograr la actualización continua de los conocimientos existentes. base de conocimiento y compartir los riesgos en el proceso de innovación y costo^[2-3]; por otro lado, la innovación científica y tecnológica depende cada vez más de cruces exploratorios entre campos. La integración cruzada de diferentes disciplinas de vanguardia continúa generando nuevas ideas científicas y teorías científicas, y la reconstrucción y reorganización de diferentes tecnologías avanzadas, creando continuamente nuevos escenarios futuros y espacios de mercado^[4,5]. En otras palabras, el proceso de innovación científica y tecnológica contemporánea tiene sus raíces en dos tipos diferentes de redes: una es una "red de cooperación del conocimiento" formada por la interacción colaborativa de diferentes sujetos de innovación, y la otra está formada por conocimientos heterogéneos en diferentes campos. de manera específica, la "red de combinación de conocimientos" formada por combinación^[6]. En la feroz competencia global de ciencia y tecnología, ocupar la posición central de la red de cooperación del conocimiento significa tener un fuerte control sobre los recursos de innovación, los canales de información y los activos de relación. Ocupar la posición central de la red de combinación de conocimientos significa tener un fuerte control sobre las oportunidades de combinación de conocimientos y Potencial de campo cruzado Fuerte capacidad de control. Las ciudades son incubadoras de innovación, proporcionando las necesarias economías de aglomeración, efectos de escala, protección ambiental y apoyo político a la innovación^[7,8]. La construcción de un "centro global de innovación científica y tecnológica" se ha convertido en un importante punto de partida para que todos los países participen activamente en la nueva ola de revolución científica y tecnológica, promuevan la competitividad nacional y transformen las viejas y nuevas fuerzas impulsoras^[9]. En 2015, con el fin de adaptarse a las nuevas tendencias de la competencia científica y tecnológica global y del desarrollo económico, y enfrentar la estrategia nacional de desarrollo impulsada por la innovación, el Comité Municipal del Partido y el Gobierno Municipal de Shanghai emitieron las "Opiniones sobre la aceleración de la construcción de un Centro de Innovación en Ciencia y Tecnología Globalmente Influyente", que inició la promoción de la globalización en Shanghai. El telón de la construcción del Centro de Innovación en Ciencia y Tecnología. En 2017, el Consejo de Estado aprobó el "Plan Maestro Urbano de Shanghai (2017-2035)" (en adelante, "Plan Maestro de Shanghai 2035"). El Plan Maestro de Shanghai 2035 propone el objetivo general de que Shanghai se convierta en una "ciudad global excelente", y amplíe las cuatro funciones centrales de economía, finanzas, comercio y transporte marítimo internacionales y agrega la función de "centro global de innovación científica y tecnológica"^[10-11]. Convertir a Shanghai en un centro global de innovación científica y tecnológica no es sólo una tarea importante y una misión estratégica confiada a Shanghai por el Comité Central del Partido, sino también la única manera de que Shanghai avance en un desarrollo de alta calidad y mejore el nivel energético y La competitividad central se acerca a las principales ciudades del mundo. También es la única manera de que China avance hacia la ciencia y la tecnología mundiales. Un apoyo importante para el avance de los países poderosos^[12]. Sin embargo, desde que Shanghai se estableció oficialmente como un centro mundial de innovación científica y tecnológica, se han producido cambios drásticos en el entorno de desarrollo tanto externo como interno: cambios importantes no vistos en un siglo se han combinado con la pandemia global del siglo, la competencia entre El panorama es complejo y en constante cambio: el unilateralismo, el proteccionismo y el hegemonismo están en aumento, lo que representa una amenaza para la paz y el desarrollo mundiales. La globalización ha encontrado contracorrientes y dificultades económicas. El impulso de la recuperación ha sido débil^[13]. En 2018, Estados Unidos provocó unilateralmente una "guerra comercial" contra China en un intento de frenar el rápido ascenso de China en su estatus internacional, y las fricciones económicas y comerciales entre China y Estados Unidos se intensificaron

dr á sticamente. Posteriormente, la contenci ó n de China por parte de Estados Unidos se extendi ó r á pidamente del campo econ ó mico y comercial al campo de la innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica, y mediante controles administrativos, procedimientos judiciales, presi ó n diplom á tica y alianzas, suprimi ó el desarrollo cient í fico y tecnol ó gico de China en todos los aspectos. cort ó unilateralmente la cooperaci ó n cient í fica y tecnol ó gica transnacional, y China y La tendencia de " desacoplamiento tecnol ó gico " entre Estados Unidos y sus aliados se ha intensificado, y algunos campos tecnol ó gicos clave est á n " estancados " . En mayo de 2022 , la revista "Nature" public ó un informe relevante sobre la cooperaci ó n cient í fica y tecnol ó gica entre China y Estados Unidos, se ñalando que bajo la influencia del " desacoplamiento tecnol ó gico " entre China y Estados Unidos, el monto total de la cooperaci ó n en investigaci ó n cient í fica entre China y Estados Unidos mostr ó una disminuci ó n " similar a un acantilado " de 2019 a 2021 . Como importante punto de apoyo estrat é gico para que el pa í s construya una potencia cient í fica y tecnol ó gica, Shanghai se enfrenta en primer lugar a importantes desaf í os provocados por cambios profundos en el entorno interno y externo. Si bien se adhiere inquebrantablemente al objetivo de Shanghai de promover la construcci ó n de un centro mundial de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica, es necesario realizar un an á lisis en profundidad de la evoluci ó n y las tendencias de desarrollo de Shanghai en el panorama mundial de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica durante el per í odo de grandes cambios. Esto es esencial para juzgar con precisi ó n la estrategia de Shanghai para construir un centro global de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica, implementar el efecto y ajustar el despliegue estrat é gico en funci ó n de la situaci ó n. En vista de esto, este estudio parte de la dimensi ó n de investigaci ó n cient í fica, utiliza datos en papel altamente citados de Clarivate Analytics (Indicadores cient í ficos esenciales , ESI) y se dirige a 700 ciudades importantes de todo el mundo para construir una " red global de cooperaci ó n en conocimiento " y una " red global de cooperaci ó n en conocimiento " . red de combinaci ó n de conocimientos " , analizando las caracter í sticas cambiantes de la posici ó n de Shanghai en el mapa global de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica durante el per í odo de grandes cambios (2017-2022) desde las dos dimensiones de cooperaci ó n y combinaci ó n de conocimientos, analizando los desaf í os actuales y las tendencias futuras en contra. los principales centros de innovaci ó n en ciencia y tecnolog í a, y ayudar a Shanghai a avanzar en la construcci ó n de un centro global de innovaci ó n en ciencia y tecnolog í a .

1Revisi ó n te ó rica

global de innovaci ó n en ciencia y tecnolog í a: connotaci ó n y extensi ó n

El concepto de "centro global de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica" surgi ó por primera vez del estudio de la historia de la ciencia y se utiliza para referirse a aquellos pa í ses que encendieron la mecha de explosiones tecnol ó gicas y desencadenaron una ola de cambios cient í ficos y tecnol ó gicos en la historia. de la civilizaci ó n humana ^[14]. Desde la d é cada de 1980, algunos ge ó grafos econ ó micos han observado que la ciencia de vanguardia y las tecnolog í as clave a menudo se concentran en un n ú mero muy pequeño de ciudades de los pa í ses desarrollados, que son el principal motor del desarrollo econ ó mico nacional y agravan la diferenciaci ó n del patr ó n mundial. ^[15]. Desde entonces, la discusi ó n y la investigaci ó n sobre los centros globales de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica se han trasladado del nivel nacional al nivel de las ciudades, y han surgido muchos resultados en t é rminos de definici ó n de connotaciones, sistemas de evaluaci ó n y comparaciones internacionales, que han tenido un amplio impacto en la formulaci ó n de pol í ticas nacionales y de innovaci ó n urbana [16].

En t é rminos de definici ó n de connotaci ó n: Du Debin y otros ^[16] creen que un centro global de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica es una ciudad con recursos concentrados de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica y una amplia gama de logros cient í ficos y tecnol ó gicos, que lideran la transformaci ó n de la

ciencia mundial. y paradigma tecnológico-industrial, y ocupando una posición dominante en el mapa global de innovación científica y tecnológica; Ciencia y Tecnología Global El centro de innovación tiene dos funciones básicas de investigación científica e investigación y desarrollo tecnológico, y dos funciones derivadas de impulso industrial y liderazgo cultural. Muestra dominio funcional, jerarquía estructural, aglomeración espacial, alto nivel industrial e incluso cultural en el panorama global de innovación científica y tecnológica^[9,17]. En términos de sistemas de evaluación y **comparaciones internacionales**, los resultados relevantes provienen principalmente de think tanks u organizaciones de consultoría empresarial, como el "Índice de Innovación Global (GlobalInnovationIndex)" de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y el "Índice de Innovación Urbana" publicado del grupo de expertos australiano "2thinknow" (InnovationCityIndex)", el "Índice del Centro Internacional de Innovación en Ciencia y Tecnología" publicado por la Universidad de Tsinghua y el "Índice de Desarrollo del Centro de Innovación Global en Ciencia y Tecnología" publicado por la Universidad Normal del Este de China. Estos estudios tienen un importante valor de referencia para aclarar la connotación de los centros globales de innovación científica y tecnológica, rastrear el proceso geográfico de la evolución del panorama global de innovación científica y tecnológica, y para que los países y ciudades formulen políticas de innovación científica y tecnológica.

