

تاریخ دریافت: ۲۴ خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۲ آذر ۱۴۰۲ صفحات ۱۷۱ الی ۲۰۳

## مرور نظام‌مند مطالعات کارایی انرژی و زیست‌محیطی

### رضا نوروزی آوریگانی

دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد. میبد. ایران

Norouzireza۷۴@yahoo.com

### محمد زارعی محمودآبادی \*

دانشیار گروه مدیریت صنعتی. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد. میبد. ایران

zareei.m@meybod.ac.ir

### حامد محمودیان

استادیار گروه مدیریت صنعتی. دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد. میبد. ایران

h.mahmoodian@meybod.ac.ir

**چکیده:** با افزایش نگرانی‌ها و محدودیت‌های زیست‌محیطی بعد از سال ۱۹۸۶ به‌ویژه در زمینه مباحث مرتبط با گرم شدن کره زمین و تغییرات آب‌وهوایی، کارایی انرژی و زیست‌محیطی به‌عنوان یک اصل در دستور کار سیاست دولت‌ها قرار گرفت. براین اساس هدف پژوهش حاضر مروری بر ادبیات کارایی انرژی و زیست‌محیطی از طریق مرور نظام‌مند است. در این پژوهش ۸۰ مقاله به‌منظور مرور بر ادبیات کارایی زیست‌محیطی در بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش از نرم‌افزارهای Microsoft Excel و VOS viewer استفاده شده است. پس از بررسی، مقالات بر اساس سه دسته شامل محتوای پژوهش، حوزه پژوهش و روش پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند و مشخص شد که در محتوای پژوهش، مقالاتی با موضوعات در مورد اهمیت کارایی زیست‌محیطی بیشترین سهم را داشتند. در حوزه پژوهش بیشترین مقالات مربوط به بخش جغرافیایی بودند و در بخش روش پژوهش، مدل‌سازی ریاضی اکثر مقالات را به خود اختصاص داد. کلیدواژه کارایی زیست‌محیطی پرکاربردترین کلیدواژه در حوزه موردنظر بود. همچنین، مشخص شد که در سال ۲۰۲۲ تعداد مقالات منتشرشده به طرز قابل توجهی افزایش یافته است. بر اساس تجزیه و تحلیل مقالات مورد مطالعه، این مطالعه یک چارچوب مفهومی از کارایی زیست‌محیطی ایجاد کرد و مسیرهای بالقوه را برای تحقیقات آینده با محوریت مفاهیمی که در ادبیات موجود تعریف شده ترسیم کرد.

**واژه‌های کلیدی:** کارایی انرژی و زیست‌محیطی، مرور نظام‌مند ادبیات، پروفایل تحقیق

\* نویسنده مسئول

## ۱. مقدمه:

در طول سه دهه گذشته، سیاست‌گذاران به‌طور فزاینده‌ای بر سیاست‌های زیست‌محیطی برای رسیدگی به مشکلات این حوزه تکیه کرده‌اند (Hernandez-Cortes and Meng, ۲۰۲۳). روند توسعه صنعتی کشورها و صنعتی شدن و مجموعه سیاست‌های حاکمیتی منجر به مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. با افزایش نگرانی‌ها در مورد اثرات زیان‌بار برگشت‌ناپذیر بر محیط‌زیست، مشکلات زیست‌محیطی نیز به وجود آمده است (Moshfegh and Rostamy-). مشکلاتی که در همه کشورها، سیاست‌گذاران با آن مواجه هستند، تدوین مجموعه‌ای از سیاست‌های تأثیرگذار برای حفاظت از محیط‌زیست و پایداری اقتصادی-اجتماعی مانند مصرف انرژی و مسائل زیست‌محیطی، نیروی کار، انباشت سرمایه، تولید ناخالص داخلی، گازهای گلخانه‌ای و غیره که پیچیدگی سیاست‌گذاری را به شدت افزایش می‌دهد (Sarkhosh-Sara et al., ۲۰۲۰). گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسید کربن که از فعالیت‌های اقتصادی و انسانی تولید می‌شود، کمک زیادی به گرمایش جهانی کرده است و به یک تهدید بین‌المللی تبدیل شده است، همچنین اثرات مستقیمی بر سلامت انسان دارد (Appiah-Twum and Long, ۲۰۲۳). بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب‌وهوایی بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ منجر به این می‌شود که سالانه ۲۵۰۰۰۰ مرگ بیشتر به دلیل قرار گرفتن در معرض گرما، اسهال، مالاریا، سوء‌تغذیه در کودکان افزایش یابد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۲۱). علاوه بر این، تا سال ۲۰۳۰ هزینه مستقیم گرمایش جهانی و تغییرات آب‌وهوا برای سلامتی بین ۲ تا ۴ میلیارد دلار در سال تخمین زده می‌شود؛ بنابراین، مهار غلظت گازهای

