

Bibliometric Analysis of Carbon Emissions Documents: Illustration of the Coupling and Co-Occurrence Networks (2015-2024)

Fatemeh Zihagh Kargar Moghadam¹, Mahnaz Mahmoudi Zarandi ^{2*}, Fatemeh Mehdizadeh Saradj ³

Department of Architecture, North Tehran Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran.

*Department of Architecture, North Tehran Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran. Email:

M_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Abstract

Introduction: In recent years, addressing climate change by significantly reducing carbon and greenhouse gas emissions has become a crucial focus for policymakers, researchers, and environmental advocates. The escalating issue of climate change, particularly carbon emissions, has garnered substantial attention within the research community. The advent of the data era has provided a robust platform for conducting and disseminating research. However, there has been a notable tendency to focus on specific topics within the broad spectrum of climate change, leaving some critical areas overlooked. To formulate effective policies and strategies, it is essential to monitor and analyze research activities related to carbon emissions accurately. This study aims to provide a comprehensive understanding of the research landscape by analyzing publications in this field, thereby contributing to a more informed approach to future research and policy planning.

Methodology: The current study utilized a content analysis methodology combined with a bibliometric approach. This approach enabled a detailed examination of the research trends and patterns in the field of carbon emissions. The study involved a thorough review of all documents related to carbon emissions indexed in the Web of Science Core Collection database, known as WOS, covering the period from 2015 to 2024. To ensure the comprehensiveness of the search, documents were identified by searching for the term "Carbon Emissions" in the research title and author's keywords. The analysis of these documents included several key aspects: document type, publication year, WOS subject classification, top publications, co-authorship patterns and subject classification using bibliographic coupling networks and vocabulary co-occurrence networks.

Findings: The comprehensive survey on carbon emissions research reveals a substantial surge in the number of related publications over the past decade, with 2023 marking the highest number of publications in this field to date. This surge underscores the escalating global attention to environmental issues and the critical need for solutions to mitigate climate change. Geographically, China has emerged as the frontrunner in the volume of publications, highlighting the nation's substantial investment in environmental research and its active role in combating climate change. This dominance reflects China's strategic focus on sustainability and its efforts to lead global initiatives in environmental science. Notably, Qiang Wang, a researcher from China, has distinguished himself as the most prolific author in this domain. The Chinese Academy of Sciences, identified as the top contributing institution, further emphasizes the centrality of China's academic and research institutions in advancing carbon emissions research. The Web of Science classification indicates that the primary category for these documents is "green and sustainable science and technology; engineering, environment, environmental sciences." This classification underscores the interdisciplinary nature of carbon emissions research, which encompasses various scientific and engineering disciplines to address the complexities of climate change. The "Journal of Cleaner Production" has been recognized as the most prolific publisher, pivotal in disseminating research findings and advancing knowledge in the field. The content analysis of the documents revealed 16 general themes related to carbon emissions, with "urbanization and carbon emission" emerging as the most extensively explored topic. This trend reflects the growing interest in understanding the intricate relationship between urban development and environmental impact, as urbanization is a significant driver of carbon emissions. Additionally, the frequent use of terms such as "carbon emission and greenhouse gases" in these articles highlights their centrality to the discourse on climate change, emphasizing the critical need for research that addresses these key issues.

Discussion and Conclusion: The results of this research underscore the significant attention that the field of carbon emissions has garnered from researchers worldwide in recent years. There has been an increased focus on critical issues such as sustainability, the environmental impacts of carbon emissions, and innovative methods to reduce carbon emissions across various industrial sectors. This growing body of research reflects the global urgency to address climate change and mitigate its adverse effects, as evidenced by the increasing number of publications and collaborative efforts among scientists, policymakers, and industry leaders. The heightened research activity indicates a widespread recognition of the critical need to develop innovative solutions that not only reduce carbon emissions but also align with sustainable development goals. One of the key items of this analysis is the noticeable decline in publications on certain topics, such as optimization and regenerative energy systems. This decline highlights a significant gap in the research landscape, pointing to the need for more focused studies on optimal energy and fuel consumption, as well as the development of renewable energy technologies. These areas are crucial for reducing carbon emissions and fostering sustainable development, as they can lead to more efficient energy use and a transition away from fossil fuels.

Another important area identified in this research is the calculation and analysis of the life cycle in the context of carbon emissions. The diverse methodologies employed for these calculations necessitate advancements to ensure the provision of accurate and reliable data. Such data is critical for developing effective policies and strategies aimed at reducing carbon emissions. Accurate life cycle assessments enable policymakers and industry leaders to make informed decisions that can significantly impact carbon reduction efforts. By understanding the full environmental impact of products and processes, stakeholders can implement changes that lead to substantial reductions in carbon emissions and support the transition to a low-carbon economy.

In conclusion, this study provides a detailed overview of the research landscape on carbon emissions, highlighting key trends, influential researchers, and significant institutions that are shaping the field. The findings emphasize the need for continued and diversified research efforts to address the multifaceted challenges of carbon emissions and climate change. By identifying gaps and emerging trends, this study contributes to a more informed and strategic approach to future research and policy planning in the field of carbon emissions. Addressing these research gaps will not only enhance our understanding of carbon emissions but also support the development of effective solutions to combat climate change. The ongoing efforts in this field are crucial for ensuring a sustainable future and mitigating the adverse effects of climate change on our planet, ultimately fostering a healthier environment for generations to come.

Keywords: Carbon Emissions, Bibliometric, Word Co-Occurrence, Coupling Networks, Climate Change.

تحلیل محتوا اسناد حوزه انتشار کربن: تحلیل علم‌سنجی و مصورسازی شبکه موضوعی و هم‌رخدادی واژگان (۲۰۱۵-۲۰۲۴)

فاطمه ذیحق کارگر مقدم^۱، مهناز محمودی زرنندی^۲، فاطمه مهدی‌زاده سراج^۳

گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ایمیل: M_mahmoodi@iau-tnb.ac.ir

دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

این مقاله برگرفته از تز دکتری رشته معماری نگارنده اول با عنوان "اصول طراحی بهینه ساختمان‌های بلند مرتبه کیش مبتنی بر کاهش حداکثری انتشار کربن" است که به راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال به انجام رسیده است.

چکیده

در سال‌های اخیر، پرداختن به موضوع تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار کربن به‌عنوان گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر مطرح شده است. با وجود این که عصر داده‌ها بستر تحقیقاتی مناسب برای تحقیقات ایجاد کرده است، برخی از حوزه‌های پژوهشی مورد کم‌توجهی پژوهشگران قرار گرفته است. بنابراین، پایش دقیق پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه‌های انتشار کربن و تغییر اقلیم، به عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی آینده پژوهش‌ها، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این تحقیق با هدف تجزیه و تحلیل مقالات منتشر شده، به واکاوی اسناد منتشر شده با رویکرد علم‌سنجی در حوزه انتشار کربن پرداخته است. لذا بر تمامی اسناد این حوزه که طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۴ در پایگاه وب‌آوساینس نمایه شدند از جنبه‌های: نوع سند، سال انتشار، طبقه‌بندی موضوعی، نشریات برتر، تألیفات مشترک و دسته‌بندی موضوعی به دو روش شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی و شبکه هم‌رخدادی واژگان تجزیه و تحلیل انجام گرفته است. نتایج بررسی نشان می‌دهند که انتشار اسناد این حوزه با سرعت زیادی در هر سال دارای پیشرفت است. بیشتر اسناد منتشره از نوع مقالات بوده، Wang Qiang پژوهشگر برتر و آکادمی علوم چین موسسه پیشرو در چاپ مقالات می‌باشد. "علم و فناوری سبز و پایدار؛ مهندسی، محیط زیست؛ علوم محیطی" طبقه برتر در اسناد حوزه انتشار کربن بوده و نشریه "Journal of Cleaner Production" بیشترین مقالات را در این حوزه منتشر نموده است. اسناد مورد بررسی از نظر موضوعی در ۱۶ دسته کلی قرار می‌گیرند که "شهرنشینی و انتشار کربن" بیشتر از سایر طبقه‌بندی‌ها و واژه "انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای" در مقالات این حوزه بسیار استفاده شده است. نتایج تحقیق، ثابت می‌کند در برخی از موضوعات مانند پایداری، اثرات زیست محیطی و یافتن راه‌هایی برای کاهش انتشار کربن در بخش‌های صنعتی شاهد توجه بیشتر بوده‌ایم. در موضوعاتی مانند بهینه‌سازی و سیستم انرژی احیاکننده شاهد کاهش اسناد منتشره در سال‌های اخیر بوده و تحقیق و پژوهش در موضوعاتی مانند مصرف بهینه، انرژی‌های تجدیدپذیر و محاسبه چرخه زندگی به‌عنوان یکی از گپ‌های مهم در تحلیل موضوعی اسناد می‌باشد.

واژگان کلیدی: انتشار کربن، علم‌سنجی، هم‌رخدادی واژگان، جفت کتاب‌شناختی، تغییرات اقلیمی.

مقدمه

افزایش میانگین دمای هوا متأثر از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر است که تغییرات اقلیمی را به همراه دارد. تا آنجا که براساس پیش‌بینی‌های انجام‌شده، گرم‌شدن کره زمین ادامه یافته و میانگین دمای سطح جهانی تا پایان قرن بیست و یکم، ۴-۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (روستا و همکاران، ۱۳۹۹، ۳۴). انتشار کربن جزء اصلی گازهای گلخانه‌ای و یکی از دلایل مهم افزایش دمای زمین است. (حاضری و همکاران، ۱۴۰۳، ۲۴۷). در میان گازها و ترکیباتی که به تشدید تغییرات آب‌وهوا دامن می‌زنند، دی‌اکسید کربن^۱ به‌عنوان فراوان‌ترین و بحرانی‌ترین عامل، شناخته شده (زنگ و همکاران، ۲۰۲۲، ۲) و عامل اصلی گرمایش جهانی است، زیرا غلظت آن در مقایسه با سایر گازهای گلخانه‌ای بالاترین میزان است (حاضری و همکاران، ۱۴۰۳، ۲۴۷). به صورتی که گرم شدن کره زمین تقریباً با مقدار کل دی‌اکسید کربن آزاد شده در جو متناسب است (روگلج^۲ و همکاران، ۲۰۱۹، ۳۳۵). از آنجا که انتشار کربن نقش مهمی در کنترل تغییرات آب و هوا ایفا می‌کند، بنابراین اهداف کاهش دما به معنای اهداف کاهش انتشار کربن است (زنگ و همکاران، ۲۰۲۲، ۳). بررسی‌ها نشان داده است که میزان انتشار این گاز بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۲۰۰۷ با حدود ۸۰ درصد افزایش، از ۲۱ به ۳۸ گیگاتن رسیده است و میزان انتشار دی‌اکسید کربن در

¹ Co2

² Zeng

³ Rogelj

سال ۲۰۱۹ نسبت به سال ۱۹۰۰ نزدیک به ۱۹ برابر شده است (فريدلينگشتاین^۱ و همکاران، ۳۳۹۱، ۲۰۲۰). فعاليت‌های صنعتی و بويژه صنعت ساختمان دليل اصلی انتشار کربن شناخته شده‌اند. مطالعه‌ای که توسط سازمان ملل انجام شده، نشان می‌دهد کليه فعاليت‌های مربوط به ساختمان‌سازی، بیش از یک سوم گازهای گلخانه‌ای را در بسیاری از کشورها توليد می‌کند (برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد^۲، ۲۰۰۹، ۴).