Los estudios anteriores se centran principalmente en la dotación de elementos de recursos de la ciudad, el apoyo institucional ambiental y la producción de conocimientos científicos y tecnológicos, y en general pueden considerarse como un paradigma de investigación y evaluación basado en la lógica lineal "input-output". Este paradigma tiene implicaciones importantes para las políticas relevantes. Es más difícil encontrar el punto de partida para la acción en términos de formulación y lanzamiento, pero son sólo las condiciones necesarias para la innovación, pero no condiciones suficientes. Hasta cierto punto, ignoran la complejidad y la no-linealidad de la innovación científica y tecnológica contemporánea. En la era actual de explosión tecnológica en constante cambio, cualquier tecnología de punta o de vanguardia inevitablemente quedará obsoleta y eliminada en algún momento en el futuro^[18-19]. Por lo tanto, para un análisis en profundidad de la connotación de los centros globales de innovación en ciencia y tecnología, podemos romper con la lógica básica de "input-output" y llevar a cabo discusiones extensas basadas en los cambios y tendencias en los paradigmas contemporáneos de innovación en ciencia y tecnología. Como se mencionó al principio de este artículo, las dos características más destacadas de la innovación científica y tecnológica contemporánea son la colaboración abierta a gran escala y el cruce de conocimientos entre dominios. Por lo tanto, para las ciudades que son centros globales de innovación científica y tecnológica, además de la dotación de recursos y el apoyo institucional, integrarse a la red global de cooperación en conocimiento y ocupar la posición central de la red también son formas efectivas de adquirir continuamente nuevos conocimientos y evitar quedarse atrapados en el camino.^[20] Al mismo tiempo, además de prestar atención a la producción de conocimiento, debemos prestar más atención a la forma de producirlo. En comparación con la innovación incremental formada por la combinación de conocimientos homogéneos en el mismo campo, la innovación revolucionaria formada por la combinación de conocimientos heterogéneos en diferentes campos es más creativa^[21].

1.2 Perspectiva de red dual: "red de cooperación en conocimiento" y "red de combinación de conocimiento"

"Red de Cooperación del Conocimiento" enfatiza el importante papel de la interacción abierta y los recursos externos en el desarrollo de la innovación urbana. La innovación científica y tecnológica contemporánea presenta una complejidad sistémica sin precedentes, una naturaleza interdisciplinaria más profunda y amplia y riesgos e incertidumbres más importantes, por lo que depende cada vez más del

establecimiento de redes de cooperación multiescala y multidimensionales^[21]. Los recursos de la base tecnológica local urbana son limitados. Participar activamente en la cooperación en innovación transfronteriza y formar una red de colaboración son opciones inevitables para mantener y mejorar la competitividad de la innovación y evitar la dependencia de la trayectoria y el bloqueo de la tecnología^[22]. Al establecer y acceder a redes de cooperación externa, las ciudades pueden obtener nuevos conocimientos e información externos y lograr la autorrenovación, la optimización y el ajuste^[20], por lo que la estrategia de innovación abierta ha sido muy elogiada^[23]. En términos de investigación empírica: Mat-Thiessen et al.^[24] utilizaron datos de WoS para estudiar las características estructurales, las jerarquías y los procesos de evolución de las redes globales de cooperación en conocimiento de ciudades. Sin embargo, las muestras en las que se centraron fueron principalmente ciudades europeas y americanas, por lo que es difícil representar completamente el panorama mundial de la innovación científica y tecnológica y el rápido crecimiento de las ciudades en las nuevas economías; Gui Qinchang et al.^[25] utilizaron datos de WoS para construir y analizar redes de cooperación en investigación científica en más de 900 ciudades de todo el mundo, y exploró más a fondo el impacto de la proximidad multidimensional en la estructura de la red, pero no desarrolló un análisis histórico; Cao Zhan et al.^[3] utilizaron datos de WoS para analizar las características evolutivas de las redes de cooperación en investigación científica en más de 500 ciudades en todo el mundo de 2006 a 2018, y se centró en analizar el ascenso de las ciudades chinas.

"red de combinación de conocimientos" enfatiza el papel decisivo de la dinámica endógena de la evolución del conocimiento en el desarrollo de la innovación urbana. El nacimiento de nuevos conocimientos proviene de la combinación y reconstrucción de los conocimientos existentes^[26]. Por ejemplo, en 2021, el sistema de inteligencia artificial AlphaFold desarrollado por DeepMind pudo predecir 214 millones de estructuras de proteínas de más de 1 millón de especies, cubriendo casi todas las proteínas conocidas en la Tierra, logrando un enorme progreso sin precedentes en el campo de la predicción de estructuras de proteínas. Este avance innovador surge de la fusión cruzada de conocimientos relevantes en el campo de la inteligencia artificial y conocimientos en el campo de la biología estructural. Este proceso también puede considerarse como el proceso de reconstrucción de diferentes combinaciones de conocimientos en una red de combinación de conocimientos. La formación de redes de conocimiento no es aleatoria: el hecho de que diferentes conocimientos puedan formar combinaciones valiosas y significativas y formar innovaciones efectivas depende no sólo de la comprensión, absorción y aplicación de los mismos por parte del sujeto de la innovación, sino también de la autoorganización interna objetiva entre estos conocimientos, lógicamente^[27]. Debido a la racionalidad limitada de los temas innovadores, las características de búsqueda local y la incertidumbre de la combinación de conocimientos, la combinación y reconstrucción de conocimientos a menudo se limitan a campos científicos y tecnológicos maduros en las ciudades^[28]. En otras palabras, el éxito de la combinación de conocimientos depende de la correlación (relación) entre diferentes conocimientos. Una correlación más alta indica que los sujetos innovadores en la ciudad tienen una base cognitiva similar para estos diferentes conocimientos, y las industrias relacionadas tienen una base cognitiva similar. Para estos diferentes conocimientos, la utilización y el procesamiento tienen infraestructura y métodos de gestión similares^[29]. Los geógrafos económicos llaman a esta ley la "ley de asociación"^[30]. La ley de correlación explica el mecanismo dinámico de la formación y evolución de redes de combinación de conocimiento desde un nivel micro. El resultado directo es que la innovación urbana muestra características significativas de dependencia de la trayectoria, es decir, la generación de nuevo conocimiento urbano está limitada por su base de conocimiento existente.^[29]

Sin embargo, existe heterogeneidad entre los diferentes conocimientos: algunos conocimientos muy complejos, incluso si tienen una alta correlación con el conocimiento existente de la ciudad, es difícil para todas las ciudades dominarlos con habilidad y combinarlos libremente. Por ejemplo, en 2022, uno de los diez principales avances científicos seleccionados por la revista Science fue la investigación en profundidad y la innovación revolucionaria de los científicos chinos sobre el arroz híbrido perenne. Aunque muchos países y regiones de todo el mundo poseen conocimientos relacionados con el cultivo y la producción de arroz, es extremadamente difícil desarrollar y cultivar arroz híbrido específico, de alta calidad y alto rendimiento, lo que requiere una enorme cantidad de acumulación de conocimientos, equipo científico, y talentos científicos. Los altos requisitos a menudo solo son dominados por unos pocos países y lugares. En otras palabras, lo que determina la competitividad de la innovación tecnológica urbana es un conocimiento de vanguardia altamente complejo, pero a menudo es difícil de copiar e imitar y solo lo dominan unas pocas ciudades^[31]. Aunque es extremadamente difícil estudiar y desarrollar este tipo de conocimiento complejo, también tiene grandes beneficios^[32].

Por lo tanto, al superponer la dimensión de complejidad del conocimiento sobre la base de la dimensión de relevancia del conocimiento, se puede construir un marco analítico para explicar y juzgar las oportunidades de combinación de conocimiento urbano y las vías de desarrollo innovadoras^[33]. Como se muestra en la Figura 1, altamente relevante para la base de conocimiento local, con bajo riesgo de recombinación y explotación (alta relevancia); el cuadrante inferior derecho indica que la ciudad posee conocimiento con menores retornos (baja complejidad) y menor riesgo de recombinación y explotación (alta relevancia), pero existe la posibilidad de caer en la dependencia del camino; el cuadrante superior izquierdo indica que si bien el conocimiento que posee la ciudad puede generar mayores retornos (alta complejidad), es menos relevante para la base de conocimiento local, requiere mucha inversión, y tiene riesgo de fracaso (baja relevancia); el cuadrante inferior izquierdo indica que el conocimiento que posee la ciudad no solo tiene bajos retornos (baja complejidad), sino que también tiene altos riesgos de reorganización y utilización (baja relevancia).), y es propenso a bloquear la ruta.

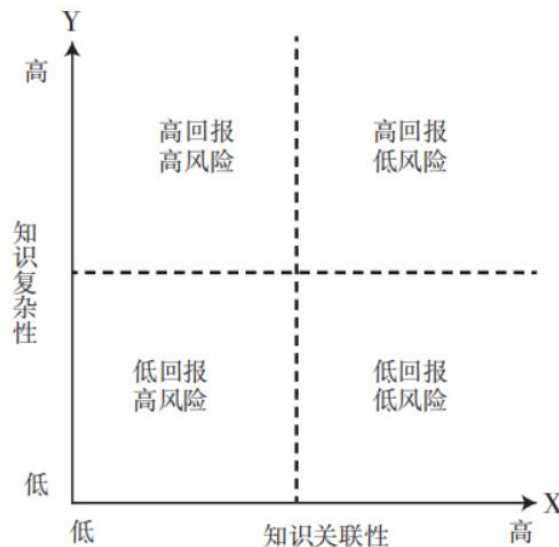


Figura 1 Marco de análisis de oportunidades de combinación de conocimientos y vías de desarrollo innovadoras

Los artículos científicos son una forma importante de producción de innovación científica y tecnológica. Este estudio utiliza datos de artículos altamente citados de Clarivate Analytics ESI, selecciona 700 ciudades importantes de todo el mundo con referencia a la serie de estudios GaWC y utiliza la información de co-ocurrencia de direcciones de las instituciones de investigación en el artículo y la información de co-ocurrencia del tema. campo al que pertenece el artículo para construir una "red global de colaboración de conocimiento" y una "red global de cartera de conocimiento". A finales de 2017, el secretario general Xi Jinping hizo la importante valoración de "un cambio importante no visto en un siglo". A principios de 2018, Estados Unidos lanzó una "guerra comercial" y una "guerra tecnológica" integrales contra China. Este estudio utiliza el año 2018 como línea divisoria entre el período anterior y posterior a los grandes cambios, y considerando el "desfase temporal" entre el proceso de investigación y la publicación del artículo, se seleccionan dos ventanas temporales de 2015-2017 y 2020-2022 para agregar. Los datos originales analizan comparativamente las características cambiantes de Shanghai en el panorama global de innovación científica y tecnológica antes y después de los grandes cambios.

