

Perfiles de los académicos altamente citados de China: quiénes son, hasta qué punto son interdisciplinarios

Profiling the most highly cited scholars from China: Who they are. To what extent they are interdisciplinary

Yu Peng Zhu; Han Woo Park

Note: This article can be read in its English original version on:
<https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/86800>

Cómo citar este artículo.

Este artículo es una traducción. Por favor cite el original inglés:

Zhu, Yu Peng; Park, Han Woo (2022). "Profiling the most highly cited scholars from China: Who they are. To what extent they are interdisciplinary". *Profesional de la información*, v. 31, n. 4, e310408.

<https://doi.org/10.3145/epi.2022.jul.08>

Manuscrito recibido el 10/12/2021
Aceptado en 13/06/2022



Yu Peng Zhu (autor de correspondencia)
<https://orcid.org/0000-0003-0544-3911>

Chongqing University
School of Journalism and Communication
No. 55 Daxuecheng South Rd., Shapingba,
Chongqing 401331, República Popular China.
zhuyupeng@aliyun.com



Han Woo Park (autor de correspondencia)
<https://orcid.org/0000-0002-1378-2473>

Yeungnam University, Dept of Media and
Communication. Interdisciplinary Graduate
Programs of Digital Convergence Business
and East Asian Cultural Studies
214-1, Dae-dong, Gyeongsan-si,
Gyeongsangbuk-do, 712-749, Corea del Sur
hanpark@ynu.ac.kr

Resumen

Desde principios del siglo XXI, un número cada vez mayor de investigadores chinos se ha sumado a las filas de los mejores científicos del mundo. Algunas organizaciones internacionales han observado este fenómeno y los han clasificado. Sin embargo, los estudios de los académicos de investigación interdisciplinaria (IDR, por las iniciales de *interdisciplinary research*) altamente citados es insuficiente, a pesar de que la IDR tiende a tener un mayor impacto social. Mirando el top 2% de los académicos chinos, este estudio analiza en detalle los atributos estructurales de IDR por parte de los principales académicos mediante el análisis de redes, el análisis de conglomerados, el modelado de bloques y el análisis de procedimientos de asignación cuadrática. Los resultados muestran que la proporción de académicos altamente citados en categorías técnicas es mayor que en categorías sociales. Los campos de la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes, la oncología y la carcinogénesis, además de la neurología y la neurocirugía, sirven como puentes entre disciplinas, donde los materiales, la energía, y la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes tienen una mayor centralidad de vectores propios. El campo de las ciencias sociales tiene la gama más amplia de actividades de IDR, pero la cooperación dentro de este campo es baja. Cuarenta y dos de las universidades de primera clase del mundo están en China, y del 2% de los mejores académicos que provienen de China, el 46,3% trabaja para estas instituciones. Los temas de investigación de académicos altamente citados de universidades de primera clase mundial en China son muy similares a los temas de académicos de universidades en China también del primer nivel. En cambio, sí existen diferencias entre los académicos no universitarios y universitarios en los temas de investigación. Se sugiere que el gobierno promueva un efecto de triple hélice (institutos públicos, empresas industriales y universidades de investigación) para que puedan producirse sinergias entre estas organizaciones de diferente naturaleza.

Palabras clave

Investigación interdisciplinaria; Comunicación académica; Investigadores; Científicos; Académicos muy citados; Análisis de redes; Análisis de conglomerados; Modelado de bloques; Procedimiento de asignación cuadrática; China.

Abstract

Since the beginning of the 21st century, an increasing number of Chinese researchers have joined the ranks of the world's top scientists. Some international organizations have observed this phenomenon and ranked the world's top Chinese

researchers. However, investigation of highly cited interdisciplinary research (IDR) scholars is insufficient, although IDR tends to have a greater social impact. Looking at the top 2% of the world's Chinese scholars, this study analyzes the structural attributes of IDR by those top scholars in detail using network analysis, cluster analysis, block modeling, and quadratic assignment procedure analysis. The results show that the proportion of highly cited scholars in technical categories is higher than in social categories. The fields of artificial intelligence and image processing, oncology and carcinogenesis, plus neurology and neurosurgery serve as bridges across disciplines, with materials, energy, and artificial intelligence and image processing having higher eigenvector centrality. The field of social sciences has the widest range of IDR activities, but cooperation within this field is low. Forty-two of the world's first-class universities are in China, and of the world's top 2% scholars who come from China, 46.3% work for these institutions. The research themes of highly cited academics from World First-Class universities in China are most similar to the themes of scholars from universities in China with first-class academic disciplines. There are differences between non-university and university scholars in terms of research topics. It is suggested that the government can promote a triple-helix effect (public institute, industrial enterprise, and research school) so that organizations of different natures can produce synergistic effects.

Keywords

Interdisciplinary research; Scholarly communication; Researchers; Scientists; Highly cited scholars; Network analysis; Cluster analysis; Block modeling; Quadratic assignment procedure; China.

1. Introducción

El mundo ha entrado en la era de la Industria 4.0 caracterizada por una gran complejidad tanto de la sociedad como del conocimiento. Las soluciones a problemas complejos pueden no ser claras, y requieren enfoques interdisciplinarios (Zeng *et al.*, 2017). La interdisciplinaria combina enfoques de diferentes disciplinas para resolver problemas específicos (Glänzel; Debackere, 2021). La integración de la ciencia, la tecnología y la sociedad ha promovido la diversificación de la investigación científica. La colaboración interdisciplinaria conduce a menudo a la creatividad colectiva (Moirano *et al.*, 2020) y es de gran importancia para el desarrollo sostenible en la comunidad científica (Yarime *et al.*, 2012). Con la expansión de la investigación interdisciplinaria (IDR) y la extensión del alcance de la investigación científica, la IDR tiende a ser más eficiente y tiene un mayor impacto social (Chen *et al.*, 2015). Estudiando la producción interdisciplinaria de académicos altamente citados en una región, se pueden comprender mejor las tendencias y motivaciones generales de investigación y desarrollo científico de dicha región en varios campos.

La colaboración interdisciplinaria a menudo conduce a la creatividad colectiva y es de gran importancia para el desarrollo sostenible en la comunidad científica

Desde principios del siglo XXI, China y otros países no solo se han vuelto más abiertos al comercio, sino que también han logrado un rápido progreso en ciencia y tecnología (Zhang *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2012). En la actualidad, China se ha unido a los Estados Unidos en su influencia en el desarrollo de las ciencias políticas y económicas del mundo. La estructura de la investigación ha cambiado drásticamente en los últimos 20 años. La globalización de los mercados y los avances en tecnología y comunicación son rápidos. Los nuevos y más complejos problemas sociales necesitan urgentemente profesionales interdisciplinarios para resolverlos (Zeng *et al.*, 2017). En este contexto internacional, China ha experimentado un rápido desarrollo académico y el número de investigadores chinos de renombre mundial está aumentando. Varias organizaciones internacionales han clasificado la influencia de los investigadores chinos en la comunidad académica mundial. Por ejemplo, desde 2015 Elsevier (2021) publica anualmente un informe titulado *Investigadores chinos altamente citados*. Sin embargo, no hay suficiente investigación sobre el desarrollo científico en China en términos de interdisciplinaria. Por lo tanto, es necesario un análisis y una comprensión profunda de los perfiles de académicos muy citados en China.

Este estudio utiliza redes, grupos, análisis de procedimientos de asignación cuadráticos (QAP) y modelos de bloques para analizar el top 2% de los académicos del mundo. Este estudio tiene como objetivo comprender la distribución de los mejores investigadores de China, las relaciones entre disciplinas y las diferencias entre categorías de organizaciones. Al hacerlo, se proponen sugerencias específicas para el desarrollo de la ciencia en China, que también pueden ser válidas para el desarrollo de la ciencia en otros países y regiones.

2. Revisión de la bibliografía

Desde 1990, los campos académicos de China se han ido expandiendo constantemente, pero existe desacuerdo sobre la influencia de los académicos chinos (Wagner *et al.*, 2022). En los últimos años, ha habido mucha discusión sobre si el desarrollo académico de China es de calidad. Wagner *et al.* (2022) examinó el top 1% de las publicaciones más citadas y descubrió que superaba a

Estudiando la producción interdisciplinaria de académicos altamente citados en una región, se pueden comprender las tendencias y motivaciones generales de investigación y desarrollo científico de dicha región en varios campos

los de todos los demás países a partir de 2019. A pesar de esta abundancia, el alcance de la producción científica de China sigue siendo discutible. **Yang y Liu (2021)** sostuvieron que China es un estado autocrático, que aumentar el número de investigadores no va a mejorar necesariamente la calidad de la investigación, y que la democracia y la libertad académica conducirían a tasas de citas más altas y otras formas de creatividad académica.