گلخانه‌ای و بهبود کارایی انرژی و انتشار برای جلوگیری از پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی گرمایش جهانی و تغییرات آب‌وهوایی، حیاتی است (Yu and He, ۲۰۲۰).

یکی از مشکلات زیست‌محیطی که از دهه ۱۹۶۰ آغاز شد آلودگی است (Liao and Lee, ۲۰۲۳)؛ که نقش اساسی در دستیابی به توسعه پایدار دارد (Matsumoto et al., ۲۰۲۰). لذا هدف از توسعه پایدار تغییر اقلیم کاهش انتشار آلاینده‌ها و افزایش کارایی زیست‌محیطی است. کارایی زیست‌محیطی تحت تأثیر گسترش جمعیت، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و مؤسسات به‌عنوان نشانه‌ای از عملکرد زیست‌محیطی و راهنمای عمل است (Appiah et al., ۲۰۲۲). (Bahizire et al., ۲۰۲۲). باین‌حال، کمبود دانش در مورد عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی وجود دارد. مؤسسات، نوآوری، زیرساخت‌ها و صنعتی شدن همگی بر کارایی زیست‌محیطی چه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تأثیر دارند، (Hua et al., ۲۰۱۸; Banna et al., ۲۰۲۲).

در چند سال گذشته، بحث اقدامات کارایی مرتبط با محیط‌زیست ادامه داشته است. در دهه ۱۹۹۰، کارایی زیست‌محیطی را به‌عنوان «ارتباطات تجاری با توسعه پایدار» معرفی و تعریف کردند (Kounetas et al., ۲۰۲۱). بعدازآن علما به اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی توجه داشته‌اند. به‌طور خاص، مدل‌های اندازه‌گیری و ارزیابی توسط محققان تحقیق در عملیات (Lee, ۲۰۲۲) و مدل‌های توسعه‌یافته در زمینه‌های مختلف اعمال‌شده‌اند (Liu et al., ۲۰۱۷; Caiado et al., ۲۰۲۰).

مفهوم کارایی در سطح ملی تجزیه و تحلیل می‌شود، سپس در ارزیابی صنایع یا مناطق داخل یک کشور استفاده می‌شود و همچنین برای اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی در سطح سازمانی استفاده می‌شود. صرف‌نظر از سطح ارزیابی، بدیهی است که نگرانی اصلی اندازه‌گیری کارایی

زیست‌محیطی بهبود عملکرد اقتصادی با کاهش هم‌زمان اثرات زیست‌محیطی و مصرف انرژی است (Caiado et al., ۲۰۱۷).

