

Analysis of the indexed scientific productions related to the subject area of nanomaterials in the reference database of Web of science and drawing of a scientific map

Jafar Ebadollah Amuqin

Assistant Professor, Department of Information Science and Epistemology, University of Qom, Qom, Iran (**Corresponding author**). q.stim2020@gmail.com

Mohammad Reza Nasiri

Doctoral student of knowledge management, Department of Information Science and Epistemology, University of Qom, Qom, Iran. mrnasiri1989@gmail.com

Abstract

Introduction: The purpose of the current research is to draw a scientific map and analyze the articles published in the subject area of nanomaterials using the articles indexed in the WOS database.

Methods: This research is applied and was carried out with a scientometric approach. In order to extract the data, the wos advanced search section was used and the keyword "nano materials" was searched and 4637 records were retrieved. After refining and equalizing, the data were entered into scientific software and the desired maps were drawn. Bibliometrix package in R software was used to illustrate the maps.

Findings: The findings showed that a total of 4637 information records are indexed in this database. China ranks first with the production of 3459 information records, and the countries of India and the United States rank second and third with the production of 1370 and 884 information records. Iran also ranks fourth with the production of 589 information records. More than 95% of scientific productions are in English, and the Chinese language ranks second with 166 information records. Islamic Azad University from Iran first produced 105 information records. The most frequent keyword related to nanomaterial is 847. Among the keywords of the indexed scientific records, the keywords nanoparticles and nanomaterials have the highest co-occurrence with 14 repetitions.

The indexed scientific records were divided into 5 clusters of nanomaterials, carbon nanotubes, mechanical properties, photocatalysis, and carbon nanomaterials, and the carbon nanomaterials cluster has reached maturity. Photocatalyst clusters and mechanistic properties are developed but distinct. Carbon nanotubes are located in the peripheral clusters (emerging or decaying) and finally, the nanomaterials cluster is located in the central but underdeveloped clusters. Therefore, despite the history of more than 30 years, this field of technology still has a lot of work to do.

¹ Received: 2022/11/10 ; Received in revised form: 2023/02/18 ; Accepted: 2023/02/22 ; Published online: 2023/12/23

© The Author(s)

Article type: Research Article

Published by: University of Qom

<https://doi.org/10.22091/STIM.2024.10513.2089>



Keywords: Nanomaterials, illustration, scientific products, scientific maps, scientometrics, Web of Science.



تحلیل تولیدات علمی نمایه شده مرتبط با حیطه موضوعی نانو مواد در پایگاه استنادی وب آوساینس و ترسیم نقشه علمی^۲

جعفر عبداله عموقین

استادیار، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه قم، قم، ایران (نویسنده مسئول). q.stim2020@gmail.com

محمد رضا نصیری

دانشجوی دکتری مدیریت دانش، گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه قم، قم، ایران. mrnasiri1989@gmail.com

چکیده

مقدمه: هدف پژوهش حاضر ترسیم نقشه علمی و تحلیل مقالات منتشر شده در حوزه موضوعی نانو مواد با استفاده از مقالات نمایه شده در پایگاه WOS است.

روش: این پژوهش از نوع کاربردی بوده و با رویکرد علم‌سنجی انجام شده است. جهت استخراج داده‌ها از قسمت جستجوی پیشرفته WOS استفاده شد. و کلید واژه به شکل "nano materials" جستجو شد و ۴۶۳۷ رکورد بازیابی شد. داده‌ها پس از پالایش و یکسان‌سازی وارد نرم‌افزارهای علم‌سنجی شده و نقشه‌های مورد نظر ترسیم شد. در نهایت جهت ترسیم نقشه‌ها از نرم‌افزار بیبلیومتریکس در نرم افزار R استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که در مجموع ۴۶۳۷ رکورد اطلاعاتی در حیطه موضوعی مورد نظر در این پایگاه نمایه شده است. کشور چین با تولید ۳۴۵۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه اول قرار دارد و کشورهای هند و آمریکا با تولید ۱۳۷۰ و ۸۸۴ رکورد اطلاعاتی در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. ایران نیز با تولید ۵۸۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه چهارم قرار دارد. بیش از ۹۵ درصد تولیدات علمی به زبان انگلیسی بوده و زبان چینی با ۱۶۶ رکورد اطلاعاتی در رتبه دوم قرار دارد. دانشگاه آزاد اسلامی از کشور ایران با تولید ۱۰۵ رکورد اطلاعاتی رتبه اول را به خود اختصاص داده است. پرتکرارترین کلیدواژه مربوط به nanomaterial با بسامد ۸۴۷ است. در بین کلیدواژه‌های رکوردهای علمی نمایه شده، کلیدواژه nanoparticles و nanomaterials با ۱۴ تکرار، دارای بیشترین هم‌رخدادی هستند.

رکوردهای علمی نمایه شده در ۵ خوشه مواد نانو، نانولوله کربنی، ویژگی‌های مکانیکی، فوتوکاتالیز و نانومواد کربنی تقسیم‌بندی شد که خوشه نانومواد کربنی به بلوغ رسیده است. خوشه‌های فوتوکاتالیز و ویژگی‌های مکانیکی، توسعه یافته اما مجزا هستند. نانولوله‌های کربنی در بخش خوشه‌های حاشیه‌ای (رو به ظهور یا زوال) و در نهایت

^۲ تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۹؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۳؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

© نویسندگان

نوع مقاله: پژوهشی ناشر: دانشگاه قم





خوشه مواد نانو در بخش خوشه‌های مرکزی اما توسعه‌نیافته قرار دارند. بنابراین این حوزه از تکنولوژی با وجود سابقه بیش از ۳۰ سال، هنوز جای کار بسیاری دارد.



مقدمه

مواد نانو به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آن (طول، عرض، ضخامت) زیر ۱۰۰ نانومتر است، تعریف می‌شود و یک نانومتر یک‌هزارم میکرون و حدود ۱۰۰۰۰۰ برابر کوچک‌تر از قطر موی انسان است. خواص فیزیکی و شیمیایی مواد نانو در مقایسه با مواد بزرگتر و میکروسکوپی تفاوت‌های اساسی دارند. فناوری نانو قادر است مواد را تا اندازه‌ای کوچک کند که با دوباره‌سازی آنها بتوان مواد و فناوری‌های جدیدی را به دنیا عرضه کرد (گل افشانی و قلعه نوی، ۲۰۱۸).