El análisis de publicaciones muy citadas se ha utilizado en numerosas ocasiones para evaluar el impacto científico de un país. Al estudiar a académicos muy citados, podemos evaluar la estructura del talento científico en un país desde la perspectiva de las estructuras de conocimiento académico.

En 2020, el *Consejo de Estado de China* designó campos interdisciplinarios como títulos accesibles. Para apoyar los proyectos IDR, la *Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China* estableció el *Departamento de IDR* (**Zhang; Leydesdorff, 2021; Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, 2020**). Esto representa un cambio en la estructura del conocimiento en China: el desarrollo interdisciplinario se convirtió en una prioridad nacional. Las divisiones en el dominio IDR plantean un problema complejo (**MacLeod, 2018**), y tales estudios suelen ser exhaustivos en dos o más áreas (**Cunningham et al., 2022**). Los estudios interdisciplinarios tienen un mayor impacto y visibilidad que los estudios de un solo campo. **Chen et al. (2015)** descubrieron que las publicaciones con un alto número de citas son más interdisciplinarias que los artículos con un bajo número de citas, fenómeno que se dio en el 90% de los campos científicos.

IDR se encuentra con frecuencia con nuevos retos y riesgos (**Bridle, 2018; Yegros-Yegros et al., 2015**). Puede recibir menos apoyo y atención que los estudios generales (**Bridle, 2018**). Por lo general, la IDR requiere una combinación de diferentes habilidades, y los investigadores al principio de sus carreras con frecuencia se enfrentan desafíos y riesgos adicionales debido a la dificultad para obtener reconocimiento. Sin embargo, los académicos muy citados son conocidos por el público en general y tienen mayor influencia que los investigadores promedio. La distribución de la financiación de la investigación es desigual (**Benz; Rossier, 2022**). Estos académicos altamente citados frecuentemente tienen una ventaja en términos de tiempo de estudio, evaluación de desempeño, fuentes de financiamiento y en otros aspectos.

Los primeros investigadores se centraron en el estudio del conocimiento interdisciplinario en varios campos (así como en las redes entre autores) (**Liu et al., 2011; Yang et al., 2010; Aboelela et al., 2007**). Con su creciente influencia, IDR ha ido recibiendo una atención cada vez mayor. En los últimos años, ha aumentado el interés en la investigación sobre la psicología de los académicos interdisciplinarios, sobre cómo cultivarlos y cómo resolver los problemas que encuentran al principio de sus carreras (**Bridle, 2018; Paton et al., 2019; Katoh et al., 2021**). Aunque algunos académicos han descubierto que los artículos muy citados tienen mayores características interdisciplinarias (**Chen et al., 2015**), ha habido pocos estudios sobre académicos muy citados. En particular, China ha llevado a cabo políticas y sistemas nacionales para fomentar el talento interdisciplinario y promover la IDR (**Sun; Cao, 2020**). Por lo tanto, existe una necesidad urgente de investigar el estatus interdisciplinario de académicos influyentes en China.

3. Preguntas de investigación

RQ1. ¿En qué campos se distribuyen los investigadores altamente citados de China?

RQ2. ¿Qué es la red de conocimiento interdisciplinario de China? En otras palabras, ¿hasta qué punto los investigadores chinos muy citados son interdisciplinarios?

RQ3. ¿Existen diferencias en el número de académicos altamente citados y las relaciones entre disciplinas en diferentes tipos de organizaciones?

4. Metodología de la investigación

4.1. Datos

Este estudio utilizó datos del 2% superior de los investigadores más citados del mundo (**Baas et al., 2020**). Se extrajeron los datos de investigadores chinos muy citados; de los 5.272 académicos chinos altamente citados, 4.084 trabajaban en una universidad. De 708 organizaciones, 424 eran universidades. Se identificó un total de 18 campos y 145 subcampos.

4.2. Análisis de redes

El análisis de redes es un método que puede cuantificar las características estructurales de los nodos y enlaces en una red, y luego analizar y extraer las relaciones entre personas, organizaciones y temas que constituyen la misma (**Park et al., 2019a; Zhu; Park, 2020**). El análisis de redes es muy utilizado en investigación científica. Específicamente, **Zhu y Zhang (2020)** explicaron la relación entre las palabras mediante el cálculo de la ruta, la densidad, la centralidad, el análisis de conglomerados, y otros indicadores. **Wang et al. (2021)** analizaron la densidad, centralidad y otros indicadores de redes cooperativas y de citas, encontrando que los directores de tesis doctorales en física tenían una influencia limitada

En 2020, el *Consejo de Estado de China* designó campos interdisciplinarios como posibles titulaciones o grados. Para apoyar los proyectos de investigación interdisciplinaria (IDR), la *Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China* estableció el *Departamento de IDR*. Esto representa un cambio en la estructura del conocimiento en China: el desarrollo interdisciplinario se convirtió en una prioridad nacional

en los puestos de doctorado. **Yoon y Park (2020)** utilizaron redes semánticas para analizar trabajos de conocimiento en Corea del Norte y encontraron que el desarrollo científico y tecnológico nacional promovía la investigación de alta tecnología, con estudios de producción de energía, agricultura y minería como puntos calientes.

En este estudio se han utilizado métodos de análisis de redes para examinar en detalle los dominios de investigadores chinos muy citados. Adoptamos dos métodos de análisis de red: análisis de red de un modo y análisis de dos modos. En una de dos modos, los nodos representan la clasificación y la estructura de los campos de investigación, y los enlaces representan las relaciones entre la organización investigadora y el campo de investigación. Si un investigador tiene dos áreas de estudio, las dos áreas están relacionadas. En la red de dos modos, los nodos representan la clasificación del campo de investigación y la organización de investigación, y los enlaces representan la relación entre la organización de investigación y el campo de investigación. Si un investigador tiene dos áreas de estudio, ambas áreas están relacionadas con la organización de investigación a la que pertenece el investigador.

En este estudio se han utilizado índices de centralidad, análisis de enlaces y densidad para estudiar una red, lo cual puede evaluar la influencia de los nodos en la red y los atributos estructurales de la red. El índice de centralidad generalmente incluye grado, centralidad de intermediación, centralidad de cercanía y centralidad de eigenvector (**Yoon et al., 2017; Zhu; Park, 2021**). El grado se refiere al número total de nodos conectados directamente a un nodo; la centralidad de intermediación es el papel intermediario de un nodo; la centralidad de cercanía es la distancia del nodo a otros nodos; y la centralidad de eigenvector mide la influencia indirecta de los nodos (**Zhu; Park, 2021**). Un índice de análisis de conexión ayuda a estudiar la estructura de relaciones de la red y no solo refleja la influencia de los nodos, sino que también analiza los atributos de conexión entre nodos (**Park; Thelwall, 2008**). Un índice de densidad puede evaluar las características estructurales de toda la red (**Zhu et al., 2021**). Este estudio ha utilizado el software *UCINET 6* y *NodeXL* para construir la matriz y realizar análisis de red, análisis QAP y visualización.

5. Análisis de clusters

El análisis de clusters clasifica los objetos en diferentes grupos (**Abdullah et al., 2021; Mansano et al., 2021; De-Luca, 2021**). **Singh et al. (2020)** describieron la estructura del conocimiento de las universidades de empresariales a través del análisis de clusters. **Lamirel et al. (2020)** utilizó el análisis de clusters para determinar una estructura de 40 años del conocimiento científico chino. En este estudio se utilizó el algoritmo de Clauset-Newman-Moore para la clasificación, lo cual permite determinar el grupo que conduce al mayor crecimiento (**Clauset et al., 2004; Park et al., 2019b**). Así, se encontraron dos grupos, y al combinarlos se obtuvo el máximo valor de modularidad, que representa la similitud entre los dos grupos. Cada nodo se asoció con un grupo, y el grupo con la estructura modular más alta se generó después de múltiples cálculos. Este proceso dividió una red en grupos.