از دهه ۱۹۹۰، کشورها تلاش کردند تا افزایش انتشار جهانی را متوقف کنند (میلوت و مایزی^۳، ۲۰۲۱، ۱). در سال ۲۰۱۵، توافقنامه پاریس با هدف حفظ میانگین افزایش دمای جهانی تا ۲ درجه سانتی‌گراد تا پایان قرن بیست و یکم نسبت به قبل از انقلاب صنعتی توسط کشورهای حاضر امضا گردیده است (کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوای^۴، ۲۰۱۵، ۴) و پس از آن نحوه درمان، کاهش و مقابله با انتشار کربن به یک چالش فوری در سراسر جهان تبدیل شده است (هونه^۵ و همکاران، ۲۰۲۰، ۲۵). همانطور که مشخص است دستیابی و ظرفیت کشورها برای اقدام در کاهش میزان انتشارات و تغییرات آب و هوایی برای تحقق اهداف در توافق پاریس ضروری شده و برای دستیابی به این هدف تمامی کشورها باید سیاست‌های موثر آب و هوایی ایجاد نمایند (آریولی^۶ و همکاران، ۲۰۲۰، ۲). پس از آن در سال ۲۰۲۱ نیز رهبران و سران سیاسی، شرکت‌های عظیم جهانی و سازمان‌های بین‌المللی در پایان نشست گلاسکو، با تصمیماتی نظیر پیشگیری از روند کنونی تخریب جنگل‌ها (به عنوان اصلی‌ترین عامل طبیعی تثبیت کربن) و دوم کاهش گاز متان که تنها ۲۵ درصد از گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد، سعی در تصویب اقداماتی جهت کاهش انتشار جهانی کربن کردند (افراخته^۷، ۱۴۰۱، ۴). بنابراین در سال‌های اخیر، پرداختن به موضوع تغییرات اقلیمی با هدف کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای و شیوه مصرف کمتر کربن، به عنوان گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر مطرح شده است (روستا و همکاران، ۱۳۹۹، ۳۴). موضوع تغییرات اقلیمی به ویژه مسئله انتشار کربن یکی از موضوعات مورد توجه در پژوهش‌ها و در بین پژوهشگران بوده است. علاوه بر این، توجه رهبران و سیاست‌گذاران جهانی به شناسایی استراتژی‌های کاهش تغییرات آب و هوایی دليل دیگری برای این افزایش در تحقیقات انتشار کربن است. با وجود این که ظهور عصر داده‌ها، یک بستر تحقیقاتی مناسب برای پژوهش‌ها و تکمیل تحقیقات ایجاد کرده است، در بیشتر موارد در پژوهش‌ها به موضوعات خاص بیشتر توجه شده است و برخی از حوزه‌ها کاملاً مورد کم‌توجهی پژوهشگران قرار گرفته است. بنابراین، پایش دقیق پژوهش‌های انجام گرفته، به عنوان مبنایی برای تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی برای آینده پژوهش‌های حوزه انتشار کربن، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

مجموعه بزرگ و رو به رشدی از پژوهش‌ها، مطالعات مربوط به حوزه محیط زیست و کربن را بررسی کرده و عوامل موثر بر آن را مورد بحث قرار داده‌اند. اولین انتشارات تحقیقاتی در مورد انتشار کربن در سال ۱۹۸۱ بود و از آن زمان به بعد تحقیقات انتشار کربن به دليل افزایش گرمایش جهانی، جایگاه خود را به دست آورد. حوزه تحقیقاتی انتشار کربن همچنان موضوع کلیدی تحقیقات پایداری است و بنابراین بسیاری از محققان و مؤسسات تمایل به کاوش گسترده در این حوزه دارند (اودارا و یلهلم ابیدیرا^۸ و همکاران، ۲۰۱۹، ۴). تحقیقات حوزه انتشار کربن را می‌توان به دو دسته صنعتی و منطقه‌ای طبقه بندی کرد. از منظر تحقیق در زمینه صنعت، موارد مورد بررسی شامل بررسی منابع انتشار کربن، ردپای کربن، میزان کربن منتشر شده در بخش‌های صنعتی، عوامل کلیدی محرک در این موضوع و رابط بین وضعیت اقتصادی و انتشار کربن می‌باشد (سو^۹ و همکاران، ۲۰۲۲، ۷۳۱). از منظر دامنه جغرافیایی تحقیقات، تمرکز بر مناطق، کشورها و یا شهرهای خاص بیشتر مورد توجه پژوهشگران بوده است. چین به عنوان بزرگترین منبع تولید کننده کربن شناخته شده و تحقیقات زیادی از انتشار کربن در مورد این کشور به‌ویژه در بخش تولیدات صنعتی انجام پذیرفته است (ژو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۱، ۲).

لی و ژائو^{۱۱} (۲۰۱۵)، در بررسی خود در زمینه اسناد منتشره ارزیابی زیست محیطی در بازه زمانی بیست ساله (۱۹۹۵-۲۰۱۵) در پایگاه وب‌آوساینس^{۱۲} بیان کرده‌اند فقدان مطالعات کافی در مورد کشورهای در حال توسعه منجر به جلب توجه بیشتر محققان جهانی برای پرداختن به این موضوع در کشورهای در حال توسعه شده است (لی و ژائو، ۲۰۱۵، ۱۵۸). لذا، موضوع زیست محیطی و انتشار کربن در کشورهای در حال توسعه در حال تبدیل شدن به یک موضوع تحقیقاتی محبوب است و پیش بینی شده است که تعداد مقالات علمی با موضوع انتشار کربن در آینده با سرعت بالایی به رشد خود ادامه خواهد داد. در بررسی‌های اسناد در زمینه انتشار کربن تا سال ۲۰۱۹، اسناد کشور چین و پس از آن ایالات متحده آمریکا و انگلیس در صدر قرار داشته و آکادمی علوم چین^{۱۲}، دانشگاه

¹ Friedlingstein

² United Nations Environment Programme (UNEP)

³ Millot & Maïzi

⁴ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

⁵ Höhne

⁶ Arioli

⁷ Udara Wilhelm Abeydeera

⁸ Su

⁹ Zhou

¹⁰ Li & Zhao

¹¹ Web of Science Core Collection (WOS)

¹² Chinese Academy of Sciences

تسینگ‌هوا^۱، دانشگاه فلوریدا^۲ و دانشگاه لیدز^۳ کمک زیادی به توسعه تحقیقات انتشار کربن کرده‌اند (اودارا ویلهلم ابیدیرا^۴ و همکاران، ۲۰۱۹، ۱۳). تا این سال، با گذر زمان همکاری بین‌المللی در زمینه انتشار مقالات بیشتر از سال‌های قبل بوده است و افزایش همکاری بین‌المللی به دلیل اشتراک ایده‌ها و حجم کاری منجر به مقالات قدرتمندتر شده است. در همکاری بین‌المللی کشورهایمانند چین، هند و برزیل پیش‌تاز بوده و بیشتر مطالعات انجام گرفته در دسته موضوعی "علوم محیطی و اکولوژی"، "مهندسی" و "بهداشت عمومی، محیطی و شغلی" انجام شده است (لی و ژائو، ۲۰۱۵، ۱۵۸).

پژوهش‌های انجام گرفته با موضوع انتشار کربن در بیشتر موارد، به صورت بین رشته‌ای عمل شده است. از مواردی که بسیار مورد توجه پژوهشگران بوده است، انتشار کربن در حوزه حمل و نقل است. کانون‌های تحقیقاتی کنونی در این حوزه عمدتاً بر رویکردهای تئوری و روش‌شناختی، حمل و نقل با انتشار کربن کم، مدیریت زنجیره تامین سبز و محرک‌های انتشار کربن تمرکز داشته و مسیریابی وسیله نقلیه در انتشار کربن کلمات کلیدی محبوب در این زمینه هستند (فن^۵ و همکاران، ۲۰۲۳، ۸۷۸). در این حوزه نویسندگانی از آمریکا، چین و بریتانیا بیشترین مقالات را با بیشترین تأثیر علمی منتشر کردند. دانشگاه تسینگ‌هوا^۶ از چین موسسه پیشرو در تحقیقات انتشار کربن در بخش حمل و نقل بوده است (تیان^۷ و همکاران، ۲۰۱۸، ۱۶۲). صنعت ساخت و ساز یکی از حوزه‌های بین رشته‌ای دیگر در تحقیقات با موضوع انتشار کربن می‌باشد. ساخت و ساز و معماری امروز بر خلاف بهره‌گیری از دستاوردهای تکنولوژی جدید در بیشتر موارد مسایلی همچون آلودگی محیط زیست، کاهش منابع طبیعی و تغییرات اقلیمی را تشدید نموده و سرعت بخشیده است (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲، ۱۲۹). با توجه به این‌که شهرنشینی به همراه رشد جمعیت و تقاضاهای آن‌ها، به محیطی ساخته در شهرها منجر شده است. این محیط جایگزین محیط طبیعی شده و به ایجاد جزیره گرمایی و آلودگی هوا به عنوان عاملی برای تهدید شهروندان منجر شده است (اسکندری ثانی و همکاران، ۱۴۰۲، ۸۹). لذا در سال‌های اخیر تحقیقات در حوزه شهری و ساخت و ساز کم‌کربن به یک سیستم تحقیقاتی یکپارچه تبدیل شده است که چند رشته‌ای، چند بعدی و چند روشی می‌باشد. چندین جنبه مانند آگاهی از روش‌های تولید و انتشار کربن کم در اکوسیستم‌های شهری و مدیریت مشارکتی بین رشته‌ای باید بیشتر بهبود یابد (سنگ^۸ و همکاران، ۲۰۲۴، ۱). در کشور چین توجه زیادی صنعت ساخت و ساز شده است به صورتی که بخش ساخت و ساز بزرگترین منتشر کننده خالص کربن در چین معرفی شده است (زینگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۸۴). چوای^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۵) نیز انتشار کربن در بخش صنعت را محاسبه کرده و اشاره کرده‌اند که هفت گروه بالادست در صنعت، که یکی از آن‌ها صنعت ساختمان است، مسئول انتشار کربن بالایی در جو هستند (چوای و همکاران، ۲۰۱۵، ۵). در تحقیقات مربوط به این حوزه پیش‌بینی شده است که کاهش انتشار کربن در بخش ساخت و ساز پتانسیل قابل توجهی داشته باشد به صورتی که این کاهش بسیار بزرگتر از بخش‌های پرمصرف دیگر است (بای^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸، ۴۰۰). روش‌های ساخت یکی از موضوعات مهم در پژوهش‌های حوزه انتشار کربن در بخش ساخت و ساز می‌باشند. چن^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۲) تجزیه و تحلیل کاملی از تحقیقات در مورد انتشار کربن نهفته در سازه‌های پیش ساخته انجام داده‌اند. بر خلاف تصور که پیش‌ساختگی به عنوان یک روش جدید در عصر مدرن معرفی شده است، باید تلاش‌های بیشتری در زمینه کاهش انتشار کربن در حوزه پیش‌ساختگی انجام پذیرد (چن و همکاران، ۲۰۲۲، ۱). یکی از موضوعاتی که در سال‌های اخیر در تحقیقات بخش ساخت و ساز به آن تا حدودی توجه شده است انرژی، مدل‌های بهره‌وری آن، چرخه عمر و عملکرد زیست‌محیطی مصالح می‌باشد (لو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۰، ۱۰۶۵). بنابر مطالعات انجام گرفته انرژی نقش مهمی در رشد و توسعه اقتصادی کشورها دارد و در سال‌های اخیر علاقه مجددی به موضوعات مرتبط با این موضوع در حوزه‌های مختلف نظیر دانشگاهی (و حتی سیاسی) بوجود آمده است (نادمی و دالوندی، ۱۴۰۲، ۲۱). به صورتی که در پژوهش‌های ساخت و ساز در کنار محاسبات مربوط به مصرف انرژی در ساختمان‌ها به موضوعات مربوط به نقش مصالح ساختمانی در میزان انتشار کربن توجه شده است (هنفی^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۴، ۱۱). البته در این زمینه اختلافات اکثر مطالعات ارزیابی انتشار کربن در بخش چرخه عمر مصالح ساختمانی بسیار مشهود است (فرنر^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۸، ۱۱۴۴).