این فناوری جوان است و توانسته از ابتدای قرن ۲۱ به عنوان فناوری کلیدی مورد توجه دولت‌های توسعه‌یافته و در حال توسعه قرار گیرد. جامعه جهانی از ابتدای تجاری سازی این فناوری شاهد پیامدهای مثبت آن در صنایع مختلف بوده است و نانومواد به جهت ماهیت منحصر به فرد و ابعاد بسیار کوچک ظرفیت ایجاد تغییرات گسترده نه تنها در استانداردهای زندگی که در جنبه‌های انسانی زندگی بشر را دارد (محمودی کردی و پورباباگل، ۲۰۲۲).

یکی از راههایی که به پژوهشگران برای رسیدن به اهداف پژوهشی در حوزه تخصصی آن‌ها کمک می‌کند، داشتن درک و نمایی کلی از چارچوب علمی حوزه مورد نظر است و ترسیم ساختار علمی در حوزه مواد نانو می‌تواند به داشتن درک و نمایی کلی از چارچوب مطالعات این حوزه کمک کند. از طرفی، یکی از روشهای پر استفاده که برای تحلیل ساختار دانش در حوزه‌های مختلف استفاده می‌شود ارتباط میان واژگان به کار رفته در قسمتهای مختلف مدرک (از جمله عنوان، چکیده، کلیدواژه‌ها و متن) است که از آن به عنوان هم‌واژگانی یاد میشود (سهیلی، شعبانی و خاصه، ۱۳۹۵). از مهمترین اهداف تولید نقشه‌های علمی شناسایی الگوها و گرایش‌ها، ارائه تصویری کلان از وضعیت پژوهشهای صورت گرفته و چگونگی ارتباط حوزه‌ها با همدیگر و همچنین آگاهی از چگونگی رشد و توسعه این حوزه‌ها است (صدیقی، ۱۳۹۳). در واقع، تحلیل هم‌واژگانی، نوعی تحلیل محتواست که در آن فراوانی رخداد کلماتی که با هم در یک حوزه بکار گرفته شده‌اند - با این پیشفرض که به هم مرتبط می‌شوند - در نظر گرفته می‌شود (کاستوف، ۱۹۹۳).

علم‌سنجی به معنای سنجش و ارزیابی تحقیقات و تولیدات علمی است. این فرایند به کسب اطلاعات در مورد تحقیقات و تولیدات علمی، ارزیابی و تعیین معیارهای مدیریتی مانند بودجه، جایگاه و بازده دانشگاه‌ها و مراکز علمی می‌پردازد (اسچافلین و گلانزل^۳، ۲۰۰۱).

هدف از این پژوهش بررسی تولیدات علمی در حوزه مواد نانو و شناسایی دانشمندان، مجلات هسته، کشورهای پرکار و کلیدواژه‌های دارای بیشترین هم‌رخدادی در این حوزه است. بنابراین سوالات پژوهش به شکل زیر مطرح می‌شود:

۱. بیشترین مقالات نمایه شده در حوزه مواد نانو مربوط به کدام نشریات، نویسندگان، موسسات، کشورها و موضوعات است؟

۲. پرتکرارترین کلیدواژه‌های حوزه مواد نانو کدامند؟

۳. توزیع فراوانی کلیدواژه‌های حوزه مواد نانو براساس میزان هم‌واژگانی چگونه است؟



۴. ساختار کلی شبکه کلیدواژه‌های پربسامد در حوزه مواد نانو چگونه است؟
۵. مهمترین خوشه‌های مبتنی بر تحلیل هم‌واژگانی در حوزه مواد نانو کدامند؟
۶. گرایش‌های پژوهشی حوزه مواد نانو در بازه زمانی مورد بررسی، چه تغییراتی داشته است؟
۷. خوشه‌های حاصل از تحلیل هم‌واژگانی از نظر بلوغ و توسعه‌یافتگی در نمودار راهبردی حوزه مواد نانو در چه وضعیتی قرار دارند؟

روش‌شناسی

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و با رویکرد علم‌سنجی انجام شده است. جهت استخراج داده‌ها از قسمت جستجوی پیشرفته WOS در تاریخ ۱۴۰۲/۰۲/۰۱ با راهبرد جستجوی "nano materials" در TS=AK, AB, TI, KP با عملگر منطقی OR استفاده شده است و ۶۳۷ رکورد بازیابی شده است. داده‌ها پس از پالایش و یکسان‌سازی وارد نرم‌افزارهای علم‌سنجی شده و نقشه‌های مورد نظر ترسیم شده است. در این پژوهش از کتابخانه بیبلیومتریکس در نرم‌افزار آر جهت نقشه کلی خوشه‌ها، چگالی و تعداد خوشه‌ها و کلیدواژه‌ها، ترسیم نقشه کلی و همچنین نقشه خوشه‌ها و ارتباطات بین کلیدواژه‌های داخل خوشه‌ها و مشخص کردن هم‌رخدادی واژگان استفاده شد.

پیشینه پژوهش در داخل و خارج از کشور

برای جستجوی منابع مرتبط به پایگاه‌های اطلاعاتی آنلاین و سایت مجلات مرتبط با علم‌سنجی استفاده مراجعه شد.