از آنجایی که در جهان امروز، آلودگی به یکی از مسائل نگران‌کننده زیست‌محیطی تبدیل شده است؛ لذا ارزیابی کارایی زیست‌محیطی اهمیت بسزایی دارد. ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در سال‌های اخیر مورد توجه تحقیقات در سراسر جهان بوده است در سال (۱۹۷۰) شفارد<sup>۱</sup> ابتدا مفهوم «کارایی محیطی» را معرفی کرد. از آن زمان، اندازه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های مختلفی از کارایی زیست‌محیطی توسط محققان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برخی از محققان ترجیح می‌دهند کارایی زیست‌محیطی را با استفاده از شاخص عملکرد زیست‌محیطی ارزیابی کنند (Li and Xiao, ۲۰۲۰). ارزیابی کارایی زیست‌محیطی که برای اولین بار توسط شالتگر و استورم<sup>۲</sup> مطرح شد؛ یکی از عناصر مهم توسعه پایدار است. همچنین به دلیل نیاز روزافزون به کاهش آلودگی جهانی، کارایی زیست‌محیطی به موضوعی با اهمیت تبدیل شده است (Ratner et al., ۲۰۲۱).

کارایی زیست‌محیطی مفهومی است که تأثیر توسعه اقتصادی بر محیط‌زیست را در نظر می‌گیرد. این مفهوم حاکی از دستیابی به یکپارچگی و هماهنگی حفاظت از محیط‌زیست و توسعه اقتصادی است (Liu et al., ۲۰۲۲)؛ بنابراین دولت‌ها و سازمان‌های مختلف به دنبال راهبردها و اقدامات کاهش‌ی و یا پیشگیری برای اجتناب و کاهش این اثرات زیست‌محیطی هستند (Vásquez et al. ۲۰۱۹).

در ایران نیز انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی به‌ویژه انتشار دی‌اکسید کربن روند صعودی را در پیش دارد به طوری که میزان انتشار CO<sub>2</sub> از مصرف کل انرژی در کشور از حدود ۲۴۰

<sup>۱</sup> Shepherd

<sup>۲</sup> Sheltgar and Storm

میلیون تن در سال ۱۳۷۵ به حدود ۶۶۰ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ رسیده است (ترازنامه انرژی کشور، ۱۳۹۸). در مطالعات صورت گرفته مطالعه‌ای به بررسی نظام‌مند ادبیات کارایی زیست محیطی نپرداخته است لذا این پژوهش درصدد است به بررسی نظام‌مند ادبیات کارایی زیست محیطی مطالعات پردازد.

این مطالعه در بررسی ادبیات کارایی زیست محیطی در سازمان‌ها باهدف پاسخ‌دهی به سؤالات زیر انجام شده است.

نویسندگان برتر در این زمینه چه کسانی هستند؟

بیشتر از چه کلمات کلیدی استفاده شده است؟

بیشترین حجم مقالات در منطقه موردنظر در چه سال‌هایی منتشر شده‌اند؟

کدام مجلات بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟

کدام قاره بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟

## ۲. روش تحقیق:

جهت پاسخگویی به سؤالات و نیز رسیدن به اهداف تحقیق، فرآیند تحقیق در شش مرحله مطابق شکل زیر توضیح داده شده است. در ابتدا، مقالات مرتبط با استفاده از جستجوی پیشرفته کلیدواژه "Environmental Efficiency" در عناوین، چکیده و کلمات کلیدی مقالات در سه پایگاه داده Web of Science، Science Direct، Scopus از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ منتشر شده بودند بازبایی شدند. از دلایل انتخاب این پایگاه داده‌ها مشارکت آن‌ها در جستجوی ادبیات و تجزیه و تحلیل اطلاعات کتاب‌شناختی است.