در مطالعات کتاب‌شناختی یکی از روش‌های متداول، تحلیل موضوعی اسناد از طریق شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی و تحلیل هم‌رخدادی واژگان می‌باشد. اصطلاح شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی یکی از حوزه‌های فرعی کتاب‌سنجی است که بر نقشه‌های علمی متمرکز شده است. این اصطلاح اولین بار توسط

- 1 Tsinghua University
- 2 Florida state university
- 3 University of ds
- 4 Udara Wilhelm Abeydeera
- 5 Fan
- 6 Tsinghua University
- 7 Tian
- 8 Sang
- 9 Xing
- 10 Chuai
- 11 Bai
- 12 Chen
- 13 Lu
- 14 Hanafi
- 15 Fenner

کسلر ۱ (۱۹۶۳) بیان شده است. به عقیده کسلر، از زوج‌های کتاب‌شناختی می‌توان در جایگاه روشی برای گروه‌بندی مقاله‌های علمی استفاده کرد (کسلر، ۱۹۶۳، ۴۹). پس از کسلر این موضوع به طور مستقل در سال ۱۹۷۳ توسط اسمال ۲ (اسمال، ۱۹۷۳، ۶۵) و مارشاکووا-شایکویچ، ۳ (مارشاکووا-شایکویچ، ۲۰۰۹، ۱) معرفی شد. این تجزیه و تحلیل به ما این امکان را می‌دهد که موضوعات را بر اساس شباهت‌های کتاب‌شناختی خوشه‌بندی کنیم (بویاک و کلاوانز ۴، ۲۰۱۰، ۲) (جارنوینگ ۵، ۲۰۰۷، ۲۸۸). در تحقیقات انجام گرفته بر روی اسناد حوزه محیط زیست و انتشار کربن از طریق تکنیک شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی، ماهیت میان رشته‌ای تحقیقات نشان داده شده و تحقیقات منتشر شده این حوزه به صورت مشترک با رشته‌های سیاست، اقتصاد و تغییرات اجتماعی می‌باشد، به طوری که در مطالعات انجام گرفته در سال ۲۰۲۱ بر روی اسناد منتشره در حوزه موردنظر، خوشه‌هایی نظیر سیاست انرژی، سیاست آب و هوا، اقتصاد انرژی، تغییر جهانی محیط زیست-ابعاد انسانی و سیاست و پیش‌بینی فناوری و تغییرات اجتماعی خوشه‌های برتر بوده‌اند (ژانگ ۶ و همکاران، ۲۰۲۱، ۲).

شبکه هم‌رخدادی واژگان یک تکنیک دیگر تحلیل محتوا است که از الگوهای هم‌زمانی واژگان در مجموعه‌ای از متون برای شناسایی روابط بین ایده‌ها در حوزه‌های موضوعی ارائه شده و براساس دفعات تکرار واژگان کلیدی در اسناد استفاده می‌کند (کالون ۷ و همکاران، ۱۹۹۱، ۱۶۰). تحلیل هم‌رخدادی واژگان اولین بار برای ترسیم پویایی علم پیشنهاد شد. در سال ۱۹۸۶، کالون و همکاران کتابی تحت عنوان "ترسیم دینامیک علم و فناوری" منتشر نمودند که کار برجسته‌ای در زمینه تحلیل هم‌واژگانی به‌شمار می‌رود. پس از انتشار این کتاب، روش تحلیل هم‌واژگانی در پژوهش‌های محققان کشورهای مختلف به نحو قابل ملاحظه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. بسیاری از پژوهشگران از این روش برای بررسی شبکه مفهومی در حوزه‌های علمی مختلف استفاده نموده‌اند (صدیقی، ۲۰۱۵، ۳۷۵). از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به پژوهش‌هایی در حوزه زیست‌شناسی (ریپ و کورتیال ۸، ۱۹۸۴)، خلاقیت (ژانگ ۹ و همکاران، ۲۰۱۵)، زیست داده ورزی ۱۰ (لی ۱۱ و همکاران، ۲۰۱۱)، فناوری رباتیک (لی و جونگ ۱۲، ۲۰۰۸)، علم‌سنجی (راویکومار ۱۳ و همکاران، ۲۰۱۵) و محیط زیست (لو و ویتاکر ۱۴، ۱۹۹۲) اشاره کرد. بررسی نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد تحلیل هم‌رخدادی واژگان روشی مناسب برای ترسیم نقشه‌های علمی است و در زمینه‌های گوناگون از این روش برای خوشه‌بندی زمینه‌های موضوع اصلی و کارهای تحلیلی نیز انجام شده است (رحمانی، ۲۰۱۸، ۱۳۰). همانطور که ذکر گردید، حوزه انتشار کربن، یکی از شاخه‌هایی است که پژوهشگران از این نوع تحلیل جهت نقشه‌های علمی از آن استفاده کرده‌اند. طبق تحقیقات صورت گرفته از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ بیشترین کلمه به‌کاررفته در حوزه انتشار کربن تغییرات آب و هوایی بوده است. پس از آن بالاترین رتبه مشترک کلمات در این حوزه ردپای کربن و انتشار کربن‌دی‌اکسید می‌باشد. انتشار گازهای گلخانه‌ای، پایداری، انرژی، چین و ارزیابی چرخه زندگی در مراتب بعدی قرار گرفته‌اند (اودارا ویلهلم ایبیدیرا ۱۵ و همکاران، ۲۰۱۹، ۱۶).

از بررسی پیشینه‌ها می‌توان به این جمع‌بندی رسید که در پژوهش‌های انجام گرفته نتایج ارزشمندی از بررسی موضوع به‌دست آمده است. با این حال پژوهشی که به بررسی عمیق موضوعی و ترسیم نقشه علمی به حوزه انتشار کربن با تکنیک‌هایی نظیر شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی، هم‌رخدادی واژگان و با استفاده از نرم افزارهایی نظیر Gephi و Openrefine بپردازد، مشاهده نگردید. لذا در این پژوهش بر تحلیل اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن از نظر میزان انتشار در هر سال و روند پیشرفت آن، موضوعات، کشورها، نویسندگان، دانشگاه‌های برتر، دسته‌بندی‌های موضوعی و واژگان مربوطه، می‌پردازد. هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل وضعیت فعلی تحقیقات در حوزه انتشار کربن و پیشنهاد جهت‌های آتی که ارزش تحقیق دارند، می‌باشد. این بررسی‌ها به ارائه یک بینش علمی برای گسترش تحقیقات در مورد موضوع انتشار کربن کمک می‌کند. پژوهش حاضر درصدد پاسخ به پرسش‌های زیر است:

بیشترین نوع اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن از چه نوعی بوده، در چه سال‌هایی بیشتر مورد استقبال محققان قرار گرفته است، در کدام طبقه‌بندی موضوعی وب‌آوساینس قرار گرفته‌اند و در کدام نشریات منتشر شده‌اند؟

کدام مؤسسات و محققان و از کدام کشورها بیشترین اسناد را در حوزه انتشار کربن منتشر کرده‌اند؟

اسناد انتشار کربن از نظر موضوعی، به کدام زمینه‌ها پرداخته‌اند؟

مواد و روش‌ها

- 1 Kessler
- 2 Small
- 3 Marshakova-shaikovitch
- 4 Boyack & Klavans
- 5 Jarneving
- 6 Zhang
- 7 Callon
- 8 Rip & Courtial
- 9 Zhang
- 10 Bioinformatics
- 11 Li
- 12 Lee & Jeong
- 13 Ravikumar
- 14 Law & Whittaker
- 15 Ubara Willhelm Abeydeera

با پیشرفت روزافزون علم، بر حجم اطلاعات و حوزه‌های علمی نوین افزوده شده است؛ از این رو پژوهشگران نیاز به استفاده از روش‌های مختلفی در جهت مرور آثار پیشین و شناسایی حوزه‌های پژوهشی مختلف دارند تا بتوانند به درک درستی از وضعیت آن حوزه، نویسندگان تاثیرگذار و زمینه‌های مهم مطرح شده در آثار منتشر شده در بازه‌های زمانی متفاوت دست یابند (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۲۰۲۴، ۳۸۶). تجزیه و تحلیل با تکنیک علم‌سنجی^۱، روشی بسیار مفید و دقیق برای درک حجم زیادی از داده‌های بدون ساختار و همچنین برای رمزگشایی و تولید نقشه از دانش علمی تجمیع‌یافته و انباشته‌شده و تفاوت‌های ظریف تکاملی در حوزه‌هایی که به‌خوبی تثبیت شده‌اند، می‌باشد. با استفاده از این روش، سنگ‌بنای حوزه علمی، متغیرهای اصلی تئوری‌ها و روش‌ها شناسایی می‌شوند (لیم و همکاران، ۲۰۲۱، ۵۳۵). مطالعات علم‌سنجی در صورتی که به‌خوبی انجام شوند، می‌توانند با تکنیک‌های جدید و معنادار، پایه‌های محکمی برای پیشرفت یک حوزه مطالعاتی، ایجاد کنند (دونتو^۲ و همکاران، ۲۰۲۱، ۲۸۵).

این تحقیق با استفاده از تکنیک علم‌سنجی و طبق دستورالعمل نحوه انجام علم‌سنجی کتابخانه NIH^۳ امریکا انجام شد. بدین صورت که در مجموع ۳۱۲۸ سند شامل تمامی اسناد حوزه انتشار کربن منتشره که طی سال‌های ۲۰۱۵ تا فوریه ۲۰۲۴ در پایگاه وب‌آوساینس نمایه شده‌اند، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. این پایگاه به دلیل وجود شرایط و استانداردهای خاص برای نمایه‌سازی و پذیرش کردن مجلات دارای رتبه اعتبار بسیار بالایی بوده و یکی از مهمترین منابع پژوهشی محسوب می‌شود. در حال حاضر حجم اطلاعات موجود در این پایگاه بیش از ۸۰ میلیون مدرک است. لذا با توجه به اعتبار تولیدات علمی نمایه شده در این پایگاه اطلاعاتی، از آن‌ها جهت شناسایی، بررسی و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. در این تحقیق اسناد منتشره از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۴ بررسی گردیده است. همانطور که بیان گردید، افزایش انتشار کربن نگرانی قابل توجهی را در میان کشورهایمانند چین، ایالات متحده، روسیه، هند، اتحادیه اروپا و ژاپن به عنوان تولیدکنندگان اصلی کربن در جهان ایجاد کرده است. از طرف دیگر با توجه به پذیرش اولین تعهدات مطرح شده در نشست پاریس توسط کشورها در سال ۲۰۱۵ و لزوم توجه بیشتر به مسئله انتشار کربن، از این سال به بعد، شاهد توجه زیاد کشورها به تحقیقات در این حوزه بوده‌ایم. از طرف دیگر با توجه به این که بررسی علم‌سنجی تا سال ۲۰۱۵ در اسناد دیگری که در پایگاه وب‌آوساینس منتشر شده، وجود دارد (لی و ژائو^۴، ۲۰۱۵)؛ لذا، انتخاب این بازه زمانی می‌تواند به خوبی ساختار فکری دانش و روند پیشرفت اسناد در این حوزه پژوهشی را نشان دهد.