در پژوهشی که توسط عصاره و مصطفوی (۱۳۸۹) در حوزه علوم و فناوری نانو در ایران انجام شد، برون داده‌های علمی نویسندگان ایران در طول سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ را مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، نویسندگان پراستناد و پربیوند (تاثیرگذار)، ضریب همکاری گروهی بین آنان، مجلات پراستناد و موثر، نرخ رشد برون داده‌های علمی، قالب و زبان انتشارات، و کشورهای همکاری‌کننده با محققان ایرانی و نقشه تاریخ‌نگاری حوزه علوم و فناوری نانو در ایران مورد بررسی قرار گرفت. در طول دوره زمانی مورد بررسی، ۹۵۹ مدرک توسط نویسندگان ایران در ۵ قالب مختلف و در ۱۱۱ عنوان مجله منتشر شده و متوسط رشد آن‌ها ۷۱ درصد بوده است. نویسندگان ۳۱ کشور در تولید این آثار با ایران مشارکت داشته‌اند. کشورهای کانادا، انگلستان و آلمان به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را بدست آوردند و ضریب هم‌نویسندگی ۰.۴۴۸ محاسبه شد. بر اساس استنادات، حوزه مورد نظر پنج خوشه موضوعی را شامل می‌شود. این خوشه‌ها به ترتیب عبارتند از: «روش‌های فتوشیمیایی کنترل اندازه ذرات نانو»، «تحلیل نقطه کوانتومی متناوب فلزات»، «خواص و شاخص‌های مختلف نانولوله»، «محاسبه شاخص‌های نانولوله» و «ترکیب نانولوله».

در مقاله خوشیان و اسبکیان (۱۳۹۵) با استفاده از روش‌های علم‌سنجی و وب‌سنجی، وضعیت تولیدات علمی مردان و زنان پژوهشگر در رشته علوم و فناوری نانو و وضعیت مقالات آزاد و غیرآزاد آنان در وب بررسی شده است. جامعه پژوهش در این مطالعه، پژوهشگر بین‌المللی زن و مرد که سه یا کم‌تر از سه مقاله در رشته علوم و فناوری نانو در بازه زمانی ۲۰۰۷-۲۰۰۹ منتشر کرده بودند. نتایج نشان داد که بین زنان و مردان از لحاظ میانگین مقالات آزاد



و نیز ضریب تاثیر، اختلاف معناداری وجود ندارد. اما بین فراوانی محققان زن و مرد، اختلاف معناداری به نفع مردان وجود دارد.

یافته‌های ظهوریان (۱۴۰۱) در تحقیقی با عنوان "نگاشت نقشه علمی تحقیقات هوش مصنوعی ایران مبتنی بر پایگاه استنادی اسکوپوس" نشان داد که ایران در بین کشورهای در حوزه موضوعی هوش مصنوعی در رتبه ۳۱ام پایگاه اسکوپوس قرار دارد. محققان ایرانی بیشترین همکاری را با نویسندگان امریکایی داشته‌اند. در بین دانشگاه‌ها بیشترین تولیدات علمی مربوط به دانشگاه تهران بوده است.

هایر^۴ (۲۰۰۱) به بررسی روابط متقابل بین علم و فناوری در حوزه نوظهور علم و فناوری نانو پرداخت و روابط استناد به ثبت اختراع را در سطوح رشته‌ای، سازمانی و ترکیبی صنعتی/سازمانی در موقعیت جغرافیایی و وابستگی سازمانی مخترع/نویسندگان بررسی شد. یافته اصلی این بود که فقط تعداد کمی از استنادها وجود دارد که اختراعات نانو را با مقالات علمی نانو مرتبط می‌کند، در حالی که علم و فناوری نانو در مقایسه با سایر زمینه‌ها ارتباط نسبتاً خوبی دارد و کاوش‌های بیشتر نشان می‌دهد که علوم دانشگاهی و فناوری نانو عمدتاً حوزه‌هایی از هم جدا هستند، اگرچه همپوشانی‌هایی وجود دارد. مشاهدات دیگر نشان داد پتنت‌های اختصاص داده شده توسط دانشگاه بیشتر از سایر اختراعات به مقالات استناد می‌کنند.

در پژوهشی دیگر، اتو (۲۰۰۳) اطلاعات ورودی و خروجی یک پروژه ملی ژاپن برای فناوری نانو مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. در سال ۱۹۹۶ دولت ژاپن دستورالعملی را برای ارزیابی پروژه‌های فناوری ملی بر اساس معیارهای اقتصادی و همچنین معیارهای فناورانه وضع کرد. در این مطالعه سعی شد روش ارزشیابی تعیین شده توسط دولت با روش کتابسنجی تکمیل شود. با در نظر گرفتن رویکرد میان رشته‌ای به تحلیل چگونگی استفاده از اطلاعات بین رشته‌ای به عنوان ورودی و انتشار به عنوان خروجی پرداخته شد. با بررسی روند انتشار پروژه، جریان اطلاعات از فناوری به علم یا الگوی توسعه علم که توسط فناوری ایجاد شده، بررسی و در نهایت، معیارهای ارزیابی با توسعه فناوری و روش‌های ارزیابی برای فناوران مورد بحث قرار گرفت.

گورجیارا و بالداک^۵ (۲۰۱۴) در گزارشی، تحقیقات نانوتکنولوژی انجام شده در سطح جهانی از طریق تجزیه و تحلیل انتشارات تحقیقاتی را با استرالیا مقایسه کردند که با استفاده از چهار روش (الف) پرس و جو واژگانی، (ب) جستجو در مجلات علم و فناوری نانو، (ج) ترکیب پرس و جو واژگانی و جستجوی مجلات و (د) جستجو در ده مجله نانو با بالاترین ضریب تاثیر، در پایگاه وب‌آوساینس انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده، روش سوم جامع‌ترین رویکرد است. در نتیجه، این روش جستجو برای مقایسه انتشارات جهانی و استرالیایی علم نانو و فناوری نانو برای دوره ۱۹۸۸-۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد که بسته به تکنیک جستجوی مورد استفاده، استرالیا با تعداد انتشارات علوم و فناوری نانو در جهان بالاتر از میانگین جهانی در رتبه‌های چهاردهم تا هفدهم بین‌المللی با نرخ رشد نسبی ۱۶ قرار دارد. محققانی از چین، ایالات متحده آمریکا و بریتانیا از کشورهای اصلی هستند که با محققان استرالیایی در انتشارات علوم و فناوری نانو همکاری می‌کنند.