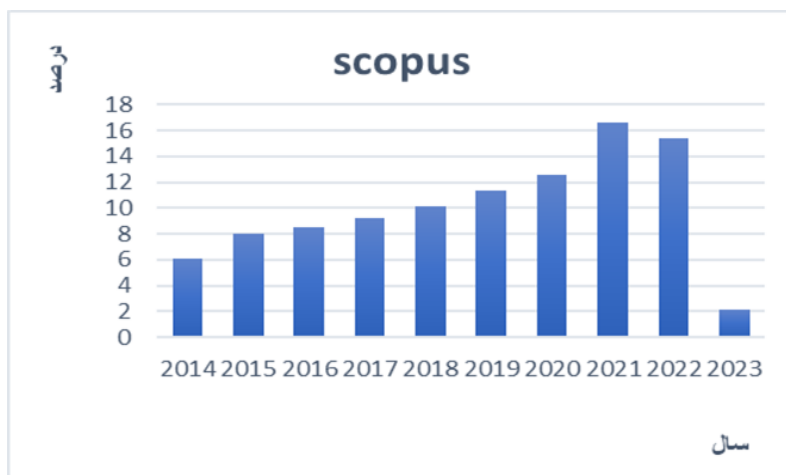


شکل ۱: گام‌های پژوهش

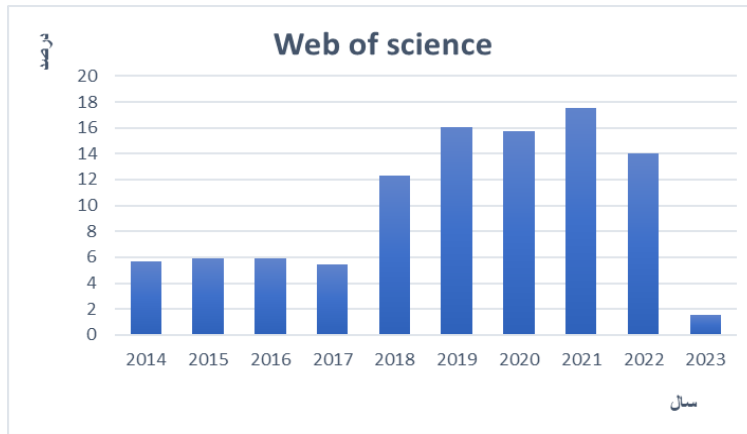
Fig ۱. Research Steps

در تحقیق حاضر، از ۴ مرحله تجزیه و تحلیل اصلی برای انتخاب مقالات به شرح ادامه استفاده شده است:

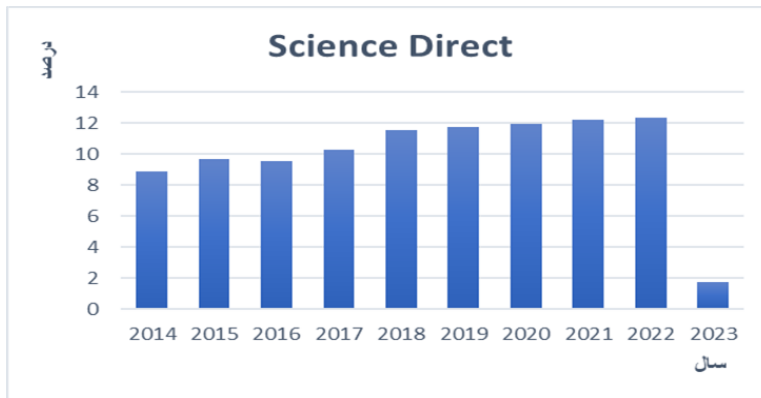
گام اول: استفاده از "کارایی زیست‌محیطی" در عنوان، کلمات کلیدی و چکیده مقالات بود. با این توضیح «کارایی زیست‌محیطی» با عنوان "Environmental Efficiency" در پایگاه داده‌ها جستجو شده است. علاوه بر این، مشخص شد که استفاده از این کلمات کلیدی در زمینه کارایی زیست‌محیطی روند رو به رشدی دارد. (جداول ۲، الی ۴ نتایج را نشان می‌دهد).