2.1 Construcción y análisis de una red global de cooperación en conocimiento.

En primer lugar, los datos sobre los artículos muy citados se obtienen en lotes de la base de datos WoS, la información de la dirección de las instituciones de investigación de cada artículo se resume a la escala de la ciudad y los artículos que contienen dos o más ciudades diferentes se excluyen. Luego, construya una matriz de conexión de cooperación en ciencia y tecnología de la ciudad: si las instituciones de investigación de un artículo colaborativo de ciencia y tecnología están ubicadas en n ciudades diferentes, entonces hay $n \times (n-1)/2$ cooperaciones entre ciudades en el artículo, y las conexiones de cooperación entre dos ciudades cualesquiera La fuerza es 1. Al resumir y superponer todos los documentos colaborativos, se puede construir una red de cooperación en conocimiento entre ciudades. El grado de conectividad de una ciudad en la red es la suma de todas las conexiones cooperativas entre ciudades durante el período de estudio. Cuanto mayor sea el grado de conectividad, más fuerte será el control de recursos y las capacidades de derrame que tiene en la red.

Este estudio realiza análisis desde dos dimensiones: nodos (ciudades individuales) y bordes (pares de ciudades). Para la dimensión de nodo, para facilitar la comparación horizontal entre ciudades, la conectividad de la red se trata como un porcentaje (relación con la conectividad máxima de la red). Para examinar los cambios diacrónicos, se utilizó como referencia el indicador "cambio de conectividad estandarizado" (en adelante denominado "cambio estandarizado") de los métodos de Derudder et al. ^[34] y Cao Zhan et al. ^[3]. El método de cálculo específico no se describirá nuevamente. Utilizando este método, nos centramos en observar los cambios en la conectividad de cooperación entre Shanghai y otras ciudades nacionales y extranjeras durante el período de estudio, y juzgamos los cambios en el centro de conexión de Shanghai en la red global de cooperación del conocimiento.

2.2 Construcción y análisis de la red global de cartera de conocimientos

La construcción de la red de combinación de conocimientos utiliza la información de clasificación de temas en los datos del documento WoS. WoS ha desarrollado un conjunto de estándares de clasificación de temas para todas las revistas académicas y monografías incluidas, que cubren 254 categorías de temas. Cuando se incluye un artículo, se clasificará en una o más áreas temáticas según este estándar. En este estudio, si un artículo se divide en diferentes áreas temáticas al mismo tiempo, se considera que los resultados de la investigación involucran combinaciones de conocimientos heterogéneas en diferentes áreas temáticas y forman una red de combinación de conocimientos. Como se señaló anteriormente, la correlación es la principal fuerza impulsora para la formación y evolución de redes de combinación de

conocimientos. Al calcular la correlación entre diferentes conocimientos, se puede determinar el peso de los bordes de la red y seguir construyendo la red de conocimientos. Este estudio se centró principalmente en las ciencias naturales, sin considerar las humanidades, las artes y las ciencias sociales, y finalmente incluyó 194 áreas temáticas en el análisis computacional. La operación específica se refiere al método de probabilidad mínima de coocurrencia propuesto por Hidalgo et al. [35] para identificar el conocimiento del sujeto de que cada ciudad tiene una ventaja comparativa revelada y construir una matriz 0-1 de dos modelos de conocimiento de la ciudad [35].

$$RCA_{c,i} = \frac{\text{paper}_{c,i} / \sum_i \text{paper}_{c,i}}{\sum_c \text{paper}_{c,i} / \sum_e \sum_i \text{paper}_{c,i}} \quad (1)$$

$$M_{c,i} = \begin{cases} 1, & RCA_{c,i} \geq 1 \\ 0, & RCA_{c,i} < 1 \end{cases} \quad (2)$$

La fórmula es pesada: $Artículo_{c,i}$ es el número de artículos publicados por la ciudad c en el campo temático i . Binarice todos los resultados del cálculo de RCA y construya la matriz tecnológica de ventaja comparativa relativa de la ciudad $M_{c,i}$. Luego, basándose en la probabilidad condicional mínima de que dos campos diferentes tengan ventajas comparativas en la misma ciudad al mismo tiempo, calcule la correlación $\Phi_{i,j}$ entre diferentes campos temáticos, con $\Phi_{i,j}$ como el borde ponderado y el campo científico como el nodo, se puede construir Red de combinación de conocimientos:

$$\phi_{i,j} = \min\{P(RCA_{c,i}, RCA_{c,j}), P(RCA_{c,j}, RCA_{c,i})\} \quad (3)$$

Comparar diferentes ciudades en redes de portafolios de conocimiento. La heterogeneidad estructural de la ciudad se sitúa en el marco analítico de la Figura 1 para examinar la combinación de conocimientos que posee la ciudad. modelo de reunión y desarrollo, se necesitan más conocimientos de cálculo Densidad y complejidad de asociación. La densidad de correlación de conocimientos es principalmente Se utiliza para medir el grado de correlación entre un determinado conocimiento de la ciudad y la estructura general del conocimiento de la ciudad. Este estudio adopta el método de cálculo de densidad de correlación propuesto por Balland et al. [33], centrándose principalmente en el conocimiento con ventajas comparativas relativas en las ciudades:

$$RDC_i = \frac{\sum_{j \in c, j \neq i} \phi_{i,j} \times MC_j}{\sum_{j \neq i} \phi_{i,j}} \times 100 \quad (4)$$

Hidalgo y otros [32] fueron pioneros en un algoritmo de complejidad basado en la iteración de matrices de vectores propios. Su supuesto central es que los productos o tecnologías con alta complejidad solo son propiedad de unas pocas regiones, mientras que los productos o tecnologías con baja complejidad pueden ser propiedad de la mayoría de las regiones. tener. Tacchella et al.[36] mejoraron este método y propusieron un algoritmo de complejidad basado en iteración no lineal. Este proyecto utiliza el método de Tacchella et al. para calcular la complejidad técnica de la ciudad. La expresión es la siguiente:

$$\tilde{KCI}_c^{(n)} = \sum_i MC_{c,j} KCI_c^{(n-1)} \quad KCI_c^{(n)} = \frac{KCI_c^{(n)}}{\langle KCI_c^{(n)} \rangle_c}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{KCI}_c^{(n)} = \frac{1}{\sum_i MC_{c,j} \frac{1}{KCI_c^{(n-1)}}} \\ KCI_i^{(n)} = \frac{KCI_i^{(n)}}{\langle KCI_i^{(n)} \rangle_i} \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} KCI_c^{(n)} = \frac{KCI_c^{(n)}}{\langle KCI_c^{(n)} \rangle_c} \\ KCI_i^{(n)} = \frac{KCI_i^{(n)}}{\langle KCI_i^{(n)} \rangle_i} \end{array} \right. \quad (5)$$

En la fórmula, el valor inicial de la complejidad técnica urbana se establece en $\tilde{KCI}_c^{(n)} = 1$ y el valor inicial de la complejidad en un determinado campo técnico se establece $\tilde{KCI}_i^{(n)} = 1$. $MC_{c,j}$ representa si la tecnología i de la ciudad c tiene una ventaja comparativa relativa. Después de completar cada iteración n , la $\tilde{KCI}_c^{(n)}$ suma $\tilde{KCI}_i^{(n)}$ se normaliza para obtener $KCI_c^{(n)}$ la suma $\tilde{KCI}_i^{(n)}$. $KCI_c^{(n)}$ y $KCI_i^{(n)}$ son $\tilde{KCI}_c^{(n)}$ la complejidad urbana y tecnológica después de n iteraciones respectivamente.

3 Resultados de la investigación

3.1 Shanghai en la “ red de cooperación del conocimiento ” global bajo los grandes cambios

3.1.1 Características cambiantes de la conectividad de Shanghai

La Tabla 1 muestra las 30 principales ciudades de la red global de cooperación en materia de conocimiento. Entre ellas, las ciudades europeas y americanas siempre han tenido un evidente estatus de “ monopolio ”, y su número es significativamente mayor que el de ciudades de otras regiones. Para Shanghai, su clasificación mejoró del puesto 28 al 11 durante el período de estudio, con una tasa de crecimiento de

表1 全球城市知识合作网络中连接度排名前30的城市
Tab.1 The 30 most connected cities in the global network of interurban knowledge collaboration