ژنگ^۶ (۲۰۱۶) به بررسی ویژگی‌های میکرو/نانو حباب به دلیل کاربردهای گسترده آن پرداخت. در این مطالعه، یک تحلیل کتابسنجی برای ارزیابی تحقیقات مرتبط با میکرو/نانو حباب از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۴، بر اساس پایگاه داده

⁴ Meyer

⁵ Gorjiara & Baldock

⁶ Zheng

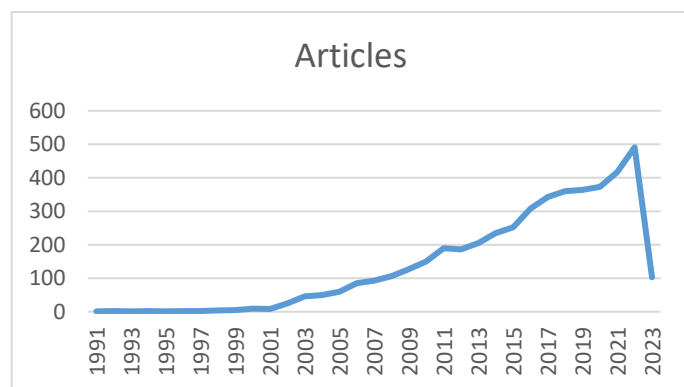


Science Citation Index EXPANDED انجام شد. *Ultrasound in Medicine and Biology* با بالاترین *h-index* با ۵۶ مجله پیشرو در این زمینه بود که ۶.۹ درصد از مقالات را در این دوره منتشر کرده است و پس از آن *Langmuir* و *Journal of the Acoustic Society of America* قرار داشت. آمریکا و دانشگاه تورنتو کانادا به ترتیب پربازده‌ترین کشور و مؤسسه بودند و آمریکا بیشترین همکاری بین‌المللی و بالاترین شاخص *h* (۱۱۱) را در بین همه کشورها داشت. روش جدیدی به نام "تجزیه و تحلیل خوشه کلمات" با موفقیت برای ردیابی کانون‌های تحقیقاتی استفاده شد. نوآوری در ابزارهای تشخیص و مسیرهای جدید برای کاربردهای پزشکی از طریق میکرو/نانو حباب مربوط به درمان جدید بیماری‌ها و سرطان‌ها و همچنین تولید کاملاً کنترل شده میکرو/نانو حباب‌ها است. همچنانکه یافته‌ها نشان می‌دهد در رابطه با مصورسازی تولیدات علمی قبلاً تحقیقاتی انجام شده است ولی در این زمینه موضوعی تحقیقی صورت نگرفته است.

یافته‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پرسش ۱. بیشترین مقالات نمایه شده در حوزه مواد نانو مربوط به کدام سال‌ها، مجلات، نویسندگان، موسسات، کشورها و موضوعات است؟
نمودار شماره ۱ روند رشد مقالات حوزه مواد نانو را از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهد.



نمودار ۱- تعداد مجلات در سال‌های مورد مطالعه

مشاهده می‌شود که بیشترین مقالات مربوط به سال ۲۰۲۱ بوده که ۴۹۱ مورد منتشر شده است. مقالات این حوزه از سال ۱۹۹۱ شروع شده و تا سال مورد جستجو (۲۰۲۳) تقریباً همیشه صعودی بوده است. نرخ رشد در این بازه ۱۵.۵۸ درصد بوده است.

مجلات

همانطور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود «*MATERIALS TODAY-PROCEEDINGS*» با انتشار ۲۱۳ اثر، در زمینه انتشار پژوهش‌های حوزه مواد نانو پیشتاز است.

جدول ۱ - نشریات هسته حوزه مواد نانو

تعداد	نشریه
مقالات	



213	MATERIALS TODAY-PROCEEDINGS
77	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
43	PROGRESS IN CHEMISTRY
42	APPLIED SURFACE SCIENCE
41	CERAMICS INTERNATIONAL
40	MATERIALS LETTERS
40	SCIENTIFIC REPORTS
39	MATERIALS & DESIGN
38	RSC ADVANCES
35	JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY

یافته ها نشان می دهد که « CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS »، « PROGRESS IN CHEMISTRY »، و « APPLIED SURFACE SCIENCE » به ترتیب با انتشار ۷۷، ۴۳ و ۴۲ مقاله، رتبه های دوم تا چهارم را در این زمینه دارند.

نویسندگان

در جدول ۲ نویسندگان پرکار حوزه مواد نانو را به همراه شاخص h ، g و m و هم چنین تعداد مقالات و استنادات ایشان مشخص شده است.

جدول ۲- نویسندگان پرکار حوزه مواد نانو

تعداد مقالات	کل استنادات	شاخص m	شاخص g	شاخص h	نویسنده
41	961	0.842	30	16	ZHANG Y
32	1215	0.778	29	14	LI J
20	560	1.273	19	14	YANG H
24	465	3.25	21	13	KHAN SU
24	513	0.813	20	13	ZHANG J
34	573	0.6	23	12	LI Y
17	941	0.8	17	12	MORSALI A
26	959	0.923	23	12	WANG L
29	625	0.667	24	12	WANG Y

نتایج نشان می دهد در بین نویسندگان ZHANG Y از دانشگاه KUNMING از کشور چین با تولید ۴۱ رکورد اطلاعاتی، با ۹۶۱ استناد دریافتی و با h ایندکس ۱۶ در رتبه اول قرار دارد و نویسندگان LI Y و از دانشگاه



SOUTHWEST JIAOTONG از کشور چین با تولید ۳۴ رکورد اطلاعاتی، با ۵۷۳ استناد دریافتی و با اچ ایندکس ۱۲ و LI از دانشگاه TIANJIN از کشور چین با تولید ۳۲ رکورد اطلاعاتی، با ۱۲۱۵ استناد دریافتی و با اچ ایندکس ۱۴ در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند.

موسسات

در جدول شماره ۳ موسسات پرکار حوزه مواد نانو مشخص شده‌است.