5.1. Análisis QAP

El procedimiento de asignación cuadrática (*quadratic assignment procedure*, QAP) es un algoritmo utilizado para probar la correlación entre redes, comparando la similitud estructural entre matrices (**Seok et al., 2021; Uddin et al., 2019**). Es un método de análisis utilizado a menudo por investigadores de redes (**Park et al., 2016**). **Ju y Sohn (2015)** utilizaron el método QAP para comparar redes de patentes de diferentes oficinas. **Barnett et al. (2014)** utilizaron el análisis QAP para revelar correlaciones significativas entre las redes de coautoría y las redes de citas de URL de universidades. En este estudio, hemos comparado las matrices de dominio de investigación de cinco organizaciones de atributos diferentes. Primero, se midieron los coeficientes de correlación de Pearson entre los nodos de los dominios de investigación correspondientes en cada matriz. Las filas y columnas en la matriz del dominio de estudio se organizaron aleatoriamente y se calcularon las correlaciones de estos nodos. Posteriormente, se realizaron varias iteraciones para obtener un resultado. En general, un nivel de significación por debajo de 0,05 indica una fuerte correlación. En este estudio, se ha utilizado un nivel de significación inferior a 0,001 para garantizar resultados más rigurosos.

6. Modelado de bloques

El modelado de bloques se utiliza para examinar la estructura de conexión de diferentes tipos de organizaciones de investigación. El modelado de bloques puede dividir a los participantes en diferentes módulos según ciertos criterios basados en sus atributos (**Choe; Lee, 2017**). Previamente, **Park y Thelwall (2006)** habían usado regiones como estándares para dividir bloques y analizar la comunicación de la ciencia de redes. **Choi et al. (2015)** analizó la cooperación internacional en investigación científica dividiendo a los países en función de regiones e idiomas.

Las universidades en China tienen muchas especializaciones en ingeniería, pero las universidades de ciencia y tecnología tienen varias especializaciones en humanidades y ciencias sociales. El apoyo del gobierno y el apoyo regional en China varían mucho según el nivel y/o el tipo de universidad. Por ejemplo, según el informe de 2016-2019 de la *National Office for Philosophy and Social Science*, había más de 500 universidades que no eran de Doble Primera Clase (*Double First-Class*) con menos proyectos fundacionales que las 137 universidades de Primera Clase Mundial (*World First-Class*) y *First-Class Academic Discipline Construction universities* (*National Office for Philosophy and Social Science, 2021*). Si bien es posible que las universidades de otros países no hagan esto, la asignación de recursos de investigación entre las universidades chinas varía tanto que sería más apropiado dividirla por grado en lugar de atributos organizacionales.

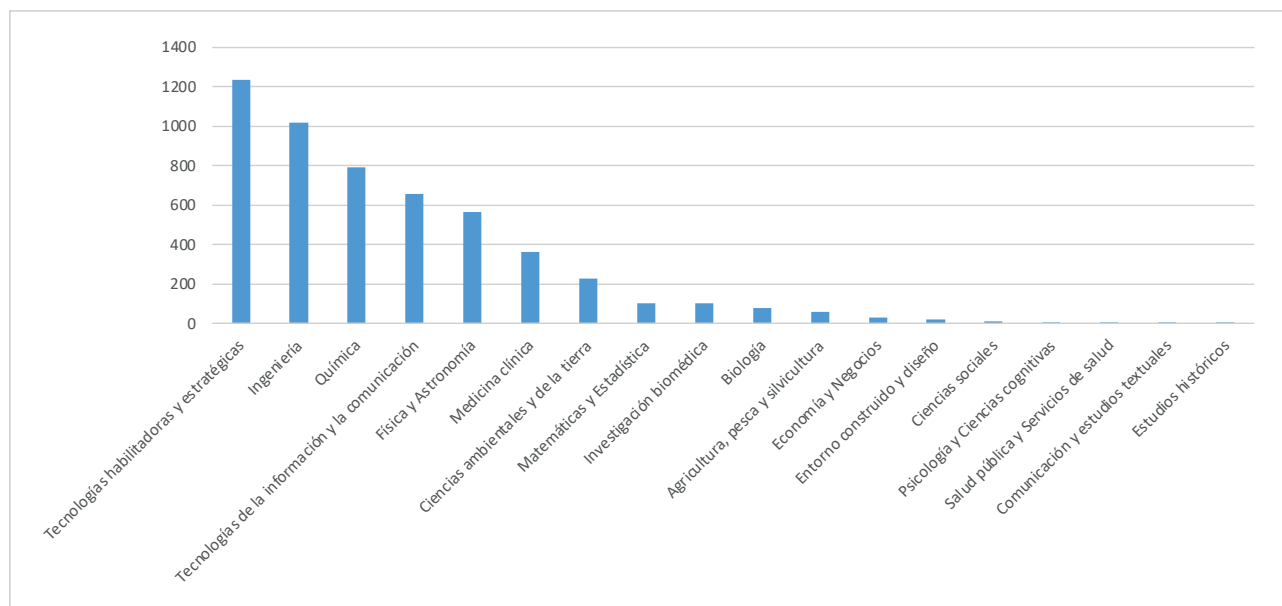


Figura 1. Campos de investigadores chinos muy citados

En este estudio, creamos cinco bloques. El modelado de bloques puede dividir las unidades de los académicos en grupos discretos en función de cada bloque único definido por el investigador. Establecer universidades de *World First-Class* e inducir universidades *First-Class Academic Discipline Construction* es parte de las políticas educativas nacionales promulgadas por el gobierno chino en 2017. El objetivo es promover el desarrollo de las universidades chinas. La proporción de fondos nacionales de investigación asignados a varios tipos de universidades difería. Las universidades que no son *Double First-Class* a menudo carecen del apoyo del estado. Por lo tanto, en este estudio, dividimos las organizaciones en los siguientes cinco bloques:

- Universidades *World First-Class*,
- Universidades *First-Class Academic Discipline Construction*,
- Organizaciones no universitarias,
- Universidades *Non-Double First-Class*,
- Universidades que no son de China continental.

7. Resultados de la investigación

RQ1. ¿En qué campos se distribuyen los investigadores altamente citados de China?

Se realizó un análisis del perfil de los investigadores en términos de universidades afiliadas y disciplinas académicas. La figura 1 muestra que las tecnologías habilitadoras y estratégicas son el campo más popular entre los investigadores chinos más citados, seguidas por la ingeniería, la química y las tecnologías de la información y la comunicación. Las ciencias sociales, los estudios históricos y algunos otros campos representaron solo una pequeña proporción de los investigadores chinos muy citados.

RQ2. ¿Qué es la red de conocimiento interdisciplinario de China? En otras palabras, ¿hasta qué punto los investigadores chinos muy citados son interdisciplinarios?

Para responder a la segunda pregunta, después de la clasificación se obtuvieron 145 subcampos. Si se observaba a un investigador en dos campos, los dos campos se consideraban interconectados. En otras palabras, los nodos son subcampos y los enlaces son el número de investigadores compartidos entre diferentes conjuntos de dos campos.

En la tabla 1 calculamos la centralidad de cada nodo. Se obtuvo un índice de centralidad entre 0 y 100 al estandarizar los resultados.

Al examinar la centralidad de la intermediación, el campo con mayor intermediación fue inteligencia artificial y procesamiento de imágenes, seguidos de oncología y carcinogénesis, y luego por neurología y neurocirugía. Para la centralidad del vector propio, el campo con el valor más alto fue el de los materiales, seguido de la energía, luego la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes. La inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes tenían la mayor cantidad de enlaces y el mayor estatus de intermediarios. Materiales tenía la ruta más corta a otros campos y los campos directamente relacionados con Materiales tenían un estado promedio más alto.

Las tecnologías estratégicas y de capacitación son el campo más popular entre los investigadores chinos altamente citados, seguidas por la ingeniería, la química y las tecnologías de la información y la comunicación

Tabla 1. Centralidad de los nodos (Top 20)

Rango	Subcampos	Grado	Centralidad de intermediación	Centralidad de cercanía	Centralidad eigenvector
1	Inteligencia artificial y procesamiento de imágenes	100.00	100.00	98.89	91.33
2	Materiales	97.92	52.14	100.00	100.00
3	Redes y Telecomunicaciones	89.58	47.53	96.41	86.87
4	Energía	85.42	72.25	98.54	91.80
5	Oncología y carcinogénesis	81.25	88.08	97.11	68.50
6	Ingeniería mecánica y Transporte	75.00	26.36	90,90	78.27
7	Ciencias ambientales	72.92	51.88	90.28	69.62
8	Química analítica	68.75	17.84	93.09	79.55
9	Física aplicada	66.67	32.35	92.47	79.36
10	Neurología y Neurocirugía	64.58	74.27	94.06	62.71
11	Bioquímica y Biología molecular	64.58	42.52	87.10	48.50
12	Ingeniería industrial y Automatización	60.42	42.14	91.82	62.28
13	Biología vegetal y Botánica	56.25	48.52	90,60	50.05
14	Nanociencia y Nanotecnología	54.17	21.77	88.53	65.34
15	Optoelectrónica y Fotónica	52.08	7.20	84.64	62.89
16	Polímeros	52.08	7.56	82.32	61.65
17	Ingeniería química	50.00	4.61	87.10	64.23
18	Física química	50.00	6.94	84.91	62.99
19	Farmacología y Farmacia	50.00	19.12	86.80	56.14
20	Química Orgánica	47.92	6.28	83.07	57.23

Después de agrupar la red interdisciplinaria, se generaron seis categorías. La categoría más grande, como se muestra en la figura 2, fue energía y medio ambiente, seguida de medicina general y luego ingeniería. La medicina quirúrgica estaba separada de la medicina general. La arqueología estaba separada de las ciencias sociales. Estos hallazgos sugieren que la IDR en arqueología y cirugía es relativamente activa. El análisis de clusters encontró que la distancia geodésica promedio más alta fue en ciencias sociales, seguidas de medicina general, energía y medio ambiente. Estos tres campos tienen una gama más amplia de IDR.