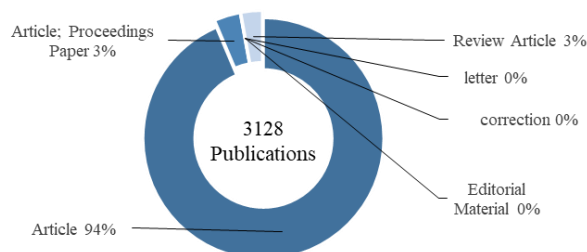
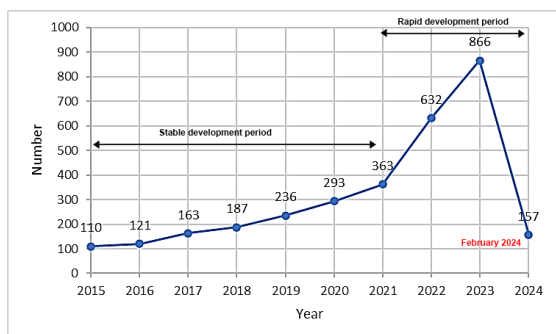
اسناد مورد بررسی در این تحقیق، با جستجوی عبارت "انتشار کربن"^۵ در عنوان پژوهش و کلیدواژه‌های نویسنده و در فوریه ۲۰۲۴ یافت شدند. سپس ابرداشته‌های مربوط به این اسناد، داندود و آنالیز شده و به‌صورت گرافیکی به‌نمایش در آمدند. لازم به ذکر است که پیش از انجام تحلیل‌های مربوط به همکاری‌های بین‌فردی و بین‌سازمانی، به‌جهت تدقیق تحلیل‌ها، صور مختلف درج نام نویسندگان و مؤسسات در داده‌های دریافتی از پایگاه وب‌آوساینس، با بهره‌گیری از نرم‌افزار Openrefine^۶، ویرایش 3.4.1 یکسان‌سازی شدند. تجزیه و تحلیل همکاری‌های بین‌فردی و بین‌سازمانی با بهره‌گیری از نرم‌افزار Science of Science (sci2) ویرایش 1.3.0 و نمایش گرافیکی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Gephi^۷ ویرایش 0.10.1 قابل اجرا در ویندوز انجام شد. در نهایت ویرایش‌های مربوط به اضافه کردن راهنمای تصاویر گرافیکی حاصله، توسط نرم‌افزار Inkscape^۸ ویرایش 0.92.3، انجام گردیدند. یافته‌های تحقیق

پاسخ به پرسش اول تحقیق: بیشترین نوع اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن از چه نوعی بوده، در چه سال‌هایی بیشتر مورد استقبال محققان قرار گرفته است، در کدام طبقه‌بندی موضوعی وب‌آوساینس قرار گرفته‌اند و در کدام نشریات منتشر شده‌اند؟

الف- بیشترین نوع اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن از چه نوعی هستند؟ در پایگاه وب‌آوساینس، اسناد بر اساس ویژگی‌های خاص هر سند که از ناشران دریافت می‌شوند در گروه‌های خاصی قرار می‌گیرند. همان‌طور که در شکل شماره ۱ ملاحظه می‌شود تعداد ۲۹۳۳ حدود ۹۴٪ (بیشترین تعداد) از ۳۱۲۸ سند مطالعه شده در این تحقیق را مقالات به خود اختصاص می‌دهند.

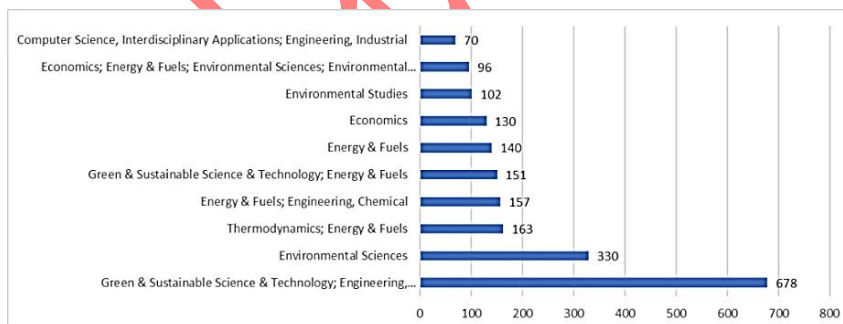
ب- حوزه انتشار کربن در چه سال‌هایی بیشتر مورد استقبال محققان قرار گرفته است؟ در شکل شماره ۲، دسته‌بندی تعداد اسناد حوزه انتشار کربن بر اساس سال انتشار آن‌ها نشان داده شده است. از سال ۲۰۱۵، تعداد اسناد منتشرشده در حوزه انتشار کربن، روند صعودی داشته است. تا سال ۲۰۲۱ این سرعت دارای شیب ثابت بوده است اما در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ روند اسناد منتشرشده سرعت بیشتری به خود گرفته و با اختلاف زیادی در حال افزایش می‌باشد. این بدین معناست که این حوزه در دو سال اخیر، بسیار مورد توجه محققان در سراسر دنیا قرار گرفته و شایسته مطالعه و تحقیق بیشتر است.

1 Bibliometric
2 Lim
3 Donthu
4 National Institutes of Health (NIH)
5 Li & Zhao
6 Carbon emissions



شکل ۲- دسته‌بندی اسناد حوزه انتشار کربن بر اساس سال انتشار

شکل ۱- دسته‌بندی اسناد حوزه انتشار کربن بر اساس نوع سند
ج- اسناد منتشره حوزه انتشار کربن، بیشتر در کدام طبقه‌های موضوعی وب‌آوساینس قرار دارند؟ پایگاه وب‌آوساینس اسناد را به‌طور خودکار و بر اساس نشریه‌ای که در آن منتشر شدند، به لحاظ موضوعی طبقه‌بندی می‌کند. در شکل شماره ۳، این طبقه‌بندی‌های موضوعی بر اساس تعداد انتشارات آن‌ها نشان داده شده‌اند. برای وضوح بصری بیشتر، تنها ۱۰ طبقه موضوعی برتر نمایش داده شده است. با توجه به این شکل، بیشترین اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن، در موضوعات "علم و فناوری سبز و پایدار؛ مهندسی، محیط زیست؛ علوم محیطی" (۶۷۸ سند)، "علوم محیطی" (۳۳۰ سند) و "ترمودینامیک، انرژی و سوخت" (۱۶۳ سند) طبقه‌بندی گردیده‌اند. کمترین اسناد منتشره حوزه انتشار کربن در موضوعات "علوم کامپیوتر، کاربردهای بین رشته‌ای؛ مهندسی، صنعتی" (۷۰ سند) بوده است.



شکل ۳- طبقه‌بندی اسناد حوزه انتشار کربن براساس طبقه‌بندی موضوعی وب‌آوساینس (۱۰ دسته‌بندی برتر)

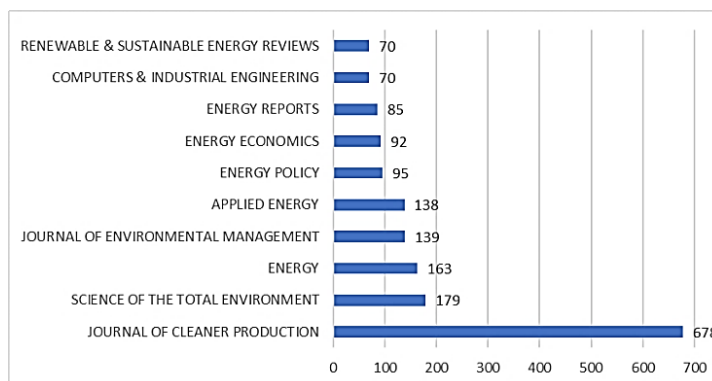
د- اسناد حوزه انتشار کربن، بیشتر در کدام نشریات منتشر شدند؟ شکل شماره ۴، دسته‌بندی اسناد حوزه انتشار کربن را بر اساس نام نشریات آن‌ها نشان می‌دهد. برای دستیابی به وضوح بصری بیشتر، تنها ۱۰ نشریه برتر (بر اساس تعداد انتشارات آن‌ها) نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که نشریه "Journal of Cleaner Production" بیشترین اسناد را در حوزه انتشار کربن منتشر کرده است. پس از آن نشریه‌های "Sustainable Cities And Society" و "Science of the Total Environment" دارای بیشترین مقالات منتشرشده در این حوزه می‌باشند. اطلاع از نشریاتی که بیشترین اسناد را در حوزه مدنظر منتشر کرده‌اند می‌تواند برای پژوهشگران و نویسندگان آن حوزه جهت دسترسی به منابع مفید و همچنین جهت انتشار تحقیقاتشان بسیار مفید واقع شود.

¹ Green & Sustainable Science & Technology; Engineering, Environmental; Environmental Sciences

² Environmental sciences

³ Thermodynamics; Energy & Fuel

⁴ Computer Science, Interdisciplinary Applications; Engineering, Industrial

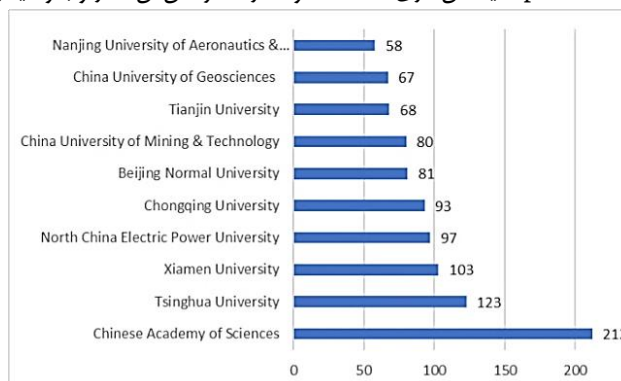


شکل ۴- دسته‌بندی اسناد انتشار کربن براساس نام نشریات (۱۰ نشریه برتر)

پاسخ به پرسش دوم تحقیق: کدام مؤسسات و محققان و از کدام کشورها بیشترین اسناد را در حوزه انتشار کربن منتشر کرده‌اند؟

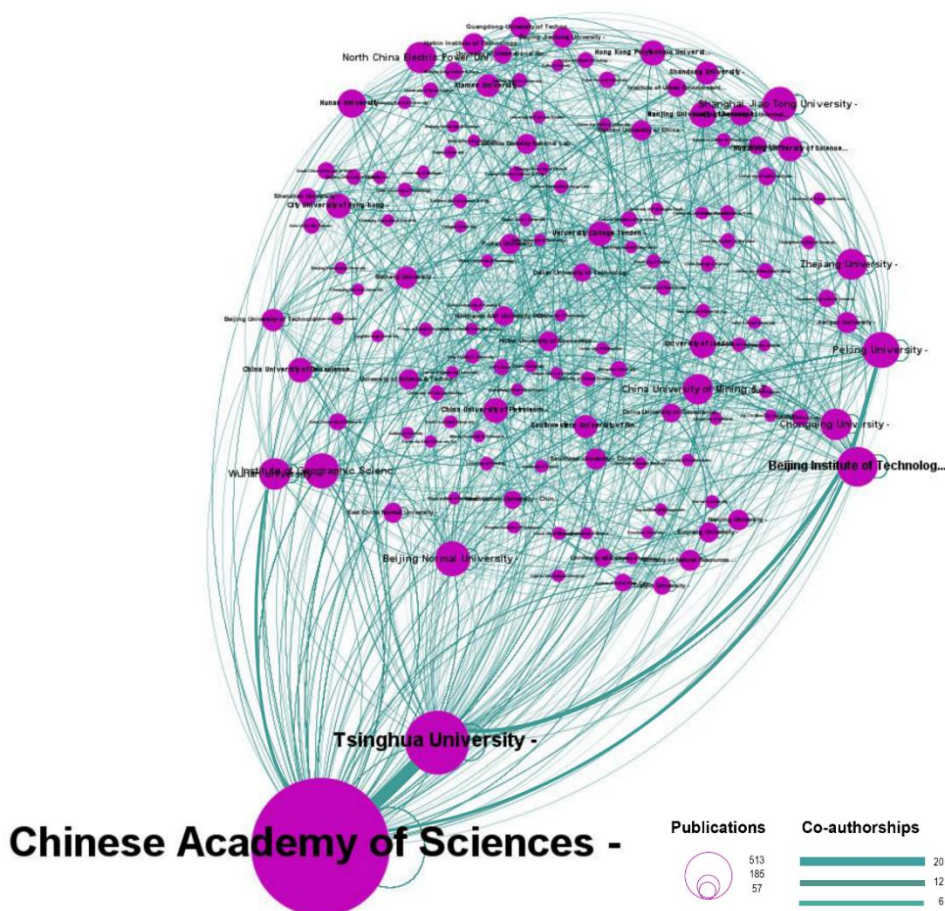
در این بخش شبکه‌های هم‌نویسندگی (تألیفات مشترک)، برای مؤسسات و نویسندگان و میزان هم‌نویسندگی آن‌ها قابل مشاهده می‌باشد. اطلاع از این موارد می‌تواند جهت یافتن همکاران علمی در زمینه موردنظر به نویسندگان و مؤسسات تحقیقاتی کمک کند.