排名	城市	相对连接度(2015—2017年)	城市	相对连接度(2020—2022年)
1	波士顿	100.00	伦敦	100.00
2	纽约	87.57	波士顿	98.11
3	伦敦	83.79	北京	97.83
4	北京	73.03	纽约	96.98
5	巴黎	70.59	巴黎	68.60
6	巴塞罗纳	62.13	巴塞罗纳	66.35
7	多伦多	60.95	多伦多	60.58
8	西雅图	60.55	米兰	59.95
9	马德里	58.97	西雅图	57.00
10	巴尔的摩	54.00	马德里	56.44
11	首尔	51.82	上海	54.27
12	罗马	50.62	阿姆斯特丹	52.21
13	芝加哥	50.02	巴尔的摩	51.86
14	米兰	49.49	墨尔本	51.72
15	海德尔堡	49.41	芝加哥	50.81
16	休斯敦	48.24	休斯敦	49.66
17	墨尔本	46.90	悉尼	49.55
18	柏林	46.86	费城	49.21
19	哥本哈根	46.43	罗马	49.13
20	斯德哥尔摩	45.97	首尔	48.56
21	费城	45.82	香港	46.71
22	东京	45.62	东京	44.89
23	悉尼	45.24	柏林	42.94
24	莫斯科	44.90	旧金山	41.89
25	阿姆斯特丹	44.27	阿姆斯特丹	41.86
26	阿姆斯特丹	42.54	亚特兰大	40.94
27	亚特兰大	42.43	斯德哥尔摩	39.82
28	上海	41.18	莫斯科	39.76
29	旧金山	41.12	武汉	38.53
30	华盛顿	40.92	蒙特利尔	38.34

la conectividad del 55,7% . Aunque Shanghai todavía está muy por detrás de los principales centros de innovación del mundo, como Londres, Nueva York y Boston, esta brecha se está reduciendo gradualmente. Durante el período de estudio, la intensidad de la inversión social de Shanghai en investigación y desarrollo experimental aumentó significativamente, de 104.900 millones de yuanes en 2016 a 187.500 millones de yuanes en 2022 , y su proporción en el PIB también aumentó del 3,95% al 4,20% , mucho más que el nivel nacional Promedio. Shanghai también ha mejorado rápidamente en la transformación de los logros científicos y tecnológicos: el número de transacciones de contratos científicos y tecnológicos aumentó de 11.837 en 2017 a 27.241 en 2022, y el volumen total de transacciones también aumentó de 5.000 millones de yuanes a 15.100 millones de yuanes. En términos de mejores talentos, según las estadísticas del "Nature Index" científicos de alto nivel, Shanghai tiene 11.215 científicos de alto nivel en 2021, ocupando el segundo lugar entre las 20 principales ciudades del mundo (solo superada por Beijing y por encima de Londres y En términos de instalaciones científicas importantes en Nueva York, Shanghai está construyendo una importante instalación científica "1+7+X" dirigida por el dispositivo láser de electrones libres de rayos X duros, basada en 7 grandes instalaciones científicas de fotones, como la Fuente de Luz de Shanghai. y respaldado por instalaciones en otros campos., formando el grupo de instalaciones científicas más grande del mundo con los tipos más completos y las funciones de servicio integrales más sólidas. Lo anterior muestra que desde que se aclaró el objetivo y la visión de "una ciudad global excepcional" en 2017, A pesar del contexto de grandes cambios y complejos En el panorama político y económico internacional en constante cambio, Shanghai todavía se ha integrado efectivamente en la red global de cooperación en conocimiento, con una conectividad significativamente mejorada, una mayor inversión y producción en I+D, una optimización continua de los talentos científicos y tecnológicos y equipo científico y capacidades de innovación significativamente mejoradas. Sin embargo, a escala nacional, todavía existe una gran brecha entre Shanghai y Beijing.

30 principales ciudades de la red global de cooperación en conocimiento de ciudades en términos de conectividad

3.1.2 Características cambiantes de la dimensión de conexión de Shanghai

La Figura 2 es un histograma que compara la introversión y la extroversión según la proporción de cooperación en conocimiento nacional e internacional con respecto a la cooperación total en ciudades globales como Shanghai. Comparando las dos ventanas de tiempo, el grado de aglomeración exterior de Shanghai disminuyó significativamente y su grado de radiación interior aumentó significativamente. Su papel de "dos sectores" ha experimentado cambios significativos durante el período de grandes cambios. Beijing tiene una tendencia de cambio similar a la de Shanghai. En comparación, las orientaciones hacia adentro y hacia afuera de Londres y Nueva York no han cambiado significativamente, lo que indica que el "desacoplamiento tecnológico" tiene un impacto insignificante en la dimensión espacial de sus conexiones cooperativas, y que China, como su colaborador, es hasta cierto punto reemplazable. . de.

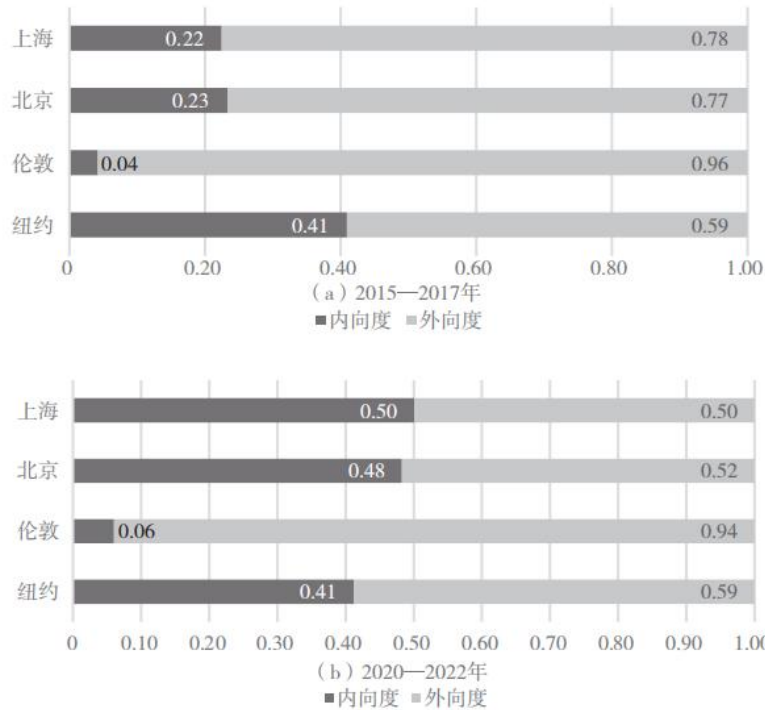


Figura 2 Introversi ó n y extroversi ó n en Shanghai, Beijing, Londres y Nueva York

La Tabla 2 muestra los valores de cambio estandarizados de la intensidad de cooperaci ó n de las 20 principales ciudades nacionales y extranjeras con intensidad de cooperaci ó n entre ciudades con Shanghai durante los dos per í odos de tiempo. La l ó gica de c á lculo es la siguiente: primero, seleccione las 20 principales ciudades nacionales y extranjeras con una fuerte conexi ó n entre ciudades con Shanghai de 2015 a 2017 y de 2020 a 2022, y realice el procesamiento de uni ó n, obteniendo as í 24 ciudades chinas y 30 ciudades extranjeras. Luego, se utiliz ó el m étodo de Cao Zhan y otros [3] para calcular el valor de cambio estandarizado de la intensidad de la cooperaci ó n entre estas ciudades y Shanghai en los dos per í odos. Si el valor de cambio estandarizado es positivo, significa que el crecimiento de la intensidad de la cooperaci ó n entre ciudades excede la expectativa general; si el valor de cambio estandarizado es cercano a 0, significa que el cambio en la intensidad de la cooperaci ó n entre ciudades tiende a ser consistente con la expectativa general; si el valor de cambio estandarizado es negativo, significa que la intensidad de la cooperaci ó n entre ciudades La intensidad de la cooperaci ó n est á aumentando a un ritmo m ás lento que las expectativas generales. De los resultados se desprende que: por un lado, afectado por el "desacoplamiento tecnol ó gico" entre China y Estados Unidos, el foco de la cooperaci ó n transnacional en materia de conocimientos de Shanghai se ha desplazado de Am érica del Norte a Europa. Por otro lado, el interior de la cooperaci ó n interna en materia de conocimientos de Shanghai contin úa expandi éndose, extendi éndose gradualmente a las regiones oeste, norte y suroeste. En general, aunque la dimensi ó n de conexi ó n de Shanghai en la red global de cooperaci ó n en conocimientos se ha visto profundamente afectada por el "desacoplamiento tecnol ó gico" entre China y Estados Unidos, desde otra perspectiva, tambi é n muestra un alto nivel de resiliencia y poder end ógeno, y de cooperaci ó n y conexi ó n. En general, el grado de cooperaci ó n aumenta constantemente y el foco de la cooperaci ó n se ha desplazado de Am érica del Norte a Europa y de los pa íses extranjeros a los nacionales.

表2 两个时段内与上海跨城合作强度排名前20城市的合作强度标准化变化值

Tab.2 Changes in standardized network connectivity between the 20 most connected Chinese/foreign cities and Shanghai during the two periods

中国城市	与上海合作强度的标准化变化值	外国城市	与上海的合作强度的标准化变化值
天津	2.43	柏林	1.98
西安	2.06	赫尔辛基	1.63
南京	0.86	诺丁汉	1.56
徐州	0.85	圣路易斯	1.41
广州	0.75	新西伯利亚	1.32
桂林	0.70	图森	1.17
哈尔滨	0.65	伦敦	0.96
南通	0.64	鹿特丹	0.84
青岛	0.50	华盛顿	0.60
南京	0.46	纽约	0.56
长春	0.07	都灵	0.39
武汉	-0.34	海德堡	-0.07
济南	-0.50	芝加哥	-0.10
合肥	-0.56	那不勒斯	-0.15
福州	-0.57	费城	-0.16
香港	-0.58	莫斯科	-0.30
成都	-0.62	休斯敦	-0.39
苏州	-0.64	巴尔的摩	-0.43
深圳	-0.68	蒙特利尔	-0.48
北京	-0.70	米兰	-0.57
重庆	-0.97	斯德哥尔摩	-0.67
郑州	-1.12	慕尼黑	-0.72
杭州	-1.20	罗马	-0.72
长沙	-1.51	马德里	-0.74
—	—	巴黎	-0.77
—	—	阿姆斯特丹	-0.78
—	—	巴塞罗那	-0.81
—	—	西雅图	-1.09
—	—	多伦多	-1.32
—	—	波士顿	-2.15