Utilizamos análisis de enlaces y densidad para examinar más a fondo los seis grupos. La tabla 2 muestra los indicadores de análisis de enlace y densidad de las estructuras internas de los seis grupos. La figura 3 es un diagrama de red de relaciones de enlace de los diversos grupos.

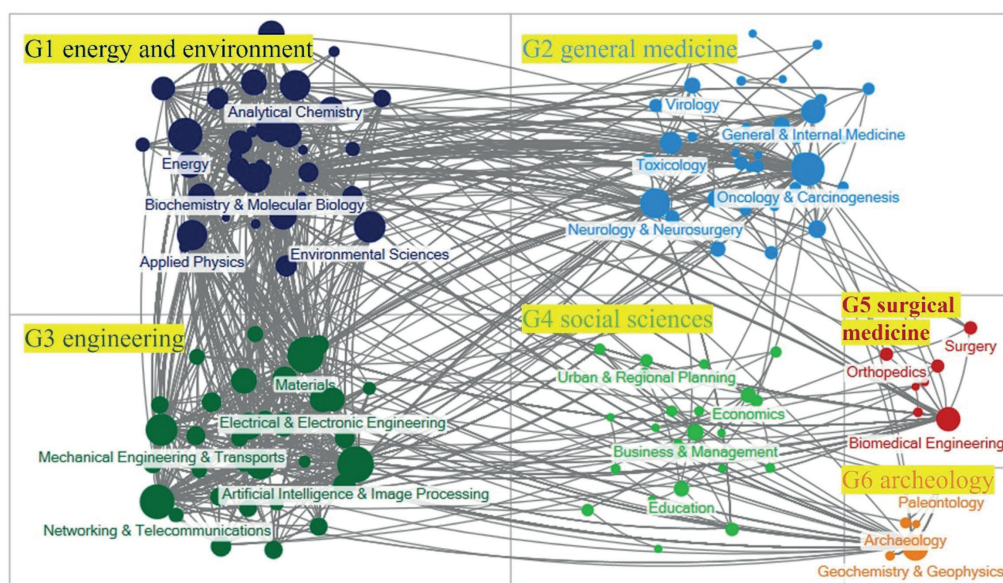


Figura 2. Redes de subcampos de investigadores chinos muy citados

Tabla 2. Indicadores de análisis de enlace y análisis de densidad para las estructuras internas de los seis grupos

Grupo	Nombre del cluster	Nodos	Enlaces	Diámetro	Distancia geodésica promedio	Densidad de grafo
G1	Energía y medio ambiente	38	1,577	4	1.93	0.25
G2	Medicina general	35	123	6	2.54	0.12
G3	Ingeniería	35	1,719	3	1.67	0.31
G4	Ciencias sociales	25	33	8	3.76	0.08
G5	Medicina quirúrgica	7	7	4	1.92	0.33
G6	Arqueología	5	61	3	1.36	0.50

Según los resultados del análisis de red, ingeniería presenta el mayor número de enlaces internos (1.719), seguida de energía y medioambiente (1.577). Curiosamente, encontramos que los grupos con muchos nodos no necesariamente tienen muchos enlaces. Por ejemplo, el grupo de medicina general tenía 35 nodos pero solo 123 enlaces. Además, el grupo de medicina quirúrgica contaba con siete nodos y siete enlaces. Con cinco nodos, la arqueología es el grupo más pequeño, pero sus 61 enlaces son más que las ciencias sociales con 33. El diámetro más grande y la distancia geodésica promedio más alta dentro de un grupo fueron para las ciencias sociales, que también tuvieron el mayor alcance. La mayor densidad de grafo dentro de un grupo fue para la arqueología (0,50), lo que indica una estrecha cooperación entre los diversos campos dentro del grupo. El grupo de ciencias sociales tuvo la densidad más baja (0,08) y, por lo tanto, la cooperación entre los diversos campos dentro del grupo fue relativamente baja.

Como se muestra en la figura 3, G1 y G3 tenían la relación más cercana con 1.280 enlaces. A continuación, G1 y G2 tenían 166 enlaces. G1, G2 y G3 tenían vínculos con otros grupos, mientras que G4 y G5 no tenían vínculos con G6. La especialidad de la arqueología se centra en la ingeniería, la energía y el medio ambiente, y la medicina general. Aunque la investigación en el campo de la arqueología tiene la apariencia de interdisciplinariedad, puede ser difícil realizar una investigación transversal con las ciencias sociales y la cirugía.

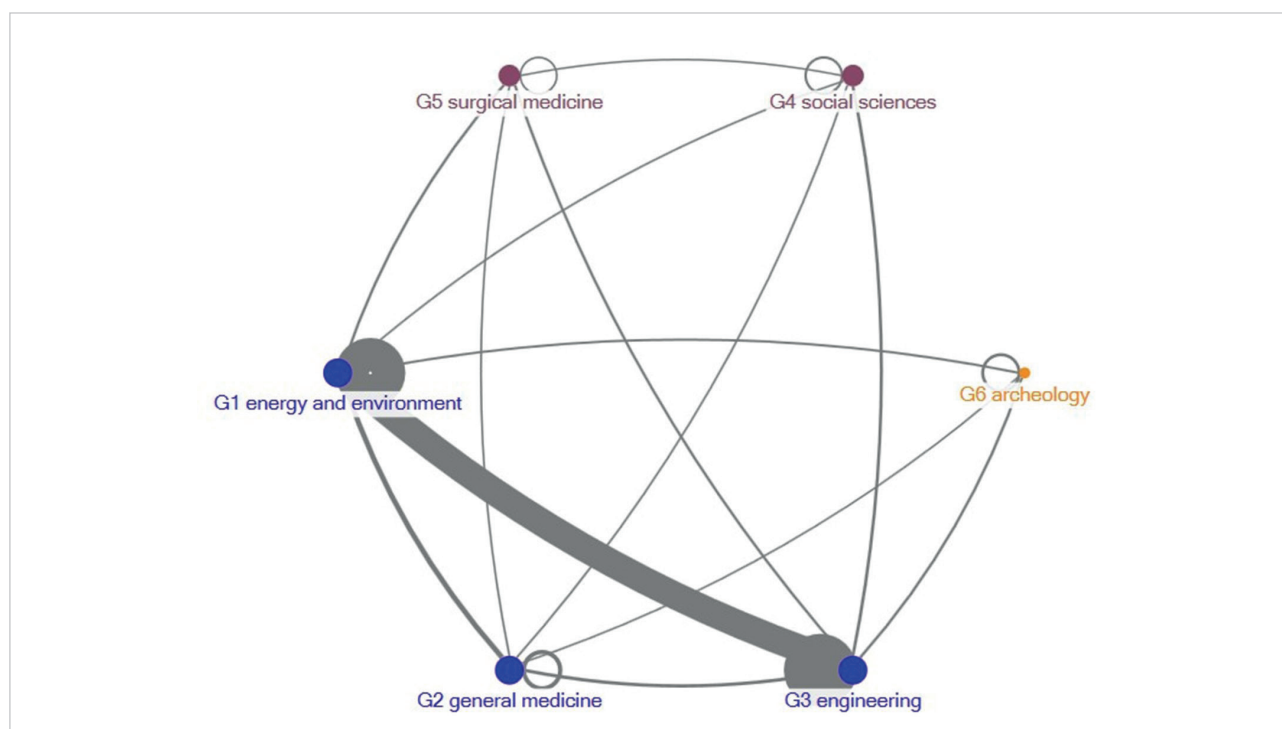


Figura 3. Red de relaciones de enlaces entre los grupos

RQ3. ¿Existen diferencias en el número de académicos altamente citados y las relaciones entre disciplinas en diferentes tipos de organizaciones?