الف- هم‌نویسندگی بین مؤسسات: شکل شماره ۵، اسامی ۱۰ مؤسسه برتر از نظر تعداد اسناد منتشره آن‌ها را نشان می‌دهد. آکادمی علوم چین ۱ و پس از آن دانشگاه تسینگ هوا ۲ بیشترین اسناد منتشر شده را در حوزه انتشار کربن دارند. لازم به ذکر است که تمامی این مؤسسات در کشور چین قرار دارند. شکل شماره ۶ شبکه هم‌نویسندگی را در سطح مؤسسات نشان می‌دهد که از تجزیه و تحلیل اسناد مورد مطالعه در این تحقیق و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای Gephi و Sci2 حاصل شده‌اند. تعداد اسناد منتشره نویسندگان در حوزه انتشار کربن و در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۴، تعیین‌کننده اندازه ظاهری گره‌ها در این شکل بوده و ضخامت و رنگ خطوط اتصال‌دهنده این مؤسسات به هم، نشان‌دهنده میزان همکاری بین آن‌ها می‌باشد. به دلیل تعداد زیاد مؤسسات، موسساتی که دارای همکاری کمتر در پژوهش‌ها بوده‌اند در این تصویر نمایش داده نشده‌اند، لذا همه مؤسسات نشان داده شده در این تصویر، حداقل شش سند را با مؤسسه‌ای دیگر تألیف کرده‌اند. آکادمی علوم چین ۳ و دانشگاه تسینگ هوا ۴ دارای بیشترین همکاری با دانشگاه‌های دیگر و با یکدیگر هستند که این امر ناشی از تعداد مقالات بالای این مراکز می‌باشد. در بین تمامی مؤسسات، دانشگاه پکن ۵ و دانشگاه تسینگ هوا و همچنین آکادمی علوم چین و انستیتو تکنولوژی بیجینگ ۶ بیشترین همکاری را با یکدیگر داشته‌اند. لازم به ذکر است که داده‌های مورد استفاده در این اشکال، از طریق جستجوی سیستماتیک وابستگی‌های سازمانی گزارش شده توسط نویسندگان اسناد مورد بررسی و بر اساس داده‌های برگرفته از وب‌آوساینس به دست آمده‌اند. برای این بخش نیز نام مؤسسات با استفاده از نرم‌افزار Openrefine یکسان‌سازی شدند تا تفاوت در ظاهر شدن آن‌ها در وب‌آوساینس خللی در نتایج این تحقیق ایجاد نکند.



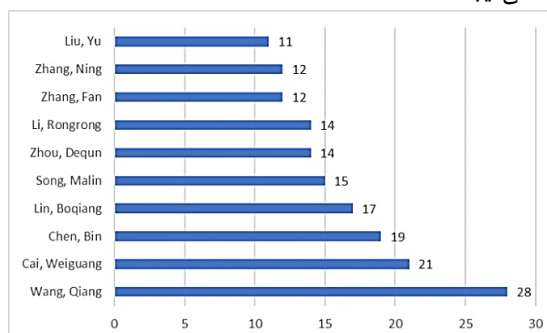
شکل ۵- توزیع اسناد انتشار کربن برای مؤسسات (۱۰ مؤسسه برتر)

- 1 Chinese Academy of Sciences
- 2 Tsinghua University
- 3 Chinese Academy of Sciences
- 4 Tsinghua University
- 5 Peking University
- 6 Beijing Institute of Technology

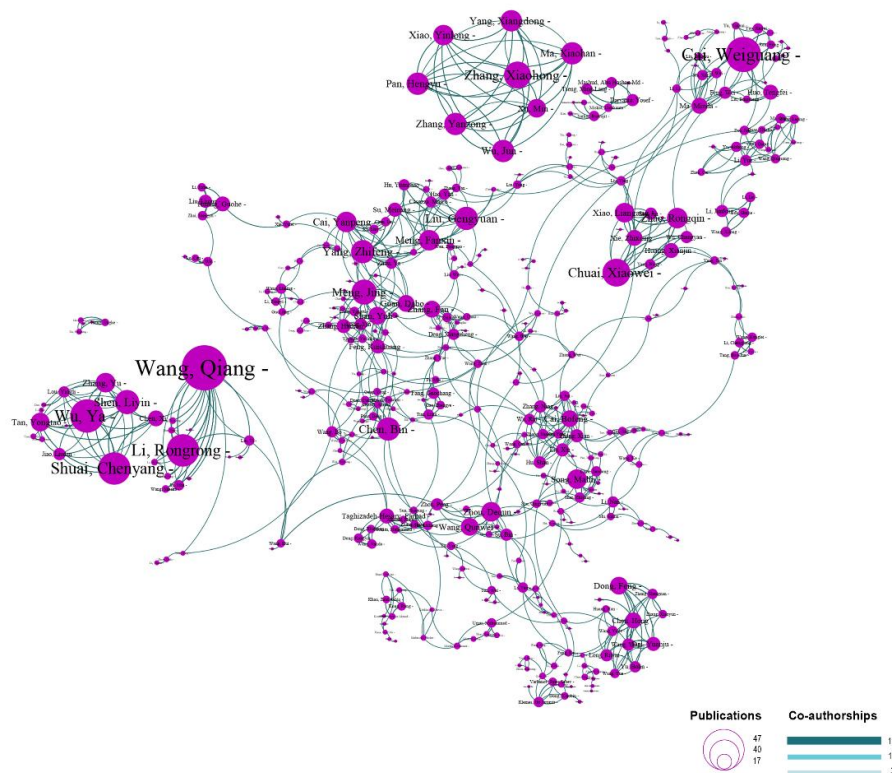


شکل ۶- شبکه هم‌نویسندگی بین مؤسسه‌ای (خروجی نرم‌افزار Gephi)

ب- هم‌نویسندگی بین نویسندگان فردی: شکل شماره ۷ اسامی ۱۰ نویسنده برتر و تعداد اسناد منتشره آن‌ها در حوزه انتشار کربن و در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ را نشان می‌دهد. از بررسی این شکل، مشخص می‌گردد که Wang Qiang و پس از او Cai Weiguang بیشترین تعداد اسناد را در حوزه انتشار کربن منتشر کرده‌اند. همانطور که مشخص است، نویسندگان چینی دارای بیشترین تعداد مقالات در حوزه انتشار کربن هستند. شکل شماره ۸، شبکه هم‌نویسندگی در سطح فردی را نشان می‌دهد که از تجزیه و تحلیل اسناد مطالعه شده با استفاده از نرم‌افزارهای Sci2 و Gephi به دست آمده است. اندازه نام نویسندگان بر اساس تعداد اسناد منتشر شده آنها تعیین شده و ضخامت و رنگ خطوط نشان‌دهنده میزان همکاری بین نویسندگان است. نویسندگانی که حداقل ۳ مقاله در بازه زمانی مشخص منتشر کرده‌اند، در این شکل نمایش داده شده‌اند. Wang, Qiang و Li, Rongrong با ۱۹ سند مشترک بیشترین همکاری را داشته‌اند. این شبکه نشان می‌دهد که نویسندگان به شدت به همکاری‌ها برای دستیابی به نتایج قابل توجه متکی هستند. لازم به ذکر است که در این بخش، برای یکسان‌سازی نام نویسندگان از نرم‌افزار Openrefine استفاده شده است تا تفاوت در نمایش آن‌ها در وب‌آوساینس مشکلی ایجاد نکند.



شکل ۷- توزیع اسناد انتشار کربن برای نویسندگان (۱۰ نویسنده برتر)



شکل ۸- شبکه هم‌نویسندگی بین نویسندگان فردی (خروجی نرم‌افزار Gephi)

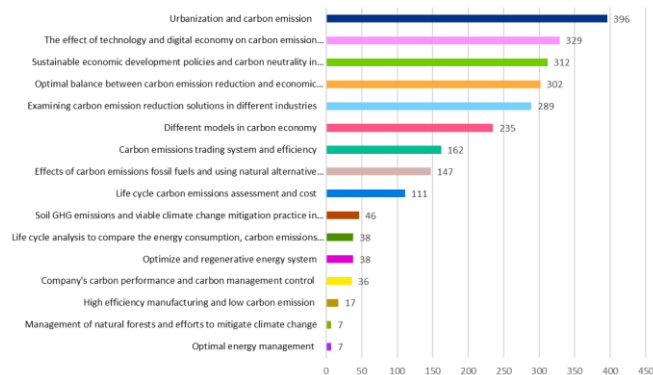
پاسخ به پرسش سوم تحقیق: اسناد منتشره انتشار کربن از نظر موضوعی، به کدام زمینه‌ها پرداخته‌اند؟ (تحلیل موضوعی اسناد)
تحلیل موضوعی روشی برای تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی است. محقق داده‌ها را از نزدیک بررسی کرده تا مضامین مشترک-موضوعات و الگوهای معنایی که مکرراً مطرح می‌شوند را شناسایی کند. در این تحقیق، اسناد مورد مطالعه با استفاده از دو تکنیک شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی و شبکه هم‌رخدادی واژگان مورد تحلیل و طبقه‌بندی موضوعی قرار گرفتند.

الف- شبکه‌های جفتی کتاب‌شناختی: شکل شماره ۱۶ دسته‌بندی موضوعی اسناد مورد بررسی را نشان می‌دهد. شکل شماره ۹-الف، نقشه موضوعی یا شبکه جفت کتاب‌شناختی اسناد را که با نرم‌افزارهای Sci2 و Gephi ایجاد شده، نمایش می‌دهد. در این نقشه، ۲۴۷۲ از ۳۱۲۸ سند (حدود ۷۹ درصد) به صورت گرافیکی نشان داده شده‌اند. برای افزایش دقت بصری، اسنادی با کمتر از دو مرجع مشترک حذف شده و فقط بزرگ‌ترین جزء متصل شبکه نمایش داده شده است. شانزده طبقه‌بندی موضوعی به صورت رنگ‌های متفاوت نشان داده شده‌اند. نقاط (گره‌ها) نشان‌دهنده اسناد هستند، اندازه آن‌ها متناسب با تعداد استنادها و رنگ آن‌ها طبقه موضوعی مربوطه را نشان می‌دهد که براساس تحلیل واژه‌های به کاررفته در عنوان و چکیده اسناد نام‌گذاری شده‌اند. طبقه‌بندی توسط الگوریتم ماژولاریتی^۲ در نرم‌افزار Gephi تعیین شده است. عملکرد این الگوریتم به این صورت است که، الگوریتم پیاده‌سازی شده در Gephi به دنبال گره‌هایی می‌گردد که نسبت به بقیه شبکه به‌طور متراکم‌تری به یکدیگر متصل شده‌اند (بلوندل^۳ و همکاران، ۲۰۰۸، ۳). این طبقه‌بندی‌ها در فاصله‌های متفاوت از یکدیگر قرار گرفته‌اند که فاصله کوتاه‌تر بین هر دسته موضوعی به معنای نقاط قوت قوی‌تر بین دو موضوع است.