شکل ۲: خلاصه جستجوی پایگاه داده Scopus (۲۰۲۳ - ۲۰۱۴)  
Table ۲. Scopus database search summary (۲۰۱۴-۲۰۲۳)



شکل ۳: خلاصه جستجوی پایگاه داده Web of science (۲۰۱۴ – ۲۰۲۳)  
Table ۳. Web of science database search summary (۲۰۱۴-۲۰۲۳)



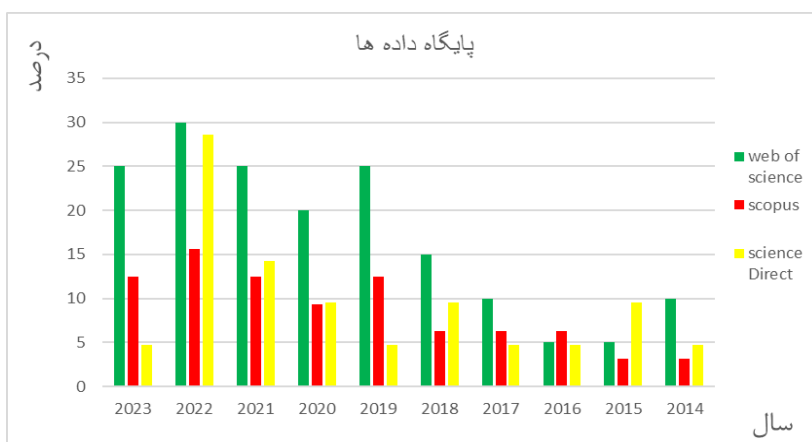
شکل ۴: خلاصه جستجوی پایگاه داده Science Direct (۲۰۱۴ – ۲۰۲۳)  
Table ۴. Science Direct database search summary (۲۰۱۴-۲۰۲۳)

گام ۲: داده‌های خام پژوهش با استفاده از معیارهای زیر فیلتر شدند:

- مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۴ – ۲۰۲۳؛
- مقالات منتشر شده به زبان انگلیسی؛
- مقالات تحقیقاتی منتشر شده در مجلات؛

● مقالات منتشر شده در حوزه مدیریت؛

گام ۳: در این گام، مقالات مورد بررسی قرار گرفته و موارد تکراری حذف شدند.  
 گام ۴: پس از مرور و بررسی مقالات، مشخص شد که کلیدواژه Environmental "Efficiency" ممکن است در برخی از مقالات مفاهیم دیگری داشته و یا غیرمرتبط با زمینه مورد نظر باشد. لذا پس از شناسایی این مقالات، آن‌ها حذف شدند و نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: تعداد کل مقالات برای کارایی زیست‌محیطی بر اساس پایگاه داده

Figure ۵: Total number of articles for environmental efficiency based on the database

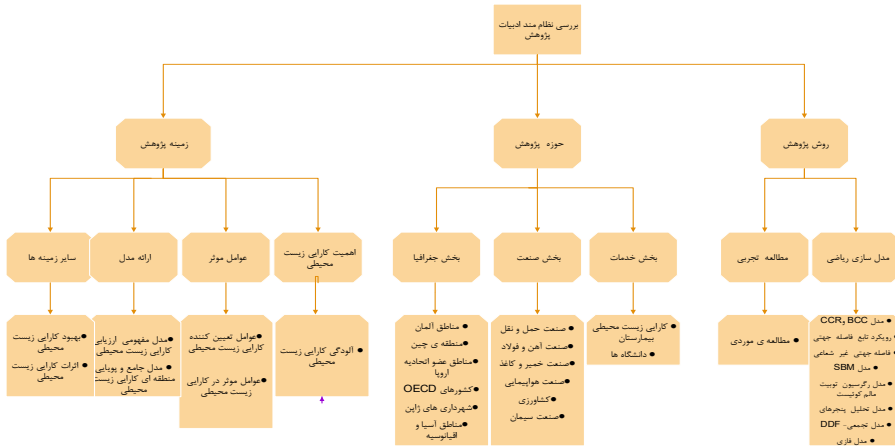
### ۳. مرور نظام‌مند

هدف از مرور نظام‌مند ادبیات<sup>۱</sup> (SLR) سازمان‌دهی ادبیات مربوط به کارایی زیست‌محیطی است که در بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ منتشر شده‌اند. با توجه به پروفایل