Tabla 2 Cambios estandarizados en la intensidad de la cooperación con las 20 principales ciudades en cooperación entre ciudades con Shanghai durante los dos períodos

3.2 Shanghai en la “red de combinación de conocimientos” global bajo los grandes cambios

3.2.1 Características cambiantes de la relevancia y complejidad de Shanghai

La Figura 3 muestra la red global de combinación de conocimientos dibujada en función de los resultados del cálculo de la correlación de conocimientos. Los bordes de la figura son las correlaciones entre diferentes áreas temáticas, que se calculan según la fórmula (3). Para facilitar la expresión visual, solo se conservan las combinaciones de conocimientos con correlaciones superiores a 0,4. Los nodos en la figura representan diferentes campos científicos de WoS, el color del nodo representa la clasificación temática ESI[®] a la que pertenece el campo científico y el tamaño del nodo representa el número total de artículos altamente citados publicados en el campo temático. En general, la red global de combinación de conocimientos muestra una estructura obvia de "núcleo - periferia", que incluye dos núcleos de conocimientos estrechamente relacionados (que se muestran en el cuadro de puntos rojos de la figura): uno se basa en la medicina clínica, la biología molecular y la genética, la inmunología, etc.; el segundo es el núcleo tradicional de ciencias aplicadas de la ingeniería a que consta de ciencias de la ingeniería, ciencia de materiales, química, etc. Dentro de estos dos núcleos existe una densa combinación interdisciplinaria y heterogénea de conocimientos. Al comparar los dos períodos, se puede encontrar que la densidad y la fuerza de correlación de la red global de combinación de conocimientos han aumentado significativamente. La densidad de la red ha aumentado de 0,057 en 2015-2017 a 0,105 en 2020-2022. La fuerza de correlación promedio entre el conocimiento en diferentes campos ha aumentado entre 2015 y 2017. Aumentó de 0,46 en 2017 a 0,47 en 2020-2022, lo que muestra que la amplitud y profundidad de las combinaciones de conocimientos globales y las intersecciones disciplinarias aumentan constantemente.

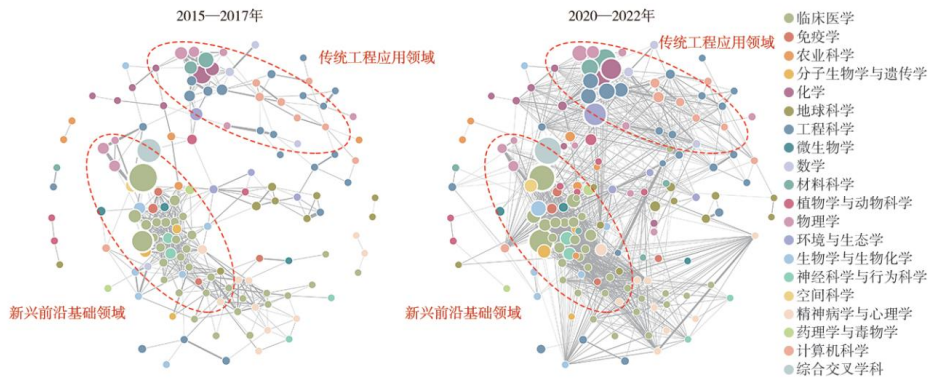


图3 全球知识组合网络的总体结构

Fig.3 The overall structure of the global network of knowledge combination

Figura 3 La estructura general de la red global de cartera de conocimientos

Según la fórmula (1) y la fórmula (2), se calculan los cambios en las disciplinas con ventajas comparativas explícitas en Shanghai durante los dos períodos. Los resultados muestran que hay 57 disciplinas con ventajas comparativas en Shanghai de 2015 a 2017, y el número aumentar a 65 de 2020 a 2022. Tomando la Figura 3 como base y superponiendo las disciplinas con ventajas comparativas en Shanghai, podemos obtener la red de combinación de conocimientos de Shanghai como se muestra en la Figura 4. Se utiliza principalmente para examinar las características de posición de las disciplinas dominantes en diferentes ciudades en el conocimiento global. red de combinación para reflejar diferentes La heterogeneidad de las rutas de desarrollo de la innovación científica y tecnológica urbana. Es fácil ver en la Figura 4 que las áreas temáticas dominantes en Shanghai de 2015 a 2017 se concentran principalmente en el núcleo de las ciencias aplicadas de la ingeniería tradicional, incluida la ciencia de los

materiales (nanociencia y nanotecnología, ciencia interdisciplinaria de los materiales), ciencias de la ingeniería (ingeniería ambiental, ingeniería química, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería de energía y combustibles), física (física aplicada, física óptica, física de la materia condensada) e informática (sistemas de información, inteligencia artificial, ingeniería de software, etc.). De 2020 a 2022, un total de 38 disciplinas ventajosas permanecieron estables, 19 disciplinas ventajosas se retiraron y entraron 27 disciplinas ventajosas. Entre ellas, las disciplinas dominantes que permanecen estables se concentran principalmente en algunos campos de la química, la maquinaria de ingeniería, la ciencia de los materiales y la física, las disciplinas dominantes que se han retirado se concentran principalmente en algunos campos de la informática, la física y las matemáticas, y las disciplinas dominantes que se han retirado se concentran principalmente en algunos campos de la informática, la física y las matemáticas. Las disciplinas dominantes que han ingresado se concentran principalmente en las ciencias de la vida, algunas áreas de la ciencia, la química, la maquinaria de ingeniería y la ciencia de los materiales. En general, el modelo de desarrollo de la estructura de conocimiento de Shanghai muestra importantes características de coexistencia de "dependencia de la ruta" y "actualización de la ruta". Si bien el campo de aplicación de la ingeniería tradicional continúa profundizándose, también continúa experimentando sucesos; además, Shanghai también tiene un local. Hay una tendencia de "avances en el camino", y gradualmente están surgiendo algunas ventajas comparativas en campos fronterizos emergentes como la biología molecular y la genética, la biología y la bioquímica.

La Figura 4 muestra las características de distribución de las disciplinas con ventaja comparativa de otros importantes centros mundiales de innovación en ciencia y tecnología (Beijing, Londres y Nueva York) en la red global de cartera de conocimientos. La distribución de las disciplinas dominantes y los patrones de combinación de conocimientos en Beijing y Shanghai son relativamente similares, y ambos se concentran en campos de aplicación de ingeniería tradicionales. Las disciplinas dominantes en Londres y Nueva York muestran características de distribución completamente diferentes en la red global de cartera de conocimientos: están más especializadas en ciencias de la vida, incluidas la medicina clínica, la neurociencia y las ciencias del comportamiento, la psiquiatría y la psicología, la biología molecular y la genética, ciencias como la biología y la bioquímica. Este resultado es consistente con los hallazgos de la investigación de Miao y otros [37]. La distribución desigual de la innovación tecnológica a escala global está estrechamente relacionada con las etapas de desarrollo socioeconómico, los factores de dotación de recursos y la evolución geohistórica de las diferentes regiones. Desde la fundación de la República Popular China, China ha formado gradualmente un sistema nacional de ciencia y tecnología en el que "la ciencia y la tecnología sirven a la defensa nacional y a la construcción económica", con especial énfasis en utilizar el desarrollo de la ciencia y la tecnología para impulsar la línea estratégica del país. China ha pasado de ser un país agrícola a ser una potencia industrial. La promoción de políticas a largo plazo ha permitido a China establecer gradualmente ventajas comparativas en campos científicos como la ingeniería, los materiales y la ingeniería química. Los países desarrollados como el Reino Unido y los Estados Unidos han entrado en la era postindustrial desde mediados del siglo XX. La proporción de la producción industrial y la manufactura tradicional en la estructura económica de estos países ha seguido disminuyendo, creando y liderando el cuarto Era de la ciencia y la tecnología marcada por la biología de sistemas. Una revolución tecnológica.