Según los resultados del análisis, hay 80 disciplinas e institutos de investigación en 42 universidades World First-Class, 74 en universidades First-Class Academic Discipline Construction, 240 en universidades que no son Double First-Class, 30 en universidades fuera de China continental, y 284 en organizaciones no escolares. Contamos los atributos organizacionales y campos de investigación de todos los autores y creamos matrices para ellos. Los diagramas de red de las propiedades organizacionales y los campos de investigación se muestran en la figura 4.

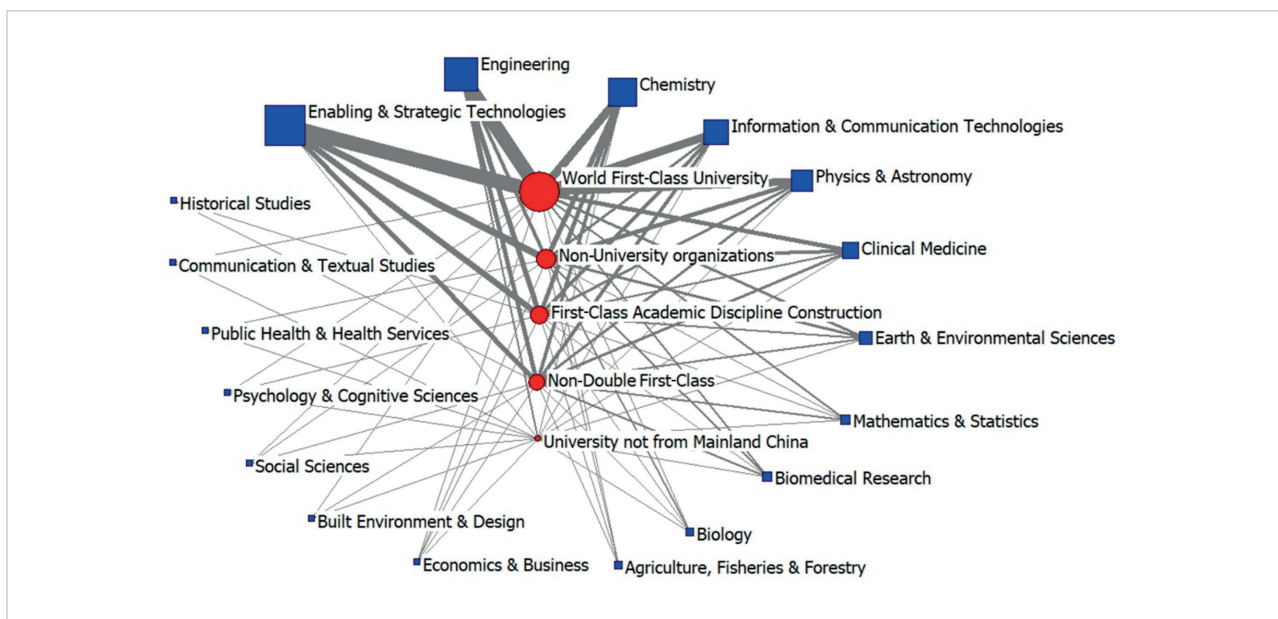


Figura 4. Red de tipos organizacionales y campos de investigación

Los nodos rojos en la figura 4 representan organizaciones con cinco propiedades, y el tamaño indica la cantidad de académicos de organizaciones en esa categoría (cuantos más académicos, más grande es el nodo). De manera similar, el tamaño de un nodo azul indica el número de académicos en el campo. Encontramos 2.442 académicos de universidades *World First-Class*, lo que representa el 46,3% del total, una cifra muy superior a la de otras categorías. El segundo grupo más grande fueron las organizaciones no universitarias con 1.052 académicos (20,0 %). La tercera categoría más grande fueron las universidades *First-Class Discipline Construction* con 862 académicos (16,4%). La cuarta categoría más grande fueron las universidades *Non-Double First-Class* con 828 académicos (15,7%). Finalmente, las universidades fuera de China continental representaron 88 académicos (1,7%).

Cuanto más grueso es el vínculo en la figura, más académicos tienen las organizaciones en el campo y mayor es la fuerza de la relación entre la organización y el campo. Encontramos que las tecnologías habilitadoras y estratégicas se desempeñaron mejor en la categoría *World First-Class*, seguidas por la ingeniería y luego la química. Los tres primeros en la categoría *First-Class Discipline Construction* fueron los mismos que en las universidades *World First-Class*. Las tecnologías habilitadoras y estratégicas continuaron teniendo el mejor desempeño entre las organizaciones no universitarias, seguidas por la química, la física y la astronomía. Entre las universidades que no son *Double First-Class*, la ingeniería y las tecnologías estratégicas ocuparon el primer lugar, seguidas de la ingeniería y luego de las tecnologías de la información y la comunicación. Entre las universidades fuera de China continental, la ingeniería ocupó el primer lugar, seguida de las tecnologías estratégicas y habilitadoras, y luego las tecnologías de la información y la comunicación.

El campo con mayor intermediación fue inteligencia artificial y procesamiento de imágenes, seguido de oncología y carcinogénesis, y luego neurología y neurocirugía

Para analizar más a fondo si existe una diferencia estadística en la red de distribución de talento para diferentes campos en cinco tipos de organizaciones, construimos una matriz de red relacional de dos modos de esas categorías. Las matrices relacionales monomodo de los dominios se derivaron de acuerdo con sus conexiones. Realizamos un análisis QAP en la matriz de relaciones de dominio de las cinco categorías y obtuvimos los resultados de la tabla 3.

Tabla 3. Correlaciones QAP para cinco categorías

	Universidad no de China continental	Organización no universitaria	Universidad Non-Double First-Class	Universidad <i>First-Class Academic Discipline Construction</i>
Universidad <i>World First-Class</i>	0.944318*	0.844537*	0.956538*	0.980226*
Universidad fuera de China continental		0.730437*	0.909001*	0.911998*
Organización no universitaria			0.850232*	0.860228*
Universidad <i>Non-Double First-Class</i>				0.940389*

*Significativo a $p < 0,001$

Los resultados del análisis muestran que la red de dominio entre las universidades de *World First-Class* y *First-Class Academic Discipline Construction* fue la más similar, alcanzando el 98,0%, seguida por las redes entre las universidades *World First-Class* y las universidades *Non-Double First-Class*. El desempeño difirió más entre las universidades fuera de China continental y las organizaciones no universitarias. En tercer lugar, la red de relaciones entre las universidades *World First-Class* y las organizaciones no universitarias. Además, la similitud de la red de relaciones entre las organizaciones no universitarias y todas las demás categorías fue inferior al 90%, lo que es peor que para otras categorías. Esto muestra que los académicos senior de las universidades *World First-Class* y las universidades *World First-Class Academic Discipline Construction* son similares en sus campos. Las organizaciones universitarias y las no universitarias tenían relaciones de campos relativamente diferentes.

8. Discusión y conclusión

En este estudio se utilizaron métodos de análisis de redes para investigar a investigadores chinos clasificados en el top 2% de los investigadores más citados del mundo. Se encontró que las tecnologías habilitadoras y estratégicas, la ingeniería, la química, además de las tecnologías de la información y la comunicación representaron una gran proporción de investigadores chinos muy citados, mientras que las ciencias sociales, los estudios históricos y algunos otros campos representaron solo una pequeña proporción. Esta discrepancia entre los campos puede haber sido exacerbada por el mayor énfasis del gobierno chino en la ciencia y la ingeniería. Según **Xu et al.** (2015), la financiación de las ciencias sociales en China es significativamente menor que la de las ciencias naturales, y la proporción de financiación del top 1% de artículos de ciencias sociales de China que han sido citados no fue alta y significativamente menor que la financiación en otros países con una alta producción de artículos. En términos de financiación, los beneficios de los académicos de ciencias sociales muy citados en China no están claros. Los cambios en las políticas de financiación pueden mejorar la investigación en ciencias sociales. Los subcampos de inteligencia artificial y procesamiento de imágenes, oncología y carcinogénesis, y neurología y neurocirugía tuvieron mayor centralidad de intermediación. Estos campos sirven como puentes entre disciplinas. La inteligencia artificial y las técnicas de procesamiento de imágenes se utilizan cada vez más como herramientas para conectar disciplinas dispares. Inteligencia artificial, según **Liu et al.** (2020), provocó la difusión del conocimiento y promovió la innovación tecnológica en China. En el campo de la investigación médica en China, se desarrolló el modelo médico de biología-psicología-sociedad para reemplazar el modelo biomédico de investigación de tratamiento único (**Song et al.**, 2010). Además, los subcampos de materiales, energía e inteligencia artificial y procesamiento de imágenes tenían una mayor centralidad eigenvector, en comparación con otros subcampos. También se realizó un análisis más profundo de los campos interdisciplinarios ocultos. Las redes interdisciplinarias de subdominios se agruparon en seis grupos. Es interesante notar que si bien las ciencias sociales no tenían un gran número de investigadores chinos muy citados, tenían la gama más amplia de actividades de IDR. La frecuencia y amplitud de la participación de los científicos sociales en investigaciones importantes está aumentando a medida que crecen los datos y el poder de cómputo, y que se necesitan cada vez más equipos diversos para resolver problemas complejos (**Buyalskaya et al.**, 2021). El número de investigadores chinos muy citados y los indicadores interdisciplinarios fueron más altos en medicina general, así como en energía y medio ambiente.