جدول ۳- موسسات پرکار حوزه مواد نانو

تعداد	موسسات
105	ISLAMIC AZAD UNIV
68	ZHEJIANG UNIV
65	CHANDIGARH UNIV
59	NATL RES CTR
55	TSINGHUA UNIV
47	INDIAN INST TECHNOL
45	PEKING UNIV
45	UNIV AVEIRO
43	UNIV SCI AND TECHNOL CHINA
41	OSAKA UNIV

مشاهده می‌دانشگاه آزاد با ۱۰۵ اثر، بیشترین مقاله را در بین موسسات دارد.

کشورها

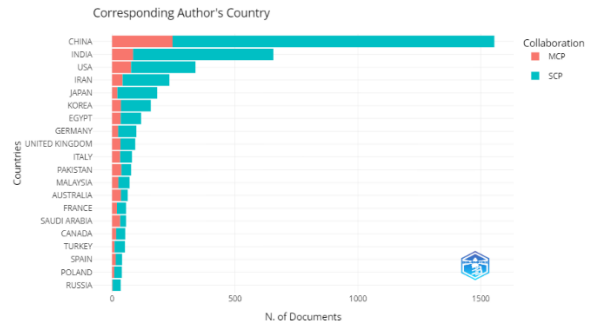
جدول ۴ کشورهای پرکار حوزه مواد نانو را نشان می‌دهد.

جدول ۴- کشورهای پرکار حوزه مواد نانو

کشور	فراوانی
CHINA	3459
INDIA	1370
USA	884
IRAN	589
JAPAN	408
SOUTH KOREA	393
EGYPT	299
GERMANY	290
PAKISTAN	289
UK	238



همچنین در شکل زیر تعداد مقالات کشورها را با مشخص کردن میزان همکاری با کشورهای دیگر نشان می‌دهد.



نمودار ۲- مقالات کشورهای مختلف و میزان همکاری با کشورهای دیگر

مشاهده می‌شود که کشور چین با تولید ۳۴۵۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه اول قرار دارد و کشورهای هند، امریکا و ایران به ترتیب با ۱۳۷۰، ۸۸۴ و ۵۸۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند.

میزان همکاری کشورها با یکدیگر در تولید مقالات حوزه مواد نانو در جدول زیر مشخص شده‌است.

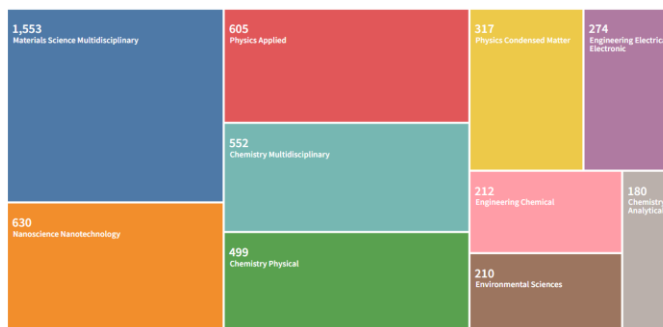
جدول ۵- میزان همکاری کشورها در تولید مقالات حوزه مواد نانو

تعداد	کشورهای همکار	
103	USA	CHINA
47	SAUDI ARABIA	EGYPT
46	PAKISTAN	CHINA
41	SAUDI ARABIA	PAKISTAN
37	AUSTRALIA	CHINA
32	JAPAN	CHINA
32	UNITED KINGDOM	CHINA
26	SAUDI ARABIA	CHINA
24	INDIA	CHINA
23	KOREA	INDIA

بیشترین همکاری بین چین و امریکا با ۱۰۳ رکورد اطلاعاتی است.

موضوعات

نمودار شماره ۳، ده موضوع برتر در حوزه مواد نانو را نشان می‌دهد.



نمودار ۳- موضوعات مختلف در حوزه مواد نانو

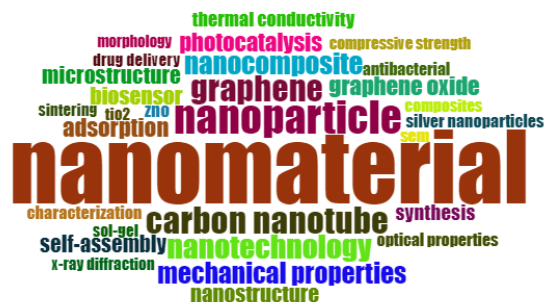
مشاهده می‌شود که علم مواد، علم نانو، فیزیک کاربردی، شیمی و شیمی فیزیک موضوعات برتر حوزه مواد نانو است.

پرسش ۲: پرتکرارترین کلیدواژه‌های حوزه مواد نانو کدامند؟
جدول شماره ۲ پرتکرارترین کلیدواژه‌های مقالات تولید شده در حوزه مواد نانو را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌شود کلیدواژه‌های «nanomaterial»، «nanoparticle»، «carbon nanotube»، و «graphene» بالاترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۶- توزیع فراوانی ۱۰ کلیدواژه پرتکرار در مقالات مواد نانو

فراوانی	کلیدواژه
847	nanomaterial
179	nanoparticle
117	carbon nanotube
109	graphene
91	nanotechnology
75	nanocomposite
68	mechanical properties
54	adsorption
54	graphene oxide
53	photocatalysis

نمودار شماره ۴، ابر واژگان پریسامد را نشان می‌دهد.



نمودار ۴- کلیدواژه های پرتکرار حوزه مواد نانو

پرتکرارترین کلیدواژه مربوط به nanomaterial با بسامد ۸۴۷ است و پس از آن، کلیدواژه های nanoparticle، carbon nanotube، graphene به ترتیب با فراوانی ۱۷۹، ۱۱۷ و ۱۰۹ در مرتبه بعدی قرار دارند.

۳. توزیع فراوانی کلیدواژه های حوزه مواد نانو براساس میزان هم‌واژگانی چگونه است؟

جدول شماره ۷ هم‌رخدای واژگان پربسامد را نشان می‌دهد.