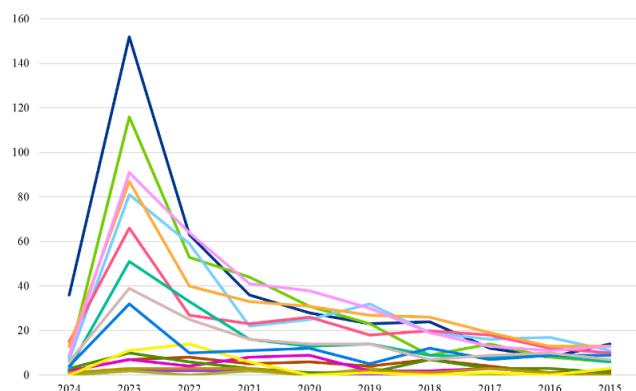
¹ Bibliographic Coupling Networks

² Modularity

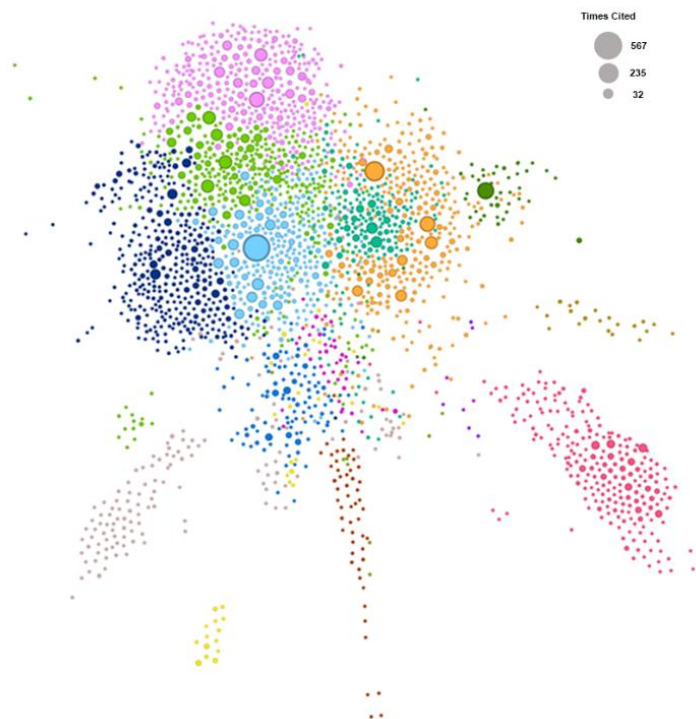
³ Blondel



کل ۹-ب- توزیع اسناد به ازای طبقه بندی موضوعی



شکل ۹- ج- توزیع اسناد به ازای طبقه بندی موضوعی و سال انتشار آن‌ها



در مجموع، ۱۶ دسته

شهرنشینی و انتشار کربن

تأثیر فناوری و اقتصاد دیجیتال بر عملکرد انتشار کربن

سیاست‌های توسعه اقتصادی پایدار و بی‌طرفی کربن در کشورها

تعادل بهینه بین کاهش انتشار کربن و رشد اقتصادی

بررسی راهکارهای کاهش انتشار کربن در صنایع مختلف

مدل‌های مختلف در اقتصاد کربن

سیستم تجارت انتشار کربن و کارایی

اثرات انتشار کربن سوخت‌های فسیلی و استفاده از راه‌حل‌های جایگزین طبیعی

ارزیابی انتشار کربن چرخه زندگی و هزینه

انتشار گازهای گلخانه‌ای خاک و تمرین کاهش تغییرات آب‌وهوا در کشاورزی

تجزیه و تحلیل چرخه عمر برای مقایسه مصرف انرژی، انتشار کربن و هزینه اقتصادی

عملکرد کربن شرکت‌ها و کنترل مدیریت کربن

بهینه‌سازی و سیستم انرژی احیاکننده

تولید با راندمان بالا و انتشار کم کربن
مدیریت جنگل‌های طبیعی و تلاش برای کاهش تغییرات آب‌وهوا
مدیریت بهینه انرژی

شکل شماره ۹-ب، طبقه‌بندی‌های موضوعی و تعداد اسناد هر طبقه را نشان داده و شکل ۹-ج تعداد اسناد هر طبقه را بر اساس سال انتشار آن‌ها نشان می‌دهد. با توجه به بررسی نمودارها، در موضوع‌هایی مانند شهرنشینی و انتشار کربن، سیاست‌های توسعه اقتصادی پایدار و بی‌طرفی کربن در کشورها، تعادل بهینه بین کاهش انتشار کربن و رشد اقتصادی و بررسی راهکارهای کاهش انتشار کربن در صنایع مختلف شاهد رشد سریع در تعداد مقالات در دو سال اخیر هستیم. در موضوع‌هایی مانند تأثیر فناوری و اقتصاد دیجیتال بر عملکرد انتشار کربن با وجود پیشرفت هر ساله این رشد با شیب ملایم‌تری در حال پیشرفت می‌باشد. همچنین در موضوعاتی مانند بهینه‌سازی و سیستم انرژی احیاکننده شاهد کاهش اسناد منتشره در سال‌های اخیر می‌باشیم.

ب- شبکه هم‌رخدادی واژگان ۱: روش دوم تحلیل موضوعی اسناد مورد مطالعه، روش شبکه هم‌رخدادی واژگان است که در شکل شماره ۱۰، مشاهده می‌شود که در آن، نقطه‌ها (گره‌ها) نمایانگر واژه‌ها و اصطلاحات پرکاربرد اسناد مورد مطالعه بوده و ضخامت خطوط اتصال‌دهنده این نقاط، نمایانگر دفعات هم‌رخدادی این واژگان است. اندازه نقاط، متناسب با تعداد اسناد اختصاص داده شده به آن‌ها و رنگ آن‌ها نشان‌دهنده دسته موضوعی آن‌ها می‌باشد. این قسمت نیز توسط الگوریتم ماژولاریتی در نرم‌افزار Gephi تعیین شده است که براساس آن واژگان با توجه به ارتباط خود با هم، کلاس‌بندی شده و به هم وصل می‌گردند. با این روش، در مجموع ۶ دسته موضوعی شناسایی شد که نام آن‌ها با تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی واژگان و اصطلاحات موجود در هر دسته، به شرح زیر تعیین گردید:

انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای

تفاوت‌های فضایی و کاربری زمین در انتشار کربن

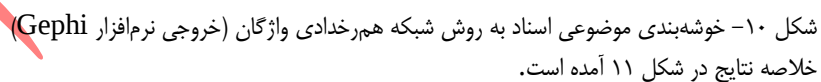
کاهش انتشار کربن با توسعه فناوری‌های کارآمد پایدار و کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی

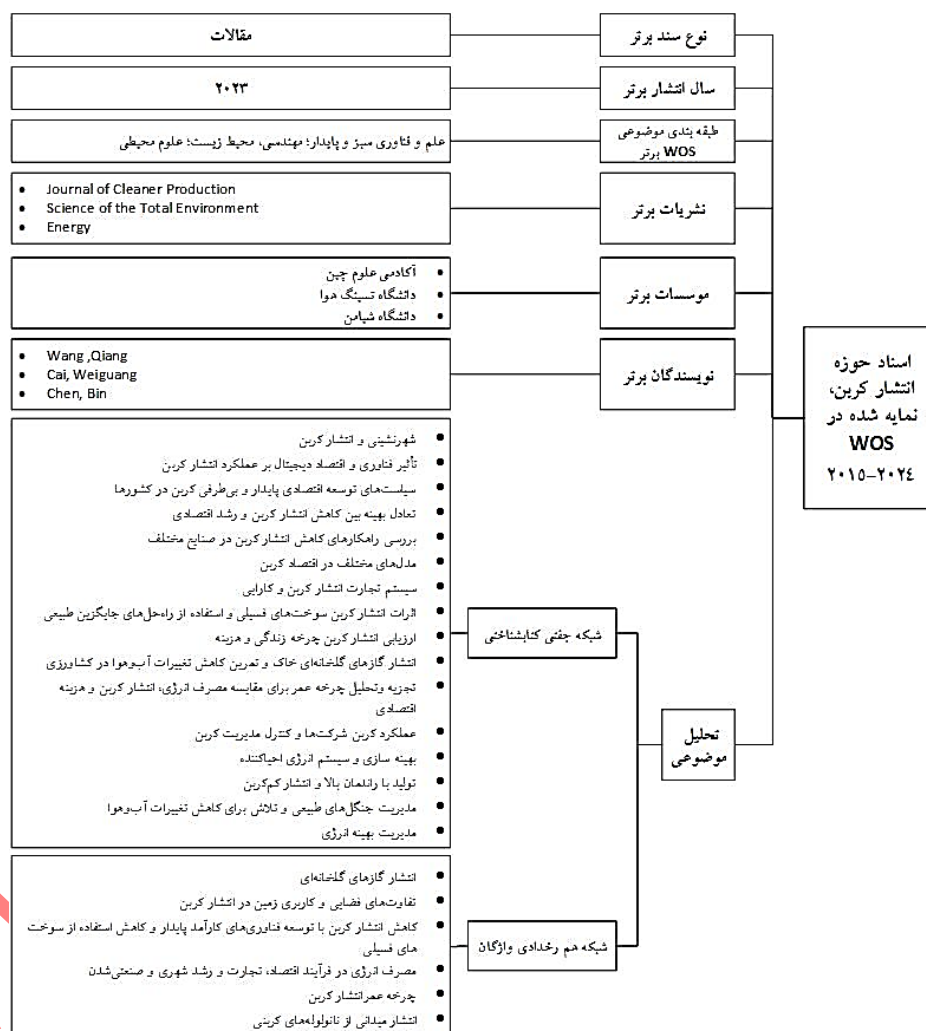
مصرف انرژی در فرایند اقتصاد، تجارت و رشد شهری و صنعتی شدن

چرخه عمر انتشار کربن

انتشار میدانی از نانوتیوب‌های کربنی

لازم به ذکر است که برای افزایش دقت وضوح بصری، حوزه‌های موضوعی با کمتر از ۲۱ سند، حذف شده و تنها بزرگ‌ترین جزء متصل شبکه، نمایش داده شده است.





شکل شماره ۱۱- خلاصه نتایج تحقیق

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف بررسی تولیدات علمی در حوزه محیط زیست و تغییرات اقلیمی با تمرکز بر انتشار کربن، به مرور ۳۱۲۸ سند که از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ توسط الزویر منتشر و در وب‌آوساینس نمایه شده‌اند با استفاده از تکنیک علم‌سنجی پرداخت.

بیشترین رشد تولیدات علمی از سال ۲۰۱۵ از نوع مقالات بوده و در هر سال روند روبه‌رشد و صعودی داشته است. این موضوع با یافته‌های حاصل از پژوهش‌های پیشین ابیدرا و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشته است (اودارا ویلهلم ابیدرا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹، ۱). پیشرفت‌های حال حاضر به ویژه در دو سال اخیر در مطالعات انتشار کربن نشان‌دهنده افزایش توجه پژوهشگران به این موضوع است. با این وجود مقاله علم‌سنجی حاضر، ضرورت افزایش تولیدات علمی در زمینه انتشار کربن را برجسته می‌کند.