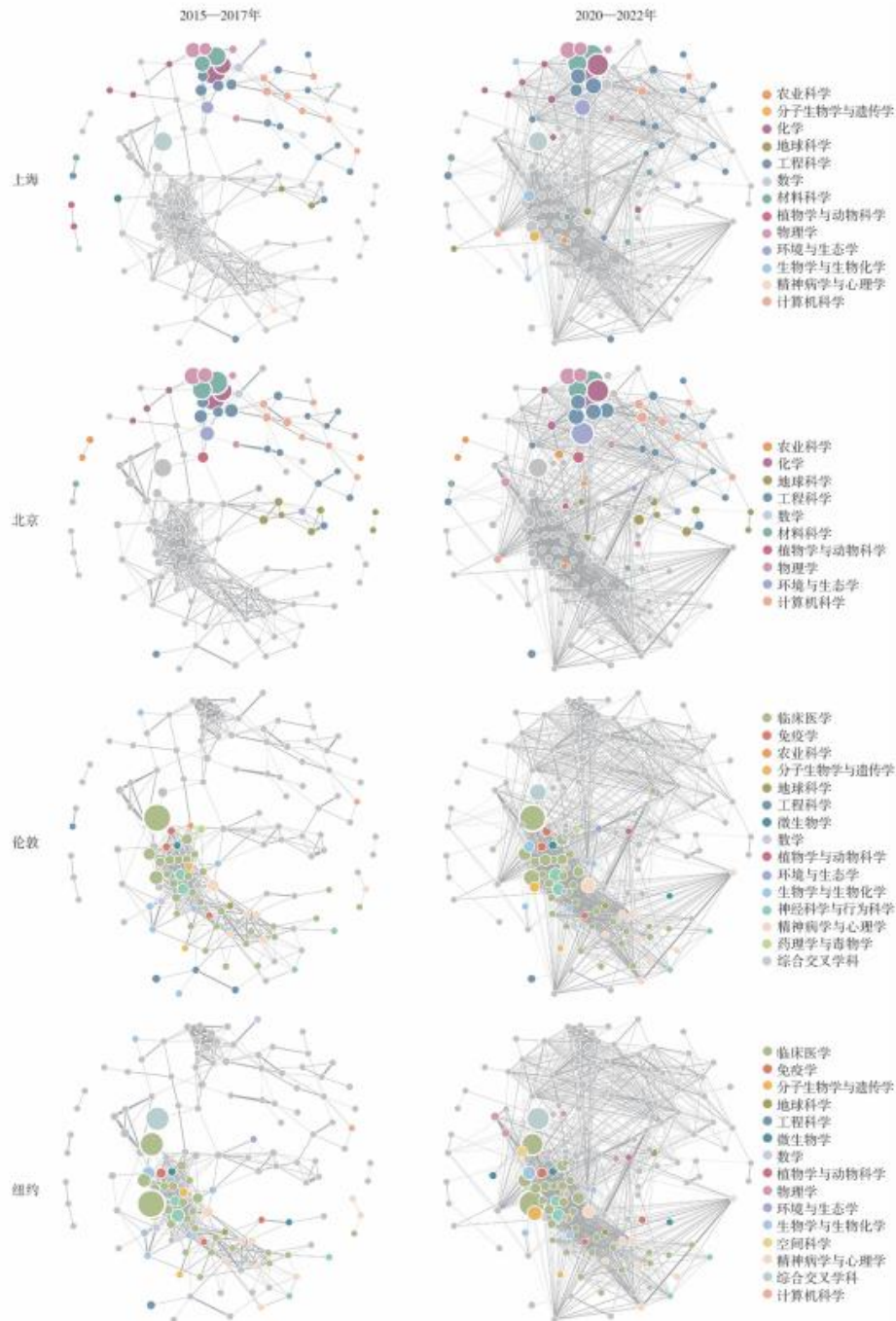


Figura 4 Características de distribución de disciplinas con ventaja comparativa en Shanghai, Beijing, Londres y Nueva York en la red global de combinación de conocimientos

La Tabla 3 muestra las 10 ciudades superiores y 10 inferiores en términos de complejidad, calculadas según la fórmula (5). Al comparar las dos ventanas de tiempo, se puede ver claramente que la complejidad de muchas ciudades en China ha aumentado rápidamente, en gran parte porque generalmente tienen ventajas comparativas en campos de aplicaciones de ingeniería como computadoras, química, física, etc., y estos campos son relativamente impopulares en las ciudades cubiertas por el estudio. La muestra está más concentrada en ciudades chinas y generalmente muestra una mayor especificidad espacial, por lo que

también muestra una clasificación más alta en los resultados del cálculo de complejidad. De 2015 a 2017, la complejidad de Shanghai fue de 1,53, ocupando el cuarto lugar; de 2020 a 2022, la complejidad de Shanghai aumentó a 1,88, pero cayó al puesto 12. Este resultado debe interpretarse dialécticamente. La disminución en la clasificación de Shanghai no significa completamente que el nivel de innovación científica y tecnológica de Shanghai haya disminuido. Más bien, se debe en gran medida a que ha aumentado la diversidad de disciplinas en las que Shanghai tiene ventajas comparativas. En algunos campos con Complejidad relativamente baja. Hay nuevos avances tales que su complejidad general se ha reducido. Por el contrario, para ciudades chinas como Chengdu, Wuhan y Hangzhou, donde la complejidad está aumentando rápidamente, las crecientes ventajas comparativas en campos de aplicación tradicionales como la informática, la química, la física y la ingeniería pueden no ser necesariamente algo bueno. modelo de desarrollo Puede seguir fortaleciendo la "dependencia del camino" de la innovación tecnológica urbana y crear el riesgo de caer en un "bloqueo del camino".

3.2.2 Características cambiantes de las oportunidades y vías de desarrollo de la cartera de conocimientos de Shanghai

La Figura 5 muestra las oportunidades de combinación de conocimientos y las rutas de desarrollo de la innovación en Shanghai, Beijing, Nueva York y Londres. Entre ellos: — — — El valor medio se calcula según la fórmula (5). El tamaño del punto medio en la Figura (5) representa el número total de artículos publicados por la ciudad en diferentes áreas temáticas. Con base en el marco de análisis que se muestra en la Figura 1, no es difícil encontrar a través de la observación que Shanghai y Beijing tienen conocimientos más ventajosos en el cuadrante superior derecho, y se encuentran principalmente en disciplinas en campos de aplicación tradicionales como computadoras, química, física y ingeniería, lo que indica que Shanghai y Beijing El modelo de combinación de conocimientos y el camino de desarrollo pertenecen al tipo de "alto rendimiento y bajo riesgo", pero este modelo de desarrollo de bajo riesgo puede fortalecer fácilmente la "dependencia del camino" y también existe la posibilidad de "bloqueo de ruta". Al mismo tiempo, Shanghai y Beijing no tienen muchas disciplinas ventajosas ("alto rendimiento, alto riesgo") en el cuadrante superior izquierdo, lo que demuestra que, en comparación con Londres y Nueva York, Shanghai todavía tiene la capacidad de aprovechar la oportunidad de "avance en el camino" y aprovechar el potencial de nuevas disciplinas ventajosas. Mucho espacio. Comparando las dos ventanas de tiempo, es fácil ver que de 2015 a 2017, Shanghai tuvo un pequeño número de disciplinas ventajosas en el cuadrante superior izquierdo, concentradas principalmente en ciencias biológicas y medicina clínica; pero entre 2020 y 2022, las disciplinas ventajosas en el cuadrante superior izquierdo ya no existe. . A través de un análisis de datos más detallado, se puede ver que en los campos de las ciencias de la vida y la medicina clínica, aunque el número total de cooperaciones en Shanghai ha aumentado, de 4295 cooperaciones en 2015-2017 a 5256 cooperaciones en 2020-2022, el aumento se debe principalmente de Shanghai y ciudades chinas En términos de cooperaciones internas entre Shanghai y ciudades europeas y americanas, la cantidad de cooperaciones entre Shanghai y ciudades europeas y americanas ha mostrado una tendencia a la baja, de 1.837 cooperaciones en 2015 a 2017 a 1.677 cooperaciones en 2020 a 2022. Antes del "desacoplamiento tecnológico", la cantidad total de cooperaciones entre China, Europa y los Estados Unidos en este campo aumentaba año tras año. En los últimos años, este impulso de crecimiento ha mostrado una tendencia a la baja, lo que ha resultado en el potencial espacio de crecimiento de Shanghai para el La producción de artículos científicos en este campo se está reduciendo hasta cierto punto. Esto ilustra aún más que el "desacoplamiento tecnológico" entre China y Estados Unidos ha tenido un mayor impacto en la exploración

innovadora de Shanghai en campos fronterizos b á sicos .

表3 全球复杂性排名前10位与后10位的城市
Tab.4 The top 10 and bottom 10 cities in terms of complexity

		复杂性 (2015—2017年)	城市	复杂性 (2020—2022年)
城市 (前10位)	悉尼	1.74	成都	2.56
	香港	1.66	北京	2.42
	北京	1.58	武汉	2.42
	上海	1.53	杭州	2.38
	布里斯班	1.52	南京	2.36
	南京	1.52	西安	2.34
	蒙特利尔	1.48	首尔	2.27
	武汉	1.46	长沙	2.23
	广州	1.43	广州	2.04
	新加坡	1.43	香港	2.02
城市 (后10位)	阿雷格里港	0.50	日内瓦	0.52
	利物浦	0.49	巴塞尔	0.52
	基辅	0.43	鹿特丹	0.5
	利马	0.42	马赛	0.47
	马尼拉	0.41	罗切斯特	0.47
	斋浦尔	0.39	伯明翰	0.41
	德班	0.38	纳什维尔	0.39
	亚的斯亚贝巴	0.33	开普敦	0.37
	库埃纳瓦卡	0.29	达拉斯	0.35
	第比利斯	0.25	休斯敦	0.33

Tabla 3 Las 10 primeras y 10 ú ltimas ciudades del pa í s en t é rminos de complejidad

4.Conclusi ó n y discusi ó n

4.1 Principales conclusiones

Acelerar la construcci ó n de un centro de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica con influencia global es una tarea importante y una misi ó n estrat é gica confiada a Shanghai por el Comit é Central del Partido, cuyo n ú cleo es el camarada Xi Jinping, y es un motor clave para que Shanghai acelere la econom í a y la tecnolog í a de alta calidad. desarrollo social y mejorar el nivel energ é tico y la competitividad central de la ciudad. La fuerza es un apoyo importante para que nuestro pa í s construya una potencia mundial en ciencia y tecnolog í a. Desde que el Plan Maestro Shanghai 2035 en 2017 aclar ó la construcci ó n de un centro de innovaci ó n tecnol ó gica con influencia global, Shanghai ha enfrentado el impacto de cambios en los paradigmas de desarrollo de la innovaci ó n y un fuerte aumento de los desaf í os de riesgo internos y externos. En este contexto, este art í culo utiliza los datos de art í culos de investigaci ó n cient í fica muy citados de 2015 a 2017 y de 2020 a 2022 para examinar el papel de Shanghai en la ciencia y la tecnolog í a globales durante el per í odo de grandes cambios de las dos dimensiones de la "red global de cooperaci ó n en conocimiento" y "Red global de combinaci ó n de conocimientos" Din á mica evolutiva y tendencias de desarrollo en el panorama de la innovaci ó n. El estudio encontr ó que: ① Frente a los cambios en el entorno externo, el estatus de Shanghai en la red global de cooperaci ó n en conocimiento ha mejorado significativamente, pero en comparaci ó n con el principal centro mundial de innovaci ó n cient í fica y tecnol ó gica. (Londres, Nueva York, Boston, etc.) Todav í a hay una gran brecha; adem á s, a escala nacional, la brecha entre Shanghai y Beijing sigue siendo significativa. ② A medida que se intensifica el "desacoplamiento tecnol ó gico" entre China y Estados Unidos, la conectividad espacial de Shanghai en la red