جدول ۷- توزیع فراوانی ۱۰ زوج برتر هم‌واژگانی در حوزه مواد نانو

فراوانی	کلمات	
14	nanoparticles	nanomaterials
14	nanostructures	nanoparticles
13	nanoparticles	nanocrystals
12	nanoparticles	adsorption
12	nanoparticles	performance
10	nanoparticles	fabrication
10	water	nanoparticles
9	graphene	nanoparticles
9	nanocomposites	nanoparticles
8	mechanical_properties	compressive_strength

همانطور که در جدول شماره ۷ مشاهده می‌شود هم‌رخدای میان دو کلیدواژه «nanoparticles

nanomaterial» بیشترین فراوانی را در پژوهشهای مواد نانو داشته است.

دو زوج «nanoparticles nanocrystals» و «nanoparticles nanostructures» در رتبه های دوم و سوم

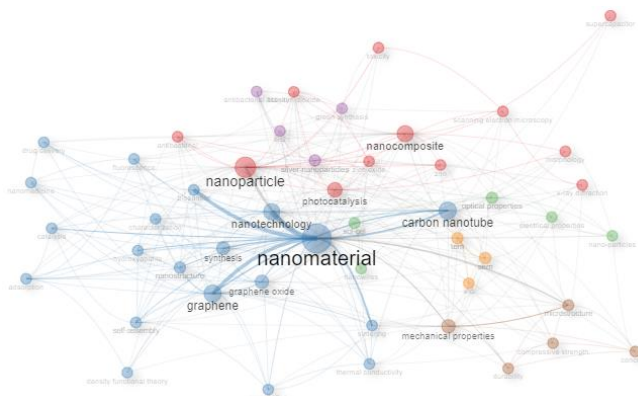
جای گرفته‌اند.

پرسش ۴: ساختار کلی شبکه کلیدواژه های پربسامد در حوزه مواد نانو چگونه است؟

نمودار شماره ۵، نقشه مفاهیم حوزه مواد نانو، حاصل تحلیل کلیدواژه های مدارک، را نشان می‌دهد. بزرگی دایره‌ها

نشان‌دهنده کاربرد بیشتر آن مفاهیم یا کلیدواژه‌ها در توصیف مدارک است. رنگ دایره‌ها نیز نشان‌دهنده خوشه‌های

مفاهیم است.



نمودار ۵- شبکه هم‌واژگانی حوزه مواد نانو

همانطور که مشاهده می‌شود، رنگ آبی شامل کلیدواژه‌هایی مانند «nanomaterials»، «graphene» و «nanotechnology» است که به هم مرتبط هستند. ضمن اینکه در این نقشه، دوری و نزدیکی کلیدواژه‌ها نشان می‌دهد که مفاهیم چه مقدار به همدیگر و به مفهوم اصلی، یعنی مواد نانو مرتبط هستند. مثلاً قرار گرفتن دایره «compressive strength» در نزدیکی دایره «microstructure»، نشان‌دهنده ارتباط نزدیک آنهاست و محل قرار گرفتن دایره «supercapacitor»، به معنی ارتباط دور آن با مفهوم مواد نانو است. پرسش ۵: مهم‌ترین خوشه‌های مبتنی بر تحلیل هم‌واژگان در حوزه مواد نانو کدامند؟

در مجموع مفاهیم متنوعی در حوزه مواد نانو در نقشه مشاهده شد که محصول آن تشکیل تعداد ۵ خوشه است که در ادامه بدان پرداخته شده‌است.

جدول ۸- خوشه‌های تشکیل شده بر اساس هم‌واژگانی متون حوزه مواد نانو

خوشه	برچسب خوشه	کلمات	فراوانی
1	nanomaterial	nanomaterial	477
1	nanomaterial	nanoparticle	178
1	nanomaterial	nanotechnology	91
1	nanomaterial	biosensor	48
1	nanomaterial	drug delivery	25
1	nanomaterial	x-ray diffraction	24
2	carbon nanotube	carbon nanotube	117
2	carbon nanotube	graphene	109
2	carbon nanotube	nanocomposite	75
2	carbon nanotube	adsorption	54
2	carbon nanotube	graphene oxide	54



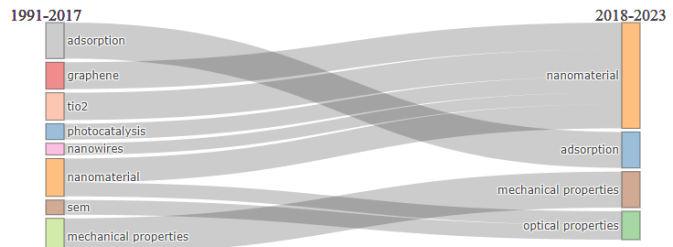
46	self-assembly	carbon nanotube	2
39	synthesis	carbon nanotube	2
35	thermal conductivity	carbon nanotube	2
28	characterization	carbon nanotube	2
25	composites	carbon nanotube	2
24	sintering	carbon nanotube	2
68	mechanical properties	mechanical properties	3
48	microstructure	mechanical properties	3
24	compressive strength	mechanical properties	3
53	photocatalysis	photocatalysis	4
46	nanostructure	photocatalysis	4
32	zno	photocatalysis	4
29	silver nanoparticle	photocatalysis	4
26	antibacterial	photocatalysis	4
25	tio2	photocatalysis	4
29	carbon nanomaterial	carbon nanomaterial	5
26	optical properties	carbon nanomaterial	5
26	sem	carbon nanomaterial	5
25	sol-gel	carbon nanomaterial	5

مطابق جدول شماره ۸، تعداد ۵ خوشه تشکیل شده به تفکیک مفاهیم مربوطه نشان داده شده است. خوشه اول از ۶ مفهوم تشکیل شده است و عمدتاً موارد اصلی مواد نانو مربوط می‌شود. در خوشه دوم ۱۱ مفهوم مشاهده شد که عمدتاً به مواد نانولوله‌های کربنی و ویژگی‌های آن‌ها مربوط می‌شود. خوشه سوم با ۳ مفهوم، به مفاهیم ویژگی‌های مکانیکی مربوط می‌شود. خوشه چهارم ویژگی‌های ساختار نانوذرات و در نهایت خوشه پنجم مفاهیم انرژی و نور را در بر می‌گیرد.