<sup>۱</sup>. Systematic Literature Review (SLR)

پژوهش، هدف اصلی این پژوهش تهیه نقشه پژوهشی از طریق بررسی نشریات برای پاسخگویی به سؤالات زیر است:

"کدام مجلات بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟"؛ "زمینه‌های اصلی تحقیقات در حوزه کارایی زیست‌محیطی کدامند؟"؛ "کلیدواژه‌های پرکاربرد کدامند؟"؛ "کدام قاره‌ها بیشترین تعداد مقالات در این زمینه را منتشر کرده‌اند؟".  
 بر اساس نقشه مرور نظام‌مند (شکل ۶) به تجزیه و تحلیل داده‌های استخراج‌شده در سه بخش محتوای پژوهش، حوزه پژوهش و روش پژوهش پرداخته شده است.

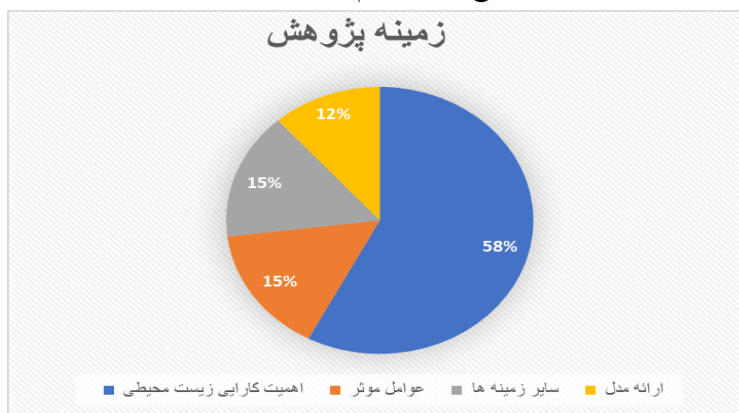


شکل ۶: نقشه مرور نظام‌مند

Fig. ۶. Systematic Literature Review Map

## زمینه پژوهش:

با بررسی مقالات استخراج‌شده در مورد موضوع پژوهش، زمینه مقالات حاضر به ۴ قسمت تقسیم شدند. مطابق شکل ۷ این زمینه‌ها شامل اهمیت کارایی زیست‌محیطی با ۵۸ درصد، عوامل مؤثر با ۱۵ درصد، ارائه مدل با ۱۲ درصد و در نهایت سایر زمینه‌ها با ۱۲ درصد است. در ادامه به بررسی دقیق‌تر این موضوع می‌پردازیم.



شکل ۷. زمینه‌ی پژوهش  
Figure ۷: Field of the research

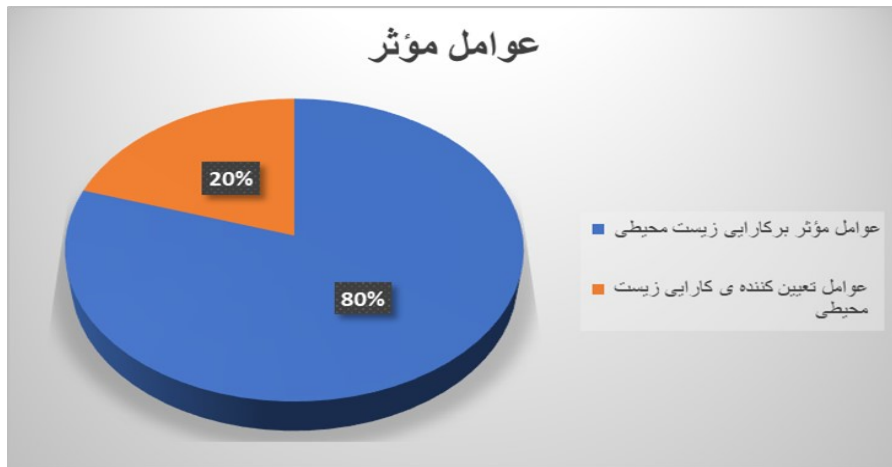
## اهمیت کارایی زیست‌محیطی:

جهان در حال تجربه تخریب سریع محیط‌زیست و ایجاد مشکلات پایداری زندگی است. افزایش سریع فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود که دلیل مهمی برای تخریب محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود (Pandey and Rastogi, ۲۰۱۹). نگرانی فزاینده در مورد انتشار کربن منجر به محافظه‌کاری کشورها در مصرف منابع خود شده است زیرا پتانسیل آن‌ها، برای ایجاد آلودگی و گرم شدن کره زمین است (Lin et al., ۲۰۱۳). برای کاهش تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر محیط‌زیست، کشورهای مختلف در سال ۱۹۹۲ به کنوانسیون سازمان ملل متحد در مورد تغییر آب‌وهوا (UNFCCC) در ریو، برزیل پیوستند. از سوی دیگر، نگرانی‌ها در مورد هزینه‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر آن بر

رشد اقتصادی کشورها را در مورد کاهش این انتشارات مردد کرده است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ممکن است نیازمند تبدیل فناوری تولید به فناوری‌های سازگارتر با محیط‌زیست و انحراف برخی منابع تولیدی به سمت کاهش باشد. در سال‌های اخیر، با توسعه سریع بسیاری از مناطق تقاضا برای منابع طبیعی تجدیدناپذیر مانند نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ به شدت افزایش یافته است (Chen et al., ۲۰۱۵). گرمایش جهانی توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است؛ زیرا نه تنها سطح دریاها را با ذوب یخچال‌های منطقه آلپ بالا می‌برد، بلکه منجر به بارش غیرعادی باران در بسیاری از مناطق روی زمین می‌شود (Sutton et al., ۲۰۰۷; Weart, ۲۰۰۸; Chowdary et al., ۲۰۱۴; Zhang et al., ۲۰۲۲). کشورهای در حال توسعه از منابع انرژی کارآمد و سازگار با محیط‌زیست استفاده نمی‌کنند (Sharif et al., ۲۰۲۰; Sarkodie and Strezov, ۲۰۱۹; Akbulut, ۲۰۱۴)؛ بنابراین می‌توان گفت زمانی که از منابع انرژی ناکارآمد استفاده می‌شود، یک موازنه بین نرخ رشد بالاتر و تخریب محیط‌زیست وجود دارد (Sharif et al., ۲۰۱۹; Wan et al., ۲۰۲۲; Jadoon et al., ۲۰۲۳).

### عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی

افزایش نگرانی در مورد مسائل آلودگی زیست‌محیطی باعث شده است که کارایی زیست‌محیطی به یک موضوع تحقیقاتی داغ تبدیل شود (Chu et al., ۲۰۱۹)، زیرا جوامع فشار بیشتری بر محیط‌زیست وارد می‌کنند. کارایی زیست‌محیطی چالشی برای کشورهای در حال توسعه شناخته می‌شود که اغلب به دلیل شرایط نامناسب با مشکل مواجه می‌شوند (Silva and Magalhães, ۲۰۲۳). بر اساس تحقیقات قبلی، عواملی در رابطه با تأثیر آن‌ها بر کارایی زیست‌محیطی وجود دارد. به منظور پرداختن به جنبه‌های اقتصادی کارایی زیست‌محیطی، تولید ناخالص داخلی سرانه و نسبت صنایع ثانویه برای نشان دادن رشد اقتصادی و ساختار صنعتی و همچنین تولید ناخالص داخلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) به‌عنوان نسبتی از تولید



شکل ۸: عوامل مؤثر بر کارایی زیست محیطی  
Figure ۸: Factors affecting environmental efficiency

ناخالص داخلی وجود دارد. قابل ذکر است که نوآوری فنی پیشرفته، روش‌های تولید و شیوه‌های زندگی را به روش‌هایی تغییر می‌دهد که بر کارایی زیست محیطی تأثیر می‌گذارد (Zhou et al., ۲۰۱۸).