global de cooperación en materia de conocimiento se ha visto muy afectada, pero también ha mostrado una resiliencia considerable. La función de los "dos sectores" de Shanghai de llevar a cabo la difusión del conocimiento hacia el exterior e instigar la radiación del conocimiento hacia el interior ha sufrido ajustes estructurales: el grado de aglomeración hacia el exterior se ha reducido significativamente, mientras que el grado de radiación hacia el interior ha aumentado significativamente. Al mismo tiempo, el centro de gravedad de conexión de Shanghai en la red global de cooperación en conocimiento se ha desplazado de América del Norte a Europa, y su centro de gravedad de conexión en la red nacional de cooperación en conocimiento se ha expandido del este al norte y al oeste. ③Shanghai ocupa una posición central en la red global de combinación de conocimientos y tiene importantes ventajas comparativas en campos de aplicación tradicionales como la informática, la química, la física y la ingeniería, y ha logrado algunos avances en los campos de las ciencias biológicas y la genética molecular. ④El camino de desarrollo innovador de Shanghai se caracteriza por un modelo de "alto rendimiento y bajo riesgo", que exhibe la coexistencia de características de desarrollo de "dependencia del camino" y "actualización del camino" en los campos de aplicación tradicionales, pero también existe el riesgo de "bloqueo del camino". -in ; al mismo tiempo, afectados por el "desacoplamiento tecnológico" entre China y Estados Unidos, los "avances en el camino" de Shanghai en campos básicos emergentes están relativamente rezagados y todavía hay mucho espacio para la exploración.

4.2 Discusión ampliada

En el artículo "El creciente centro de innovación global: las características evolutivas de las ciudades chinas en la red global de cooperación en investigación científica urbana", el autor analizó la evolución de la red global de cooperación en investigación científica urbana de 2002 a 2006 y de 2014 a 2018, centrándose en la tendencia de desarrollo del aumento general de Internet también ha generado preocupaciones sobre si las ciudades chinas pueden mantener y mejorar su estatus en el mapa global de innovación científica y tecnológica en un entorno internacional incierto. A través del estudio de seguimiento realizado en este artículo sobre el panorama mundial de la innovación científica y tecnológica y la trayectoria de desarrollo de Shanghai durante el período de grandes cambios, queda claro que los cambios drásticos en el entorno externo no han tenido un impacto destructivo en el mayor ascenso de Shanghai en la ciencia y la tecnología global. panorama de innovación tecnológica, pero tienen La estructura funcional de los "dos sectores", las oportunidades de combinación de conocimientos y las vías de desarrollo innovadoras tienen distintos grados de impacto.

Muchos académicos creen que, aunque el resultado del "desacoplamiento tecnológico" sólo puede ser una situación en la que todos pierden, a juzgar por la dirección de la tendencia actual, hasta que el gobierno de los Estados Unidos realmente se dé cuenta de que el desacoplamiento traerá graves efectos negativos a los Estados Unidos, el ritmo del desacoplamiento no se detendrá [38]. De los resultados de la investigación sobre la red de cooperación del conocimiento, podemos ver que el estatus de Shanghai y otras ciudades de China en la red sigue mejorando rápidamente bajo la influencia del entorno externo, lo que demuestra que después de años de acumulación, el desarrollo científico y tecnológico de China La fuerza de la innovación ha logrado un desarrollo considerable y tiene una resiliencia considerable contra las perturbaciones externas, el bloqueo y la contención por parte de Estados Unidos y sus aliados tienen un impacto limitado en el desarrollo del sistema de innovación independiente de China y en los avances científicos y tecnológicos centrales clave. Aun así, es necesario darse cuenta de que todavía existe una brecha clara entre Shanghai y otros importantes centros mundiales de innovación científica y tecnológica, así como de que en el panorama nacional de innovación científica y tecnológica, será difícil sacudir el dominio de Beijing. A corto plazo. Shanghai deberá basarse en la región, tomar la construcción de la

"Comunidad de Innovación Científica y Tecnológica del Delta del Río Yangtze" y el "Corredor de Innovación Científica y Tecnológica del G60" como puntos de partida prácticos y aprovechar a ú n m á s las ventajas de la apertura internacional al mundo exterior. , profundizar la cooperación multidimensional en innovación científica y tecnológica y aprovechar plenamente el papel de liderazgo de Shanghai como ciudad central en la región del delta del río Yangtze, fortalecer la ciencia y la tecnología a nacional e internacional integral, multinivel y de amplio alcance. los intercambios y la cooperación en materia de innovación, aprovechar plenamente el papel de Shanghai como nodo central del macrociclo nacional y vínculo estratégico entre los ciclos duales nacionales e internacionales, y ayudar a Shanghai a convertirse en un importante centro de la red mundial de innovación.

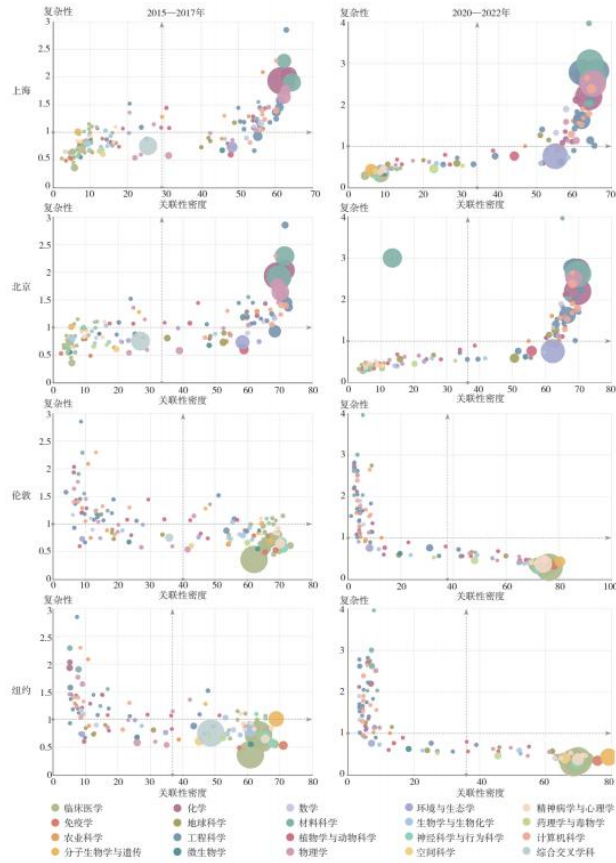


图5 上海、北京、伦敦和纽约的知识组合机会与创新发 展路径
 Fig.5 The knowledge combination opportunities and innovative development paths of Shanghai, Beijing, London,

Figura 5 Oportunidades de la cartera de conocimientos y vías de desarrollo de la innovación en Shanghai, Beijing, Londres y Nueva York

Al mismo tiempo, de los resultados de la investigación sobre la red de combinación de conocimientos se desprende que el modelo de desarrollo de innovación científica y tecnológica de Shanghai todavía a tiene el problema de la "dependencia del camino" y el riesgo de "bloqueo del camino". Los caminos de desarrollo científico y tecnológico de Shanghai, Londres y Nueva York son completamente diferentes: Shanghai tiene importantes ventajas comparativas en los campos de aplicaciones de ingeniería a tradicionales, mientras que Londres y Nueva York tienen posiciones de liderazgo en campos fronterizos emergentes. Esta comparación de caminos de desarrollo obviamente diferentes tiene al menos dos implicaciones posibles: por un lado, es necesario que Shanghai cambie gradualmente el enfoque de desarrollo de la innovación

científica y tecnológica de los campos de aplicación tradicionales a campos básicos emergentes, y fortalecer a ú n m á s la orientación e inversión en ciencias de la vida y biomedicina, insistiendo en el mismo énfasis en la libre exploración y la demanda estratégica, dando pleno juego a la fuente de suministro y el papel de liderazgo de la investigación básica emergente en la innovación científica y tecnológica, centrándose en las principales cuestiones científicas en campos fronterizos básicos globales y claves tecnológicas centrales, fortaleciendo el despliegue en áreas clave y formando a los recién llegados en campos básicos emergentes. Por otro lado, bajo la tendencia del "desacoplamiento tecnológico", las diferencias en campos ventajosos y caminos de desarrollo entre Shanghai e incluso China y las potencias tecnológicas europeas y estadounidenses pueden considerarse hasta cierto punto como un "juego entre pares". Patrón de restricciones mutuas e interdependencia [38]. En otras palabras, para Shanghai e incluso para otras ciudades de China, actualmente no existe ni la capacidad ni la necesidad de buscar deliberadamente avances integrales y una controlabilidad independiente de las tecnologías centrales en todos los campos científicos y tecnológicos, sino que debe ser en el ámbito de la innovación global. cadena en el contexto del "desacoplamiento", buscando un equilibrio entre la "controlabilidad independiente" y la "apertura al mundo exterior", mientras se esfuerza por resolver las áreas de deficiencias "estancadas" y fortalecer a ú n m á s las ventajas de ser "el líder" en áreas de longboard y mejorar el entendimiento mutuo entre China, Europa y Estados Unidos en el campo de la alta tecnología. Relaciones dependientes, ampliando la intersección de intereses económicos y relaciones simbióticas.