پرسش ۶: گرایش‌های پژوهشی در بازه زمانی مورد بررسی چه تغییراتی داشته است؟

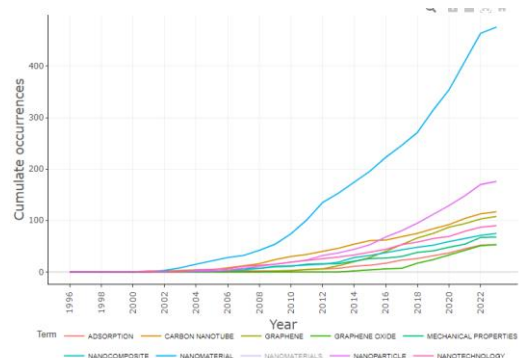


علاوه بر تشکیل خوشه‌های مفهومی از واژگان هم‌رخداد در حوزه مواد نانو، گرایش‌های پژوهشی در طول بازه زمانی مورد بررسی نیز از تنوع و تفاوت برخوردار باشند؛ لذا در این بخش بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۲۳ به دو بازه از ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷؛ و از ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ تقسیم شد تا تصویر روشنتری از هم‌واژگانی ارائه شود.



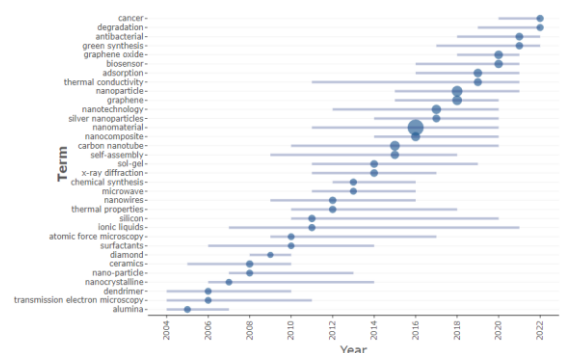
نمودار ۶- کلیدواژه‌های ترند در دو مقطع زمانی ۲۰۱۷-۱۹۹۱ و ۲۰۱۸-۲۰۲۳ حوزه مواد نانو

مشاهده می‌شود که چه کلیدواژه‌هایی در بازه اول مهم‌تر بوده و به چه کلیدواژه‌هایی در بازه دوم مرتبط هستند. شکل زیر روند رشد کلیدواژه‌ها را طول زمان نشان می‌دهد.



نمودار ۷- میزان رشد کلیدواژه‌های برتر حوزه مواد نانو

شکل زیر کلیدواژه‌های ترند را در سال‌های مختلف مشخص کرده‌است



نمودار ۸- کلیدواژه‌های برتر هر سال حوزه مواد نانو

جدول زیر کلیدواژه‌های ترند را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۹- کلیدواژه‌های ترند در سال‌های مختلف حوزه مواد نانو

سال	فراوانی	کلیدواژه
2005	9	alumina
2006	10	dendrimer
2006	9	transmission electron microscopy



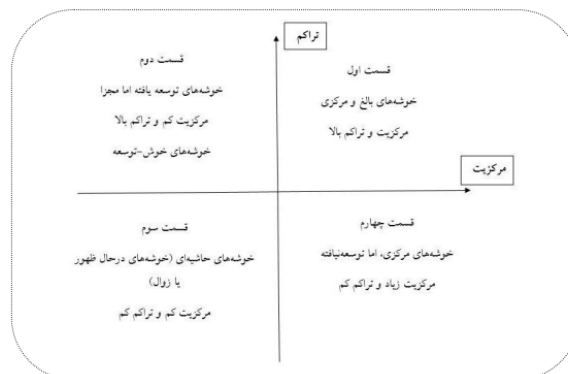
2007	7	nanocrystalline
2008	16	ceramics
2008	9	nano-particle
2009	5	diamond
2010	9	atomic force microscopy
2010	7	surfactants
2011	17	silicon
2011	13	ionic liquids
2012	18	nanowires
2012	16	thermal properties
2013	13	chemical synthesis
2013	10	microwave
2014	25	sol-gel
2014	24	x-ray diffraction
2015	117	carbon nanotube
2015	46	self-assembly
2016	847	nanomaterial
2016	75	nanocomposite
2017	91	nanotechnology
2017	27	silver nanoparticles
2018	178	nanoparticle
2018	109	graphene
2019	54	adsorption
2019	35	thermal conductivity
2020	54	graphene oxide
2020	48	biosensor
2021	26	antibacterial
2021	18	green synthesis
2022	13	cancer
2022	12	degradation

۷. خوشه‌های حاصل از تحلیل هم‌واژگانی از نظر بلوغ و توسعه‌یافتگی در نمودار راهبردی حوزه مواد نانو در چه وضعیتی قرار دارند؟

در نمودار راهبردی مرکزیت خوشه جایگاه آن را در حوزه پژوهشی نشان می‌دهد. تراکم خوشه نیز نشان دهنده بلوغ آن خوشه است.

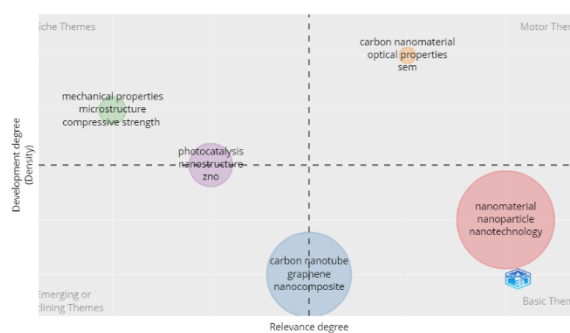
نمودار راهبردی دارای چهار قسمت است که بر اساس مرکزیت و تراکم تقسیم شده‌اند. قسمت اول خوشه‌های بالغ و مرکزی را نشان می‌دهد. قسمت دوم نشان دهنده خوشه‌های توسعه یافته اما مجزا است قسمت سوم

بیانگر خوشه‌ای در حال ظهور یا زوال هستند و در نهایت قسمت چهارم خوشه‌های مرکزی اما نابالغ را نشان می‌دهد (هو^۷ و همکاران، ۲۰۱۳).