La importancia de IDR es universalmente reconocida (**Yang et al.**, 2010), y es apropiado expandir la extensión y profundidad de IDR para el desarrollo de la ciencia. Además, entre los académicos muy citados en China, las ciencias sociales tenían el mayor rango interdisciplinario, pero la cooperación dentro del grupo de ciencias sociales era baja. La cooperación más cercana ocurrió entre subcampos dentro de la arqueología. Otras disciplinas interdisciplinarias para la arqueología fueron la ingeniería, la energía y el medio ambiente y la medicina.

China es una de las cuatro civilizaciones antiguas con numerosos sitios y reliquias culturales. Debido a problemas técnicos y de conservación, la investigación relacionada con la arqueología tiene un ciclo largo y requiere la colaboración entre académicos de diversas disciplinas (**Wu et al.**, 2019; **Gu et al.**, 2013). Por ejemplo, el estudio de la metalurgia debe combinarse con la tecnología de la ingeniería, y el estudio de los restos humanos no puede separarse del conocimiento médico. Además, en la mayoría de los estudios arqueológicos se requieren conocimientos profesionales de energía y radiación, química, ciencias ambientales, geografía, climatología, historia, etc. (**Li et al.**, 2020; **Yu et al.**, 2012; **Jiang et al.**, 2017; **Li et al.**, 2010; **Deng et al.**, 2013; **Chen; Gideon**, 2014).

Hubo grandes diferencias en el número de organizaciones en varias categorías. Aunque solo hay 42 universidades *World First-Class*, representaron casi la mitad del top 2% de académicos de China. La distribución de los mejores académicos de China sigue la ley de Pareto. Las universidades *Double First-Class* representaron el

“ Ciencias sociales, estudios históricos y algunos otros campos representaron solo una pequeña proporción de investigadores chinos muy citados. Las diferencias entre los campos puede haber sido exacerbada por el mayor énfasis del gobierno chino en la ciencia y la ingeniería. ”

“ Materiales, energía e inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes tenían una centralidad eigenvector más alta, en comparación con otros subcampos ”

62,7% de los académicos de alto nivel y hubo diferencias significativas en la distribución de los académicos. Las universidades *Double First-Class* suelen estar bien financiadas y disfrutan de un alto estatus nacional y regional, mientras que muchas universidades generales en el centro y el oeste de China a menudo van a la zaga de las universidades *World First-Class* en términos de salario, tratamiento y financiación de la investigación científica. El gasto anual en investigación de algunas universidades *World First-Class* es diez veces mayor que el de las universidades ordinarias. En China, la mayoría de las universidades son de propiedad estatal, lo que suele ser un indicador de la financiación asignada por el estado, y no compiten en el mercado. La mayor parte de la financiación de la investigación proviene de los gobiernos (Jung; Seo, 2022). Sin embargo, las enormes diferencias halladas restringen el desarrollo de *colleges* y universidades generales. Los recursos humanos, la investigación, las colecciones de materiales, la conservación de datos, etc., pueden ser cubiertos por la financiación de la investigación. Si el gobierno proporcionara subsidios relativamente grandes a académicos altamente citados de universidades ordinarias, podría favorecer la retención de esos académicos. Por lo tanto, se generaría un derrame de conocimiento a las universidades generales de académicos altamente citados, y se promovería el desarrollo sostenible de las universidades generales en investigación científica.

Además, a partir de los resultados del análisis del modelo de bloques, cada bloque tenía sus propias características. Los estudios de académicos altamente citados de universidades *World First-Class* y universidades *first-class disciplines* fueron los más similares. Sin embargo, en términos de temas de investigación, hubo algunas diferencias entre los académicos universitarios y los académicos no universitarios, como los de las agencias gubernamentales y las instituciones de investigación empresarial. Se sugiere que el gobierno puede promover un efecto de triple hélice en las empresas y escuelas gubernamentales para que las organizaciones de diferente naturaleza puedan producir efectos sinérgicos (Choi et al., 2021). En las colaboraciones universidad-industria-gobierno, la cooperación entre dos organizaciones puede afectar la cooperación de la tercera (Leydesdorff; Park, 2014; Park; Stek, 2022). Para lograr una mejor cooperación, la triple cooperación debe ser estudiada y macrocontrolada. Debido a que la dinámica del sistema cambia constantemente, la endogeneidad del cambio y la innovación genera impulso y, a medida que el sistema se desarrolla se vuelven componentes necesarios la selección y el control (Leydesdorff; Smith, 2022). El desarrollo interdisciplinario antes de 2020 puede verse como un cambio e innovación endógenos, mientras que después de 2021, bajo la regulación estatal, el desarrollo interdisciplinario ha producido elegibilidad y control. En la próxima etapa, se utilizará la investigación basada en el efecto de triple hélice para regular mejor el sistema interdisciplinario de China.

Este estudio analizó las características interdisciplinarias de académicos chinos muy citados, descubrió desequilibrios en los campos y organizaciones a los que pertenecen y ofreció sugerencias razonables. China comenzó el desarrollo interdisciplinario a nivel nacional en 2020, y nuestra investigación puede servir como base para el desarrollo de las futuras referencias interdisciplinarias de China. Además, este estudio puede ser utilizado como referencia para políticas interdisciplinarias en otros países. Recientemente, muchos académicos han explorado las diferencias de género en los temas de investigación y su influencia. En futuras investigaciones, se considerará la clasificación por género, y del análisis de las diferencias de género se extraerá información de mayor valor.

La frecuencia y amplitud de la participación de los científicos sociales en investigaciones importantes está aumentando a medida que crecen los datos y el poder de cómputo, y que se necesitan cada vez más equipos diversos para resolver problemas complejos

Se sugiere que el gobierno puede promover un efecto de triple hélice en las empresas y escuelas gubernamentales para que organizaciones de diferente naturaleza puedan producir efectos sinérgicos. En las colaboraciones universidad-industria-gobierno, la cooperación entre dos organizaciones puede afectar la cooperación de la tercera

9. Declaraciones

Los autores no tienen conflictos de interés financieros o no financieros que revelar.

10. Referencias

- Abdullah, Dahlan; Susilo, S.; Ahmar, Ansari-Saleh; Rusli, R.; Hidayat, Rahmat (2021). "The application of K-means clustering for province clustering in Indonesia of the risk of the COVID-19 pandemic based on COVID-19 data". *Quality & quantity*. <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01176-w>
- Aboelela, Sally W.; Merrill, Jacqueline A.; Carley, Kathleen M.; Larson, Elaine (2007). "Social network analysis to evaluate an interdisciplinary research center". *Journal of research administration*, v. 38, n. 1, pp. 61-75.
- Baas, Jeroen; Boyack, Kevin; Ioannidis, John P. A. (2020). "Data for 'Updated science-wide author databases of standardized citation indicators'". *Mendeley data*, V2. <https://doi.org/10.17632/btchxktzyw.2>