نتایج پیرامون دسته موضوعی برتر نشان دادند که دسته‌بندی‌ها در سال‌های اخیر تغییرات قابل توجهی داشته‌اند. طبق تحقیقات قبلی دسته موضوعی برتر تا سال ۲۰۱۵ "علوم محیطی و اکولوژی"، "مهندسی" و "بهداشت عمومی، محیطی و شغلی" بوده است (لی و ژائو^۲، ۲۰۱۵، ۱۶۰)، از سال ۲۰۱۵ مسیر موضوعی انتشارات حوزه کربن تغییر کرده است به صورتی که در حال حاضر "علوم فناوری سبز و پایدار، مهندسی محیط زیست" به موضوعات برتر مورد پژوهش حوزه انتشار کربن اضافه گردیده‌اند. از جمله دلایل این موضوع می‌توان توجه بیشتر به بحث پایداری و تأثیر محیط زیستی انتشار کربن از سال ۲۰۱۵ به بعد در توافق پاریس دانست (کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا^۳، ۲۰۱۵). در زمینه‌هایی مانند کاربرد علوم کامپیوتر، انرژی، سوخت و اقتصاد در انتشار کربن دارای کمبودهای قابل توجهی هستیم. از آن‌جا که در دو سال اخیر به موضوعاتی نظیر علوم کامپیوتر توجه بیشتر شده و استفاده از ابزارهایی

¹ Udara Willhelm Abeydeera

² Li & Zhao

³ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

نظیر هوش مصنوعی در بین پژوهشگران محبوب شده است، و در مواردی مانند ترکیب فن آوری و اقتصاد دیجیتال به صورت مطالعات بین رشته‌ای انجام شده است، پیش‌بینی می‌گردد تعداد انتشارات در این دسته‌ها در سال‌های آینده رشد قابل توجهی پیدا کند. با این وجود، از آن‌جا که این موضوعات در رده موضوعات جدید قرار گرفته، توجه بیشتر از سوی پژوهشگران به این موضوعات را می‌طلبد.

نتایج بررسی پیرامون کشورهای پیشرو در زمینه تحقیقات حوزه انتشار کربن نشان دادند که کشور چین و دانشگاه‌های آن با پرچمداری "آکادمی علوم چین"، ارائه دهنده تعداد پژوهش‌های برتر در این زمینه بوده‌اند. هر چند که در سال‌های گذشته کشورهایی مانند آمریکا و انگلستان نیز انتشارات قابل توجهی داشته‌اند (اودارا ویلهلم ابیدیرا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹) (تیان^۲ و همکاران، ۲۰۱۸)، اما در سال‌های اخیر پژوهشگران چینی از کشورهای دیگر پیشی گرفته‌اند. پیشرفت تولیدات علمی مرتبط با انتشار کربن ممکن است به دلیل شناسایی کشور چین به عنوان یکی از آلوده‌کننده‌ترین کشورها در گزارشات مربوط به آلودگی محیط زیست بوده و این کشور به دلیل هدف‌گذاری در دستیابی به افزایش تولید ناخالص داخلی در معرض چالش‌های زیست محیطی زیاد قرار دارد. به این دلیل دولت چین شروع به تمرکز بر روی موضوعات محیط زیستی کرده و تحول استراتژیک را از توسعه اقتصادی به محیط زیست و توسعه در ایجاد جامعه‌ای دوستدار محیط زیست آغاز کرده است (کان^۳، ۲۰۰۹، ۵۳۰). با توجه به دلایل ذکر شده محققان چینی توجه زیادی به موضوعات این حوزه داشته‌اند لذا با پذیرش تحقیقات مشترک با دانشگاه‌های این کشور می‌توان سهم زیادی در پیشرفت تعداد اسناد منتشره در حوزه انتشار کربن داشت. این امر می‌تواند به طرق مختلف دیگر مانند، تقویت ارتباط بین‌المللی و بین موسسه‌ای، همکاری‌هایی شامل ایجاد مشارکت‌های رسمی، برگزاری کنفرانس‌ها و کارگاه‌های بین‌المللی، ایجاد پلتفرم‌های آنلاین، تبادل دانش و نتایج تحقیق، بازدیدهای تحقیقاتی پژوهشگران و ارائه کمک‌های مالی برای پروژه‌های مشترک بویژه در کشورهای در حال توسعه نظیر کشور ایران باشد. البته باید توجه داشت با اینکه چین پیشرو در زمینه انتشار کربن شده است، نیاز به مطالعات بیشتری در کشورهای دیگر مانند آمریکا، بریتانیا و کشورهای در حال توسعه وجود دارد. همچنین نتایج بررسی نویسندگان برتر و شبکه هم‌تالیفی نویسندگان نشان دادند که ادبیات مربوط به این حوزه نیز تحت تسلط چند نویسنده چینی است. مطالعات علمی پیشین نیز نشان دادند که مقالات نویسندگان چینی بخش عمده‌ای از مقالات حوزه انتشار کربن را به خود اختصاص داده‌اند (فن^۴ و همکاران، ۲۰۲۳، ۸۸۱). با این حال مقالات چند نویسنده نسبتاً بیشتر از سایر نویسندگان می‌باشد. این امر نشان‌دهنده همکاری قوی بین محققان در کشور چین می‌باشد.

در بررسی تحلیل موضوعی مقالات، موضوع "شهرنشینی و انتشار کربن" دارای تعداد مقالات و جامعیت بیشتر می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده توجه بیشتر پژوهشگران در سال‌های اخیر به موضوعات مربوط به نقش انتشار کربن در توسعه شهری بوده و با توجه به تمرکز کشورها به این موضوع بعد از توافق پاریس (۲۰۱۵)، این نتایج قابل پیش‌بینی بوده است. موضوع انرژی که یکی از موضوعات مهم در بحث مربوط به انتشار کربن بوده، در رده‌های پایین این طبقه‌بندی‌ها از منظر تعداد اسناد منتشره قرار گرفته و همانطور که در قسمت تحلیل نتایج بیان گردید، حتی در موضوعاتی مانند بهینه‌سازی و سیستم انرژی احیاکننده شاهد کاهش اسناد منتشره در سال‌های اخیر می‌باشیم و تحقیق و پژوهش در موضوعاتی مانند مصرف بهینه انرژی و سوخت و انرژی‌های تجدیدپذیر که تاثیر قابل توجهی بر میزان انتشار کربن دارد، توصیه می‌گردد. موضوع مورد توجه دیگر در این کاوش محاسبه و تجزیه و تحلیل چرخه عمر در بحث انتشار کربن می‌باشد. این موضوع هم در تحلیل جفت کتاب‌شناختی و هم در تحلیل هم‌رخدادی واژگان بیان گردیده است. در هر دو بخش در طبقه‌های پایین قرار گرفته‌اند. از آن‌جا که اختلافات بسیاری در نحوه محاسبات مربوط به تخمین دقیق چرخه زندگی وجود دارد تمرکز پژوهشگران در این حوزه در پیشرفت‌های مربوط به آن بسیار موثر بوده و می‌تواند منجر به ارائه راه‌حل‌های موثرتری برای کاهش انتشار کربن، مبارزه با تغییرات آب و هوایی و صنعتی پایدارتر گردد. بنابراین این موضوعات را می‌توان به‌عنوان گپ‌های مهم در تحلیل موضوعی اسناد نام برد.

با تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی واژگان و اصطلاحات موجود در مقالات، واژه انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای بیشترین سهم از واژگان را به خود اختصاص داده‌اند. طبق بررسی‌های انجام گرفته در سال‌های ابتدایی تحقیقات در حوزه انتشار کربن (دهه ۱۹۹۰) نویسندگان بیشتر به جنبه‌های مربوط به تغییرات آب و هوایی توجه داشتند. لذا عبارت تغییرات آب و هوایی بیشتر در واژگان این حوزه به کار گرفته شده است. پس از شناسایی سهم گازهای گلخانه‌ای در تغییرات آب و هوایی، تمرکز به سمت گازهای گلخانه‌ای معطوف شد (اودارا ویلهلم ابیدیرا^۱ و همکاران، ۲۰۱۹، ۱). با توجه به این که در سال‌های بعد توجه به بحث انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر شده استفاده بیشتر از این کلمه قابل توجیه می‌باشد. با توجه به فراوانی واژه انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای این واژگان در پژوهش‌ها مورد توجه قرار گیرد تا بتوانند نقش قابل توجهی در پیشبرد تولیدات علمی مربوط به محیط زیست و تغییرات اقلیمی بوده و زمینه رشد تولیدات علمی این حوزه را در ایران و جهان بوجود آوریم. البته باید توجه داشت که تغییر کلمات مشترک در طول زمان به دلیل تغییر دیدگاه در تحقیقات مربوط به انتشار کربن است و این جهش‌ها در سال‌های آتی نیز ادامه خواهد داشت.

در بررسی‌های این محدودیت‌هایی وجود داشته که باید توسط خوانندگان در نظر گرفته شود. اولاً، داده‌های استفاده شده تنها از مجموعه هسته وب‌آوساینس استخراج شده‌اند که ممکن است همه ادبیات موجود در دامنه انتشار کربن را پوشش ندهد. همچنین، داده‌ها از منابعی به‌دست آمده‌اند که احتمالاً تمامی ادبیات

¹ Udara Willhelm Abeydeera

² Tian

³ Kan

⁴ Fan

⁵ Udara Willhelm Abeydeera

موجود را شامل نمی‌شوند. علاوه بر این، مطالعاتی که در عنوان خود به انتشار کربن اشاره نکرده‌اند، در این تجزیه و تحلیل لحاظ نشده‌اند. با این حال، این تحلیل علم‌سنجی، بازتابی از تحقیقات جهانی در حوزه انتشار کربن ارائه می‌دهد و بینش ارزشمندی در مورد نویسندگان، مؤسسات، کشورها و روندها و انتشارات در این حوزه ارائه می‌کند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای تدوین سیاست‌های کنترل انتشار کربن مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- ابراهیم زاده، فاطمه؛ مهدیزاده سراج، فاطمه؛ نوروزیان ملکی، سعید؛ و پیری، سعید. (۱۴۰۲). ارزیابی تولیدات علمی در حوزه فعالیت جسمانی دانش‌آموزان با تمرکز بر ویژگی‌های کالبدی فضای باز در مدارس ابتدایی: یک مرور نظام‌مند. پژوهش نامه علم سنجی، ۹ (شماره ۲، پاییز و زمستان)، ۳۸۵-۴۱۲.
<https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15591.1551>
- اسکندری ثانی، محمد، علیزاده هی‌هی، مهدیه، و رضائی نسب، آزاده. (۱۴۰۲). واکاوی اثرات اجتماعی توسعه‌ی فضای سبز شهری قوچان. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۲ (۲)، ۸۸-۱۰۲.
<https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6669.1039>
- افراخته، حسن. (۱۴۰۱). اقتصاد بوم‌شناختی و حفاظت از اکوسیستم زمین. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۱ (۱)، ۱-۱۶.
<https://doi.org/10.2207/jgmd.2022.5599.1001>
- حاضری، هاتف، پوراسکندری رضی آباد، فرزاد، و شکوهی فرد، سیامک. (۱۴۰۳). اثرات مقارن و نامتقارن قیمت نفت، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی بر انتشار کربن. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۳ (۱)، ۲۴۵-۲۶۸.
<https://doi.org/10.22077/jgmdms.2024.7344>
- رحمانی، مهدی. (۱۳۹۷). ترسیم و تحلیل شبکه هم‌رخدادی واژگان در مقاله‌های فصلنامه علمی پژوهشی روان‌شناسی کاربردی. فصلنامه روان‌شناسی کاربردی، ۱۲ (۱)، ۱۲۷-۱۴۱.
https://apsy.sbu.ac.ir/article_96994_b7588f0b08cbb18280a50e220a9af721.pdf
- روستا، مریم؛ جوادپور، مسعود؛ عبادی، مریم. (۱۳۹۹). تدوین مدل «محل کم‌کربن» به منظور کاربست در برنامه‌ریزی و طراحی شهری. دانش شهرسازی، ۱۴ (۱)، ۳۳-۴۸.
<https://doi.org/10.22124/upk.2020.15513.1383>
- صادقی، عزت‌الله، صادقی، یاور، و خدیوی، هاجر. (۱۴۰۲). تأثیر طراحی محیط مدارس با رویکرد معماری طبیعت محور بر یادگیری دانش‌آموزان در شهر ایزه. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۳ (۱)، ۱۲۹-۱۳۸.
<https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6471.1035>
- صدیقی، مهری. (۱۳۹۳). بررسی کاربرد روش تحلیل هم‌رخدادی واژگان در ترسیم ساختار حوزه‌های علمی (مطالعه موردی: حوزه اطلاع‌سنجی). پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات، ۳۰ (۲)، ۳۷۳-۳۹۶.
<https://doi.org/10.35050/JIPM010.2015.040>
- نادمی، یونس، و دالوندی، معصومه. (۱۴۰۲). نقش جهانی‌شدن در رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۲ (۱)، ۲۰-۳۵.
<https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6191>
- Arioli, M. S., D'Agosto, M. d. A., Amaral, F. G., & Cybis, H. B. B. (2020). The evolution of city-scale GHG emissions inventory methods: A systematic review. *Environ Impact Assess Rev*, 80, 106316.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106316>
- Bai, H., Feng, X., Hou, H., He, G., Dong, Y., & Xu, H. (2018). Mapping inter-industrial CO2 flows within China. *Renew Sustain Energy Rev*, 93, 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.054>
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008.
<https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Boyack, K. W., & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately?, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12), 2389-2404.
<https://doi.org/10.1002/asi.21419>
- Callon, M., Courtial, J. P., & Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22(1), 155-205. <https://doi.org/10.1007/bf02019280>
- Chen, Y., Zhou, Y., Feng, W., Fang, Y., & Feng, A. (2022). Factors That Influence the Quantification of the Embodied Carbon Emission of Prefabricated Buildings: A Systematic Review, Meta-Analysis and the Way Forward. *Buildings (Basel)*, 12(8), 1265. <https://doi.org/10.3390/buildings12081265>
- Chuai, X., Huang, X., Lu, Q., Zhang, M., Zhao, R., & Lu, J. (2015). Spatiotemporal Changes of Built-Up Land Expansion and Carbon Emissions Caused by the Chinese Construction Industry. *Environ Sci Technol*, 49(21), 13021-13030. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01732>

- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Fan, J., Meng, X., Tian, J., Xing, C., Wang, C., & Wood, J. (2023). A review of transportation carbon emissions research using bibliometric analyses. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 10(5), 878-899. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.09.002>
- Fenner, A. E., Kibert, C. J., Woo, J., Morque, S., Razkenari, M., Hakim, H., & Lu, X. (2018). The carbon footprint of buildings: A review of methodologies and applications. *Renew Sustain Energy Rev*, 94, 1142-1152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.012>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Sitch, S., Le Quéré, C., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S., Aragão, L. E. O. C., Arneeth, A., Arora, V., Bates, N. R., . . . Zaehle, S. (2020). Global Carbon Budget 2020. *Earth Syst. Sci. Data*, 12(4), 3269-3340. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>
- Hanafi, I., Zahir, Z., El Bahaoui, J., Cabrera, F. M., & Haboubi, K. (2024). The evolution of net zero emissions research: A bibliometric investigation. *Sci Afr*, 24, e02228.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02228>
- Höhne, N., Elzen, M., Rogelj, J., Metz, B., Fransen, T., Kuramochi, T., Olhoff, A., Alcamo, J., Winkler, H., Fu, S., Schaeffer, M., Schaeffer, R., Peters, G., Maxwell, S., & Dubash, N. (2020). Emissions: world has four times the work or one-third of the time. *Nature*, 579, 25-28.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-00571-x>
- Jarneving, B. (2007). Bibliographic coupling and its application to research-front and other core documents. *J Informetr*, 1(4), 287-307. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2007.07.004>
- Kan, H. (2009). Environment and health in china: challenges and opportunities. *Environ Health Perspect*, 117(12), A530-531. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901615>
- Kessler, M. (1963). An experimental study of bibliographic coupling between technical papers (Corresp.). *IEEE Trans Inf Theory*, 9(1), 49-51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/TIT.1963.1057800>
- Law, J., & Whittaker, J. (1992). Mapping acidification research: A test of the co-word method. *Scientometrics*, 23(3), 417-461. <https://doi.org/10.1007/bf02029807>
- Lee, B., & Jeong, Y.-I. (2008). Mapping Korea's national R&D domain of robot technology by using the co-word analysis. *Scientometrics*, 77(1), 3-19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11192-007-1819-4>
- Li, J., Wang, M.-H., & Ho, Y.-S. (2011). Trends in research on global climate change: A Science Citation Index Expanded-based analysis. *Glob Planet Change*, 77(1), 13-20.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.02.005>
- Li, W., & Zhao, Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environ Impact Assess Rev*, 50, 158-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>
- Lim, W. M., Yap, S.-F., & Makkar, M. (2021). Home sharing in marketing and tourism at a tipping point: What do we know, how do we know, and where should we be heading? *Journal of Business Research*, 122, 534-566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.051>
- Lu, W., Tam, V. W. Y., Chen, H., & Du, L. (2020). A holistic review of research on carbon emissions of green building construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(5), 1065-1092. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-06-2019-0283>
- Marshakova-shaikovich, I. V. (2009). System of Document Connections Based on References . *Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya Seriya 2-Informatsionnye Protsessy I Sistemy*, 6(4), 3–8.
<https://www.semanticscholar.org/paper/System-of-Document-Connections-Based-on-References-Marshakova-shaikovich/2d871489eb7288dd1bec4be99bc363efd4933d48#citing-papers>
- Millot, A., & Maïzi, N. (2021). From open-loop energy revolutions to closed-loop transition: What drives carbon neutrality? *Technol Forecast Soc Change*, 172, 121003.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121003>
- NIH. National Institutes of Health. <https://www.nihlibrary.nih.gov/services/bibliometrics/learn-more-about-bibliometrics>

- Ravikumar, S., Agrahari, A., & Singh, S. N. (2015). Mapping the intellectual structure of scientometrics: a co-word analysis of the journal Scientometrics (2005–2010). *Scientometrics*, 102(1), 929-955. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11192-014-1402-8>
- Rip, A., & Courtial, J. P. (1984). Co-word maps of biotechnology: An example of cognitive scientometrics. *Scientometrics*, 6(6), 381-400. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/BF02025827>
- Rogelj, J., Forster, P. M., Kriegler, E., Smith, C. J., & Séférián, R. (2019). Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets. *Nature*, 571(7765), 335-342. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1038/s41586-019-1368-z>
- Sang, M., He, H., Shen, L., & Xu, X. (2024). Research evolution on low-carbon city measure study: A bibliometric analysis. *Environ Impact Assess Rev*, 106, 107526. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107526>
- Small, H. G. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *J. Am. Soc. Inf. Sci.*, 24, 265-269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>
- Su, Y., Zou, Z., Ma, X., & Ji, J. (2022). Understanding the relationships between the development of the construction sector, carbon emissions, and economic growth in China: Supply-chain level analysis based on the structural production layer difference approach. *Sustain Prod Consum*, 29, 730-743. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.018>
- Tian, X., Geng, Y., Zhong, S., Wilson, J., Gao, C., Chen, W., Yu, Z., & Hao, H. (2018). A bibliometric analysis on trends and characters of carbon emissions from transport sector. *Transp Res D Transp Environ*, 59, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.009>
- Udara Willhelm Abeydeera, L. H., Wadu Mesthrige, J., & Samarasinghalage, T. I. (2019). Global Research on Carbon Emissions: A Scientometric Review. *Sustainability*, 11(14), 3972. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su11143972>
- UNEP. (2009). Common Carbon Metric for Measuring Energy Use & Reporting Greenhouse Gas Emission from Building Operation. <https://stg-wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7922>
- UNFCCC. (2015). The Paris Agreement. Paris. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf
- Xing, Z., Wang, J., & Zhang, J. (2018). Expansion of environmental impact assessment for eco-efficiency evaluation of China's economic sectors: An economic input-output based frontier approach. *Sci Total Environ*, 635, 284-293. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.076>
- Zeng, Q., Ma, F., Lu, X., & Xu, W. (2022). Policy uncertainty and carbon neutrality: Evidence from China. *Finance Research Letters*, 47, 102771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102771>
- Zhang, W., Zhang, Q., Yu, B., & Zhao, L. (2015). Knowledge map of creativity research based on keywords network and co-word analysis, 1992–2011. *Qual Quant*, 49(3), 1023-1038. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11135-014-0032-9>
- Zhang, Y., Pan, C.-L., & Liao, H.-T. (2021). Carbon Neutrality Policies and Technologies: A Scientometric Analysis of Social Science Disciplines [Original Research]. *Front Environ Sci*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102701>
- Zhou, Y., Chen, M., Tang, Z., & Mei, Z. (2021). Urbanization, land use change, and carbon emissions: Quantitative assessments for city-level carbon emissions in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Sustain Cities Soc*, 66, 102701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102701>
- Afrakhteh, H. (2022). Ecological Economy and Protection of the Earth's Ecosystem, *Green Development Management Studies*, 1(1), 1-16. <https://doi.org/10.22077/jgmd.2022.5599.1001> (In Persian)
- Ebrahimzadeh, F., Mehdizadeh Saradj, F., Norouzian- Maleki, S., & Piri, S. (2023). Analysis of Scientific Products in the field of Physical activity of students: a systematic review focusing on the physical catechistic of outdoor space in primary schools, *Scientmetrics Reserch journal*, 9(2), 383-412, <https://doi.org/10.22070/rsci.2022.15591.1551> (In Persian)
- Eskandari sani, E., Alizadeh hey hey, M. & Rezaeinasab, A. (2023). Analyzing the social effects of the development of urban green space in Qochan. *Green Development Management Studies*, 2(2), 88-102. <https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6669.1039> (In Persian)

- Hazeri, H., Poureskandari Razi Abad, F. & Shokouhifard, S. (2024), Symmetric and Asymmetric Effects of Oil Price, FDI, and Economic Growth on Carbon Emission, Green Development Management Studies, 3(1), 245-268. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2024.7344.1094> (In Persian)
- Nademi, Y. & Dalvandi M. (2023), The role of globalization in the relationship between energy consumption and economic growth, Green Development Management Studies, 2(1), 20-35. <https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6191.1025> (In Persian)
- Rahmani, M. (2018). Visualization and analysis of word co-occurrence network of the articles of the Journal of Applied Psychology. Journal of Applied Psychology. 12(1). 127-141. https://apsy.sbu.ac.ir/article_96994_b7588f0b08cbb18280a50e220a9af721.pdf (In Persian)
- Roosta, M., Javadpoor, M., & Ebadi, M. (2020). Developing a "Low-Carbon Neighborhood Model" in Order to Implement It in the Urban Planning & Design. Urban Planning Knowledge, 4(1), 33-48. <https://doi.org/10.22124/upk.2020.15513.1383> (In Persian)
- Sadeghi, E., Sadeghi, Y. & khadivi, H. (2023), Measuring the impact of the principles and design of the school environment on students' learning with an emphasis on biophilic architectural indicators (nature-oriented), Green Development Management Studies, 2(1), 129-138. <https://doi.org/10.22077/jgmd.2023.6471.1035> (In Persian)
- Sedighi, M. (2018). Using of co-word analysis method in mapping of the structure of scientific fields(case study: The field of Informetrics). Informatin Processing & Management journal, 30(2). 373-396. <https://doi.org/10.35050/JIPM010.2015.040> (In Persian)