نمودار ۹- بخش‌های مختلف یک نمودار راهبردی (Hu et al., 2013)

بنابراین با استفاده از مفاهیم مرکزیت و تراکم می‌توان نمودار راهبردی را طراحی کرد تا وضعیت بلوغ و توسعه یافتگی هر خوشه مشخص شود.



نمودار شماره ۱۰- نمودار راهبردی خوشه‌های مورد مطالعه

بنابراین طبق نمودار شماره ۱۰، خوشه نانومواد کربنی به بلوغ رسیده است. خوشه‌های فوتوکاتالیست و ویژگی‌های مکانیکی، توسعه یافته اما مجزا هستند. نانولوله‌های کربنی در بخش خوشه‌های حاشیه‌ای (رو به ظهور یا زوال) و در نهایت خوشه مواد نانو در بخش خوشه‌های مرکزی اما توسعه نیافته قرار دارند.

نتیجه گیری

در مجموع ۶۳۷ رکورد اطلاعاتی در حیطه موضوعی مورد نظر در این پایگاه نمایه شده که مقالات این حوزه از سال ۱۹۹۱ شروع شده و با رشد ۱۵.۵۸ درصد، به ۴۹۱ مقاله در سال ۲۰۲۱ رسیده است. مجله **MATERIALS TODAY-PROCEEDINGS** بیشترین انتشار را داشت. ZHANG Y از دانشگاه KUNMING از کشور چین با تولید ۴۱ رکورد اطلاعاتی، با ۹۶۱ استناد دریافتی و با اچ ایندکس ۱۶ در رتبه اول قرار دارد. دانشگاه آزاد با ۱۰۵ اثر، بیشترین مقاله را در بین موسسات دارد.

کشور چین با تولید ۳۴۵۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه اول و کشورهای هند و آمریکا با تولید ۱۳۷۰ و ۸۸۴ رکورد اطلاعاتی در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند. ایران نیز با تولید ۵۸۹ رکورد اطلاعاتی در رتبه چهارم قرار دارد. بیش



از ۹۵ درصد تولیدات علمی به زبان انگلیسی بوده و زبان چینی با ۱۶۶ رکورد اطلاعاتی در رتبه دوم قرار دارد. دانشگاه آزاد اسلامی از کشور ایران با تولید ۱۰۵ رکورد اطلاعاتی رتبه اول را به خود اختصاص داده است. علم مواد و علم نانو موضوعات برتر این حوزه است. پرتکرارترین کلیدواژه مربوط به **nanomaterial** با بسامد ۸۷۴ است. در بین کلیدواژه‌های رکوردهای علمی نمایه شده، کلیدواژه **nanoparticles** و **nanomaterials** با ۱۴ تکرار، دارای بیشترین هم‌رخدادی هستند.

رکوردهای علمی نمایه شده در ۵ خوشه مواد نانو، نانولوله کربنی، ویژگی‌های مکانیکی، فوتوکاتالیز و نانومواد کربنی تقسیم‌بندی شده که خوشه نانومواد کربنی به بلوغ رسیده است. خوشه‌های فوتوکاتالیز و ویژگی‌های مکانیکی، توسعه یافته اما مجزا هستند. نانولوله‌های کربنی در بخش خوشه‌های حاشیه‌ای (رو به ظهور یا زوال) و در نهایت خوشه مواد نانو در بخش خوشه‌های مرکزی اما توسعه نیافته قرار دارند. بنابراین این حوزه از تکنولوژی با وجود سابقه بیش از ۳۰ سال، هنوز جای کار بسیاری دارد.



منابع:

- Eto, H. (2003). Interdisciplinary information input and output of a nano-technology project. *Scientometrics*, 58(1), 5-33. <https://doi.org/10.1023/A:1025423406643>
- Gorjiara, T., & Baldock, C. (2014). Nanoscience and nanotechnology research publications: a comparison between Australia and the rest of the world. *Scientometrics*, 100(1), 121-148. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1287-6>
- Hu, C. P., Hu, J. M., Deng, S. L., & Liu, Y. (2013). A co-word analysis of library and information science in China. *Scientometrics*, 97(2), 369-382. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1076-7>
- Meyer, M. S. (2001). Patent citation analysis in a novel field of technology: An exploration of nano-science and nano-technology. *Scientometrics*, 51(1), 163-183. <https://doi.org/10.1023/A:1010572914033>
- Schoepflin, U., & Glänzel, W. (2001). Two decades of "Scientometrics". An interdisciplinary field represented by its leading journal. *Scientometrics*, 50(2), 301-312. <https://doi.org/10.1023/A:1010577824449>
- Zheng, T., Wang, J., Wang, Q., Nie, C., Shi, Z., Wang, X., & Gao, Z. (2016). A bibliometric analysis of micro/nano-bubble related research: current trends, present application, and future prospects. *Scientometrics*, 109(1), 53-71. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2004-4>
- خوشیان، ن. و اسبکیان، س. (۱۳۹۵). مقایسه الگوی تولیدات علمی پژوهشگران زن و مرد از لحاظ مقالات دسترسی آزاد در رشته علوم و فناوری نانو. *مجله علم سنجی کاسپین*, ۳(۳)، ۶۱۲-۶۱۳. <https://doi.org/10.22088/cjs.3.2.612>
- عصاره، فریده، و مصطفوی، اسماعیل. (۱۳۸۹). برونادهای علمی نویسندگان ایران در حوزه علوم و فناوری نانو. *مطالعات کتابداری و علم اطلاعات*, ۵(۳)، ۲۸-۳۰. <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/1198260>
- گل افشانی، س. و قلعه نوی، م. (۲۰۱۸). کاربرد فناوری نانو در صنعت ساخت و ساز و بتن. *کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران*.
- محمودی کردی، ز. و پورباباگل، ح. (۲۰۲۲). چالش‌های به‌نظم کشیدن نانوفناوری و ضرورت حرکت به سوی تنظیم‌گری جهانی. *مطالعات حقوق تطبیقی معاصر*, ۱۳(۲۶)، ۱۸۳-۲۱۲. <https://doi.org/10.22034/law.2021.46085.2907>