- Barnett, George A.; Park, Han Woo; Jiang, Ke; Tang, Chuan; Aguillo, Isidro F.** (2014). "A multi-level network analysis of web-citations among the world's universities". *Scientometrics*, v. 99, pp. 5-26.
<https://doi.org/10.1007/s11192-013-1070-0>
- Benz, Pierre; Rossier, Thierry** (2022). "Is interdisciplinarity distinctive? Scientific collaborations through research projects in natural sciences". *Social science information*, v. 61, n. 1, pp. 179-214.
<https://doi.org/10.1177/05390184221077787>
- Bridle, Helen** (2018). "Following up on interdisciplinary encounters: Benefits for early career researchers". *European review*, v. 26, n. S2, pp. S6-S20.
<https://doi.org/10.1017/S1062798718000236>
- Buyalskaya, Anastasia; Gallo, Marcos; Camerer, Colin F.** (2021). "The golden age of social science". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 118, n. 5, e2002923118.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2002923118>
- Chen, Bo; Gideon, Shelach** (2014). "Fortified settlements and the settlement system in the Northern Zone of the Han Empire". *Antiquity*, v. 88, n. 339, pp. 222-240.
<https://doi.org/doi:10.1017/S0003598X00050328>
- Chen, Shiji; Arsenault, Clément; Larivière, Vincent** (2015). "Are top-cited papers more interdisciplinary?". *Journal of informetrics*, v. 9, n. 4, pp. 1034-1046.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2015.09.003>
- Choe, Hochull; Lee, Duk H.** (2017). "The structure and change of the research collaboration network in Korea (2000-2011): network analysis of joint patents". *Scientometrics*, v. 111, pp. 917-939.
<https://doi.org/10.1007/s11192-017-2321-2>
- Choi, Jin A.; Park, Sejung; Lim, Yon-Soo; Nam, Yoonjae; Nam, Inyong; Park, Han Woo** (2021). "Network arrangements underlying strategic corporate social responsibility: Findings from globalized cyberspace and lessons for Asian regions". *Journal of contemporary Eastern Asia*, v. 20, n. 2, pp. 19-34.
<https://doi.org/10.17477/JCEA.2021.20.2.019>
- Choi, Sujin; Yang, Joshua S.; Park, Han Woo** (2015). "The Triple Helix and international collaboration in science". *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 66, pp. 201-212.
<https://doi.org/10.1002/asi.23165>
- Clauset, Aaron; Newman, M. E. J.; Moore, Christopher** (2004). "Finding community structure in very large networks". *Physical review E*, v. 70, n. 6, e066111.
<https://doi.org/10.1103/physreve.70.066111>
- Cunningham, Eoghan; Smyth, Barry; Greene, Derek** (2022). "Navigating multidisciplinary research using field of study networks". In: *International conference on complex networks and their applications*, v. 1015, pp. 104-115. Cham: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-93409-5_10
- De-Luca, Marino** (2021). "Methods for analysing citizens' attitudes: a hypothetical Italian referendum about the membership of the European Union as a case study". *Quality & quantity*.
<https://doi.org/10.1007/s11135-021-01201-y>
- Deng, Biao; Nie, Yueping; Guo, Huadong; Wang, Changlin; Lei, Shenglin; Li, Rong** (2013). "Remote sensing detection and verification of disappeared reservoirs along the Grand Canal of China". *International journal of digital earth*, v. 6, n. 3, pp. 219-232.
<https://doi.org/10.1080/17538947.2011.625048>
- Elsevier (2021). *Chinese highly cited researcher*, Elsevier.
<https://www.elsevier.com/zh-cn/solutions/scopus/most-cited>
- Glänzel, Wolfgang; Debackere, Koenraad** (2021). "Various aspects of interdisciplinarity in research and how to quantify and measure those". *Scientometrics*.
<https://doi.org/10.1007/s11192-021-04133-4>
- Gu, Zhaolin; Luo, Xilian; Meng, Xiangzhao; Wang, Zanshe; Ma, Tao; Yu, Chuck; Rong, Bo; Li, Ku; Li, Wenwu; Tan, Ying** (2013). "Primitive environment control for preservation of pit relics in archeology museums of China". *Environmental science & technology*, v. 47, n. 3, pp. 1504-1509.
<https://doi.org/10.1021/es303981m>
- Jiang, Aihui; Chen, Fulong; Masini, Nicola; Capozzoli, Luigi; Romano, Gerardo; Sileo, Maria; Yang, Ruixia; Tang, Panpan; Chen, Panpan; Lasaponara, Rosa; Liu, Guolin** (2017). "Archeological crop marks identified from Cosmo-SkyMed time series: the case of Han-Wei capital city, Luoyang, China". *International journal of digital earth*, v. 10, n. 8, pp. 846-860.
<https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1254686>

- Ju, Yonghan; Sohn, So Y.** (2015). "Identifying patterns in rare earth element patents based on text and data mining". *Scientometrics*, v. 102, pp. 389-410.
<https://doi.org/10.1007/s11192-014-1382-8>
- Jung, Yongim; Seo, Tae-Sul** (2022). "ICT-based cooperative model for transparent and sustainable scholarly publishing ecosystem". *Journal of contemporary Eastern Asia*, v. 21, n. 1, pp. 53-71.
<https://doi.org/10.17477/JCEA.2022.21.1.053>
- Katoh, Shogo; Aalbers, Rick H. L.; Sengoku, Shintaro** (2021). "Effects and interactions of researcher's motivation and personality in promoting interdisciplinary and transdisciplinary research". *Sustainability*, v. 13, n. 22, e12502.
<https://doi.org/10.3390/su132212502>
- Lamirel, Jean C.; Chen, Yue; Cuxac, Pascal; Shehabi, Shadi A.; Dugue, Nicolas; Liu, Zeyuan** (2020). "An overview of the history of Science in China based on the use of bibliographic and citation data: a new method of analysis based on clustering with feature maximization and contrast graphs". *Scientometrics*, v. 125, pp. 2971-2999.
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03503-8>
- Leydesdorff, Loet; Park, Han Woo** (2014). "Can synergy in Triple Helix relations be quantified? A review of the development of the Triple Helix indicator". *Triple helix*, v. 1, e4.
<https://doi.org/10.1186/s40604-014-0004-z>
- Leydesdorff, Loet; Smith, Helen L.** (2022). "Triple, quadruple, and higher-order helices: Historical phenomena and (neo-) evolutionary models". *Triple helix* (published online ahead of print 2022).
<https://doi.org/10.1163/21971927-bja10022>
- Li, Bingjie; Jiang, Xudong; Tu, Yin; Lv, Jianguo; Fu, Qiang; Wei, Bei; Hu, Tao; Pan, Chunxu** (2020). "Study on manufacturing process of ancient Chinese bi-metallic bronze Ge". *Archaeological and anthropological sciences*, v. 12, e62.
<https://doi.org/10.1007/s12520-020-01021-5>
- Li, Rencheng; Carter, John A.; Xie, Shucheng; Zou, Shengli; Gu, Yansheng; Zhu, Junying; Xiong, Beisheng** (2010). "Phytoliths and microcharcoal at Jinluojia archeological site in middle reaches of Yangtze River indicative of paleoclimate and human activity during the last 3000 years". *Journal of archaeological science*, v. 37, n. 1, pp. 124-132.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.022>
- Liu, Chen; Shan, Wei; Yu, Jing** (2011). "Shaping the interdisciplinary knowledge network of China: a network analysis based on citation data from 1981 to 2010". *Scientometrics*, v. 89, pp. 89-106.
<https://doi.org/10.1007/s11192-011-0450-6>
- Liu, Jun; Chang, Huihong; Forrest, Jeffrey Y. L.; Yang, Baohua** (2020). "Influence of artificial intelligence on technological innovation: Evidence from the panel data of China's manufacturing sectors". *Technological forecasting and social change*, v. 158, e120142.
- MacLeod, Miles** (2018). "What makes interdisciplinarity difficult? Some consequences of domain specificity in interdisciplinary practice". *Synthese*, v. 195, pp. 697-720.
<https://doi.org/10.1007/s11229-016-1236-4>
- Mansano, Rafael E.; Allem, Luiz E.; Del-Vecchio, Renata R.; Hoppen, Carlos** (2021). "Balanced portfolio via signed graphs and spectral clustering in the Brazilian stock market". *Quality & quantity*.
<https://doi.org/10.1007/s11135-021-01227-2>
- Moirano, Regina; Sánchez, Marisa A.; Štěpánek, Libor** (2020). "Creative interdisciplinary collaboration: A systematic literature review". *Thinking skills and creativity*, v. 35, e100626.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.100626>
- National Natural Science Foundation of China* (2020). National Natural Science Fund Guide to Programs 2020.
https://www.nsf.gov.cn/english/site_1/pdf/NationalNaturalScienceFundGuidetoPrograms2020.pdf
- National Office for Philosophy and Social Science* (2021). List of National Social Science Funding approved projects, *National Office for Philosophy and Social Science*.
<http://www.nopss.gov.cn/GB/219469>
- Park, Han Woo; Stek, Pieter** (2022). "Measuring helix interactions in the context of economic development and public policies: From triple to quadruple and n-tuple helix vs. n-tuple and quadruple helix to triads". *Triple helix*, v. 9, n. 1, pp. 43-53.
<https://doi.org/10.1163/21971927-bja10026>
- Park, Han Woo; Thelwall, Mike** (2006). "Web-science communication in the age of globalization". *New media & society*, v. 8, n. 4, pp. 629-650.
<https://doi.org/10.1177/1461444806065660>