Este estudio también tiene deficiencias y limitaciones: primero, la innovación científica y tecnológica incluye no sólo la investigación científica, sino también la investigación y el desarrollo tecnológico. Las patentes son la principal forma de logro de la investigación y el desarrollo tecnológico. En el futuro, los datos de patentes cooperativas se podrán utilizar para realizar investigaciones relevantes sobre las redes globales de cooperación en conocimiento urbano y explorar las características cambiantes de Shanghai en la red global de cooperación tecnológica. Sin embargo, cabe señalar que el proceso de solicitud y autorización de patentes es significativamente diferente de la publicación de artículos de investigación científica. Hay muchas diferencias en los sistemas de solicitud y revisión de patentes de diferentes países. La solicitud transfronteriza de patentes es sólo un juego para algunas entidades innovadoras líderes. En segundo lugar, en el estudio de la red global de combinación de conocimientos, dado que la mayoría de las muestras de ciudades seleccionadas son capitales nacionales y ciudades más desarrolladas económicamente, sus capacidades de innovación ocupan una posición de liderazgo en el sistema nacional de innovación donde se encuentran, representando la innovación nacional. Por lo tanto, existe un fenómeno de homogeneidad relativamente evidente en su campo de innovación, que puede ser bastante diferente de los resultados de la investigación que utiliza el país como unidad básica. En el futuro, se necesitará una investigación comparativa más profunda. En tercer lugar, este estudio analiza las características cambiantes de la posición de Shanghai en el panorama global de innovación científica y tecnológica durante el período de grandes cambios desde las dos dimensiones de "cooperación de conocimientos" y "combinación de conocimientos", centrándose en el análisis y descripción de la estructura de la red. . En el futuro, podremos prestar más atención al efecto interactivo de la red de cooperación del conocimiento y la red de combinación de conocimiento, y analizar su impacto conjunto en el desempeño de la innovación urbana; también podemos prestar atención a la relación de acoplamiento entre la red de cooperación del conocimiento y la red de combinación de conocimiento. y analizar el proceso de coevolución del mecanismo de asociación.

Referencias

[1] 胡鞍钢. 中国式科技现代化: 从落伍国到科技强国[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2023, 23(2): 1-19.

- [2] SIMONTON D K. SCIENTIFIC GENIUS IS EX-TINCT[J]. NATURE, 2013, 493:602.
- [3] 曹湛, 彭震伟. 崛起的全球创新中心: 中国城市在全球城市科研合作网络中的演化特征[J]. 城市规划学刊, 2021(5): 23-31.[4] PORTER A L, RAFOLS I. IS SCIENCE BE-COMING MORE INTERDISCIPLINARY? MEASURING AND MAPPING SIX RESEARCH FIELDS OVER TIME[J]. SCIENTOMETRICS, 2009, 81(3): 719-745.[5] STRAMBACH S, KLEMENT B. CUMULATIVE AND COMBINATORIAL MICRO-DYNAMICS OF KNOWLEDGE: THE ROLE OF SPACE AND PLACE IN KNOWLEDGE INTEGRATION[J]. EUROPEAN PLANNING STUDIES, 2012, 20(11): 1843-1866.
- [6] WANG C L, RODAN S, FRUIN M, ETAL. KNOWLEDGE NETWORKS, COLLABORATION NETWORKS, AND EXPLORATORY INNOVATION[J]. ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL, 2014, 57(2): 484-514.
- [7] FLORIDA R, ADLER P, MELLANDER C. THE CITY AS INNOVATION MACHINE[J]. REGIONAL STUDIES, 2017, 51(1): 86-96.
- [8] 李迎成. 基于创新活动分布视角的城市创新空间结构测度与演变特征[J]. 城市规划学刊, 2022(1): 74-80.
- [9] 杜德斌, 祝影. 全球科技创新中心: 内涵特征与评价体系[J]. 科学, 2022, 74(4): 1-5.
- [10] 屠启宇. 21世纪全球城市理论与实践的迭代[J]. 城市规划学刊, 2018(1): 41-49.
- [11] 庄少勤. 迈向卓越的全球城市: 上海新一轮城市总体规划的创新探索[J]. 上海城市规划, 2016(4): 1-8.
- [12] 郑德高, 马璇, 葛春晖, 等. 追求卓越的全球城市: 上海城市发展目标和战略路径研究[J]. 城市规划学刊, 2017(S1): 67-74.
- [13] 胡鞍钢. 中国与世界百年未有之大变局: 基本走向与未来趋势[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 42(5): 38-53.
- [14] 贝尔纳. 历史上的科学[M]. 科学出版社, 1959.
- [15] SCOTT A J. FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS AND REGIONAL DEVELOPMENT: THE RISE OF NEW INDUSTRIAL SPACES IN NORTH AMERICA AND WESTERN EUROPE[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF URBAN AND REGIONAL RESEARCH, 1988, 12(2): 171-186.
- [16] 杜德斌, 何舜辉. 全球科技创新中心的内涵、功能与组织结构[J]. 中国科技论坛, 2016(2): 10-15.
- [17] 杜德斌, 段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、发展类型及演化趋势[J]. 上海城市规划, 2015(1): 76-81.
- [18] GEELS F W. MICRO-FOUNDATIONS OF THE MULTI-LEVEL PERSPECTIVE ON SOCIO-TECHNICAL TRANSITIONS: DEVELOPING A MULTI-DIMENSIONAL MODEL OF AGENCY THROUGH CROSSOVERS BETWEEN SOCIAL CONSTRUCTIVISM, EVOLUTIONARY ECONOMICS AND NEO-INSTITUTIONAL THEORY[J]. TECHNOLOGICAL FORECASTING & SOCIAL CHANGE, 2020, 152: 119894.
- [19] MARTIN R. RETHINKING REGIONAL PATH DEPENDENCE: BEYOND LOCK-IN TO EVOLUTION[J]. 2010, 86(1): 1-27.
- [20] BATHELT H, MALMBERG A, MASKELL P. CLUSTERS AND KNOWLEDGE: LOCAL BUZZ, GLOBAL PIPELINES AND THE PROCESS OF KNOWLEDGE CREATION[J]. PROGRESS IN HUMAN GEOGRAPHY, 2004, 28(1): 31-56.
- [21] HESSE K, FORNAHL D. ESSENTIAL INGREDIENTS FOR RADICAL INNOVATIONS? THE ROLE OF (UN-)RELATED VARIETY AND EXTERNAL LINKAGES IN GERMANY[J]. PAPERS IN REGIONAL SCIENCE, 2020, 99(5): 1165.
- [22] 刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 等. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理[J]. 地理学报, 2017(4): 737-752.
- [23] 高良谋, 马文甲. 开放式创新: 内涵、框架与中国情境[J]. 管理世界, 2014(6): 157-169.
- [24] MATTHIESSEN C W, SCHWARZ A W, FIND S. WORLD CITIES OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: SYSTEMS, NETWORKS AND POTENTIAL DYNAMICS. AN ANALYSIS BASED ON BIBLIOMETRIC INDICATORS[J]. URBAN STUDIES, 2010, 47(9): 1879-1897.
- [25] 桂钦昌, 杜德斌, 刘承良, 等. 全球城市知识流动网络的结构特征与影响因素[J]. 地理研究, 2021, 40(5): 1320-1337.
- [26] FLEMING L. RECOMBINANT UNCERTAINTY IN TECHNOLOGICAL SEARCH[J]. MANAGEMENT SCIENCE, 2001, 47(1): 117-132.
- [27] FRENKEN K, BOSCHMA R A. A THEORETICAL FRAMEWORK FOR EVOLUTIONARY ECONOMIC GEOGRAPHY: INDUSTRIAL DYNAMICS AND URBAN GROWTH AS A BRANCHING PROCESS[J]. JOURNAL OF ECONOMIC GEOGRAPHY, 2007, 7(5): 635-649.
- [28] RIGBY D L. TECHNOLOGICAL RELATEDNESS AND KNOWLEDGE SPACE: ENTRY AND EXIT OF US CITIES FROM PATENT CLASSES[J]. REGIONAL STUDIES, 2015, 49(11): 1922-1937.
- [29] 郭琪, 贺灿飞. 演化经济地理视角下的技术关联研究进展[J]. 地理科学进展, 2018, 37(2): 229-238.
- [30] 贺灿飞, 朱晟君. 中国产业发展与布局的关联法则[J]. 地理学报, 2020, 75(12): 2684-2698.

- [31] BALLAND P, RIGBY D. THE GEOGRAPHY OF COMPLEX KNOWLEDGE[J]. ECONOMIC GEOGRAPHY, 2017, 93(1): 1-23.
- [32] HIDALGO C A, HAUSMANN R. THE BUILDING BLOCKS OF ECONOMIC COMPLEXITY[J]. PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 2009, 106(26): 10570-10575.
- [33] BALLAND P A, BOSCHMA R, CRESPINO J, ET AL. SMART SPECIALIZATION POLICY IN THE EUROPEAN UNION: RELATEDNESS, KNOWLEDGE COMPLEXITY AND REGIONAL DIVERSIFICATION[J]. REGIONAL STUDIES, 2019, 53(9):1252-1268.
- [34] DERUDDER B, TAYLOR P, NI P F, ET AL. PATHWAYS OF CHANGE: SHIFTING CONNECTIVITIES IN THE WORLD CITY NETWORK, 2000-08[J]. URBAN STUDIES, 2010, 47(9): 1861-1877.
- [35] HIDALGO C A, KLINGER B, BARABASI A L, ET AL. THE PRODUCT SPACE CONDITIONS THE DEVELOPMENT OF NATIONS[J]. SCIENCE, 2007, 317(5837): 482-487.
- [36] TACCHHELLA A, CRISTELLI M, CALDARELLI G, ET AL. A NEW METRIC FOR COUNTRIES' FITNESS AND PRODUCTS' COMPLEXITY[J]. SCIENTIFIC REPORTS, 2012, 2: 1-7.
- [37] MIAO L L, MURRAY D, JUNG W S, ET AL. THE LATENT STRUCTURE OF GLOBAL SCIENTIFIC DEVELOPMENT[J]. NATURE HUMAN BEHAVIOUR, 2022, 6(9): 1206-1217.
- [38] 张杰. 中美科技创新战略竞争的博弈策略与共生逻辑[J]. 社会科学文摘, 2019(11):50-52.