- Park, Han Woo; Thelwall, Mike** (2008). "Link analysis: Hyperlink patterns and social structure on politicians' web sites in South Korea". *Quality & quantity*, v. 42, pp. 687-697.
<https://doi.org/10.1007/s11135-007-9109-z>
- Park, Han Woo; Yoon, Jungwon; Leydesdorff, Loet** (2016). "The normalization of co-authorship networks in the bibliometric evaluation: the government stimulation programs of China and Korea". *Scientometrics*, v. 109, pp. 1017-1036.
<https://doi.org/10.1007/s11192-016-1978-2>
- Park, Hyo-Chan; Youn, Jonghee M.; Park, Han Woo** (2019b). "Global mapping of scientific information exchange using altmetric data". *Quality & quantity*, v. 53, pp. 935-955.
<https://doi.org/10.1007/s11135-018-0797-3>
- Park, Sejung; Chung, Dahoon; Park, Han Woo** (2019a). "Analytical framework for evaluating digital diplomacy using network analysis and topic modeling: Comparing South Korea and Japan". *Information processing & management*, v. 56, n. 4, pp. 1468-1483.
<https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.10.021>
- Paton, Eva N.; Smetanová, Anna; Krueger, Tobias; Parsons, Anthony** (2019). "Perspectives and ambitions of interdisciplinary connectivity researchers". *Hydrology and earth system sciences*, v. 23, n. 1, pp. 537-548.
- Seok, Hwayoon; Barnett, George A.; Nam, Yoonjae** (2021). "A social network analysis of international tourism flow". *Quality & quantity*, v. 55, pp. 419-439.
<https://doi.org/10.1007/s11135-020-01011-8>
- Singh, Vibhav; Verma, Surabhi; Chaurasia, Sushil S.** (2020). "Mapping the themes and intellectual structure of corporate university: co-citation and cluster analyses". *Scientometrics*, v. 122, pp. 1275-1302.
<https://doi.org/10.1007/s11192-019-03328-0>
- Song, Peipei; Wu, Qiang; Huang, Yong** (2010). "Multidisciplinary team and team oncology medicine research and development in China". *Bioscience trends*, v. 4, n. 4, pp. 151-160.
<https://www.biosciencetrends.com/article/326>
- Sun, Yutao; Cao, Cong** (2020). "The dynamics of the studies of China's science, technology and innovation (STI): a bibliometric analysis of an emerging field". *Scientometrics*, v. 124, pp. 1335-1365.
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03500-x>
- Uddin, Shahadat; Choudhury, Nazim; Hossain, Md-Ekramul** (2019). "A research framework to explore knowledge evolution and scholarly quantification of collaborative research". *Scientometrics*, v. 119, pp. 789-803.
<https://doi.org/10.1007/s11192-019-03057-4>
- Wagner, Caroline S.; Zhang, Lin; Leydesdorff, Loet** (2022). "A discussion of measuring the top-1% most-highly cited publications: quality and impact of Chinese papers". *Scientometrics*.
<https://doi.org/10.1007/s11192-022-04291-z>
- Wang, Chuanyi; Guo, Fei; Wu, Qing** (2021). "The influence of academic advisors on academic network of Physics doctoral students: empirical evidence based on scientometrics analysis". *Scientometrics*, v. 126, pp. 4899-4925.
<https://doi.org/10.1007/s11192-021-03974-3>
- Wu, Yongxing; Lin, Shaofu; Peng, Fei; Li, Qi** (2019). "Methods and application of archeological cloud platform for grand sites based on spatio-temporal big data". *ISPRS International journal of geo-information*, v. 8, n. 9, pp. 377.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8090377>
- Xu, Xin; Tan, Alice M.; Zhao, Star X.** (2015). "Funding ratios in social science: the perspective of countries/territories level and comparison with natural sciences". *Scientometrics*, v. 104, pp. 673-684.
<https://doi.org/10.1007/s11192-015-1633-3>
- Yang, Chang H.; Park, Han Woo; Heo, Jungeun** (2010). "A network analysis of interdisciplinary research relationships: the Korean government's R&D grant program". *Scientometrics*, v. 83, pp. 77-92.
<https://doi.org/10.1007/s11192-010-0157-0>
- Yang, Yi; Liu, Lin** (2021). "The politics of academic innovation: A cross-national study of the effects of regime type on knowledge production". *Asian journal of technology innovation*, v. 29, n. 3, pp. 389-413.
<https://doi.org/10.1080/19761597.2020.1815066>
- Yarime, Masaru; Trencher, Gregory; Mino, Takashi; Scholz, Roland W.; Olsson, Lennart; Ness, Barry; Frantzeskaki, Niki; Rotmans, Jan** (2012). "Establishing sustainability science in higher education institutions: Towards an integration of academic development, institutionalization, and stakeholder collaborations". *Sustainability Science*, v. 7, n. 1, pp. 101-113.
<https://doi.org/10.1007/s11625-012-0157-5>

- Yegros-Yegros, Alfredo; Rafols, Ismael; D'Este, Pablo** (2015). "Does interdisciplinary research lead to higher citation impact? The different effect of proximal and distal interdisciplinarity". *PLoS one*, v. 10, n. 8, e0135095.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135095>
- Yoon, Jungwon; Park, Han Woo** (2020). "Pattern and trend of scientific knowledge production in North Korea by a semantic network analysis of papers in journal titled technological innovation". *Scientometrics*, v. 124, pp. 1421-1438.
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03497-3>
- Yoon, Jungwon; Yang, Joshua S.; Park, Han Woo** (2017). "Quintuple helix structure of Sino-Korean research collaboration in science". *Scientometrics*, v. 113, pp. 61-81.
<https://doi.org/10.1007/s11192-017-2476-x>
- Yu, Wei; Li, Maoqing; Li, Xin** (2012). "Fragmented skull modeling using heat kernels". *Graphical models*, v. 74, n. 4, pp. 140-151.
<https://doi.org/10.1016/j.gmod.2012.03.011>
- Zeng, An; Shen, Zhesi; Zhou, Jianlin; Wu, Jinshan; Fan, Ying; Wang, Yougui; Stanley, H. E.** (2017). "The science of science: From the perspective of complex systems". *Physics reports*, v. 714-715.
<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2017.10.001>
- Zhang, Lin; Leydesdorff, Loet** (2021). "The scientometric measurement of interdisciplinarity and diversity in the research portfolios of Chinese universities". *Journal of data and information science*, v. 6, n. 4, pp. 13-35.
<https://doi.org/10.2478/jdis-2021-0027>
- Zhang, Lin; Shang, Yuanyuan; Huang, Ying; Sivertsen, Gunnar** (2021). "Toward internationalization: A bibliometric analysis of the social sciences in Mainland China from 1979 to 2018". *Quantitative science studies*, v. 2, n. 1, pp. 376-408.
https://doi.org/10.1162/qss_a_00102
- Zheng, Jia; Zhao, Zhi Y.; Zhang, Xu; Chen, Dar Z.; Huang, Mu H.; Lei, Xiao P.; Zhang, Ze Y.; Zhao, Yun H.** (2012). "International scientific and technological collaboration of China from 2004 to 2008: A perspective from paper and patent analysis". *Scientometrics*, v. 91, n. 1, pp. 65-80.
<https://doi.org/10.1007/s11192-011-0529-0>
- Zhu, Xiang; Zhang, Yunqiu** (2020). "Co-word analysis method based on meta-path of subject knowledge network". *Scientometrics*, v. 123, pp. 753-766.
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03400-0>
- Zhu, Xinhua; Wang, Qianli; Zhang, Peifeng; Yu, Yunjiang; Xie, Lingling** (2021). "Optimizing the spatial structure of urban agglomeration: based on social network analysis". *Quality & quantity*, v. 55, pp. 683-705.
<https://doi.org/10.1007/s11135-020-01016-3>
- Zhu, Yupeng; Park, Han Woo** (2020). "Uncovering blockchain research publications in Asia compared to the rest of the world". *Journal of The Korean Data Analysis Society*, v. 22, n. 2, pp. 513-526.
- Zhu, Yupeng; Park, Han Woo** (2021). "Development of a COVID-19 web information transmission structure based on a quadruple helix model: Webometric network approach using Bing". *Journal of medical internet research*, v. 23, n. 8, e27681.
<https://doi.org/10.2196/27681>