### حوزه‌ی پژوهش:

بخش خدمات:

امروزه توسعه اقتصادی و بهبود کارایی زیست محیطی یک نقطه داغ در دانشگاه بوده است. به‌ویژه، تأثیر خدمات بر کارایی زیست محیطی توجه سیاست‌گذاران را در طول یک دوره بحرانی تحول صنعتی و ارتقاء و ساخت تمدن زیست محیطی به خود جلب کرده است (Zhu et al., ۲۰۲۲). مشکلات زیست محیطی، چه در مقیاس جهانی و چه در مقیاس محلی، برای شناسایی اهداف و "روش‌های خوب" که امکان تقویت توسعه سیاست‌های زیست محیطی را فراهم می‌کند، وجود دارد. این واقعیت در آیین‌نامه مدیریت و حسابرسی زیست محیطی

(EMAS) نیز مشهود بود که آخرین ویرایش آن به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی جدید، ادغام شاخص‌های اساسی کارایی زیست‌محیطی در سیستم مدیریت زیست‌محیطی را معرفی کرد (Bambarén-Alatrística and Alatrística-Gutiérrez, ۲۰۱۶). رشد شتاب‌انگیزی در سطح جهان در استفاده از کارایی زیست‌محیطی سازمان‌ها پدیدار شده است. هر بار تلاش‌های بیشتری برای محاسبه کارایی‌های زیست‌محیطی انجام شد که امکان اندازه‌گیری را فراهم می‌کرد (Alsabah et al., ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر، تعداد فزاینده‌ای از مطالعات انجام شده است که از تحلیل کارایی برای بررسی شدت گازهای گلخانه‌ای در بخش خدمات به‌ویژه بیمارستان استفاده می‌کنند (Jiménez-Lacarra et al., ۲۰۲۲). همچنین بسیاری از دولت‌ها در سرتاسر جهان نگران رشد ناپایدار هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی هستند، با شواهد محدودی در مورد چگونگی اندازه‌گیری این رشد و مکانیسم‌هایی که می‌توان برای مهار آن استفاده کرد. مطالعه و اندازه‌گیری کارایی در سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی می‌تواند به دولت‌ها در تشخیص بهتر کمک کند (Alsabah et al., ۲۰۲۳). در ادامه به بررسی پیشینه ادبیات در این حوزه می‌پردازیم.

#### بخش صنعت:

توسعه سریع اقتصادی مشکلات زیست‌محیطی را تشدید کرده است. با این حال، صنعتی شدن سریع و نظارت ناکارآمد زیست‌محیطی منجر به بسیاری از مسائل زیست‌محیطی مانند کاهش منابع انرژی، تخریب محیط‌زیست و آلودگی شده است (Nordström and Vaughan, ۱۹۹۹). از آنجایی که صنعت عامل اصلی تخریب محیط‌زیست است، توسعه شیوه صنعت توجه دولت‌ها و مردم را به خود جلب کرده است (Wu et al., ۲۰۱۶). ظهور برخی کشورها به‌عنوان «کارخانه جهانی» در ۳۰ سال گذشته، هم رفاه و هم آسیب زیست‌محیطی را به همراه داشته است. برای بهبود کارایی زیست‌محیطی، دولت‌ها سیاست‌ها و استراتژی‌های مختلفی را در سال‌های اخیر اجرا کرده‌اند، به‌عنوان مثال، محدود

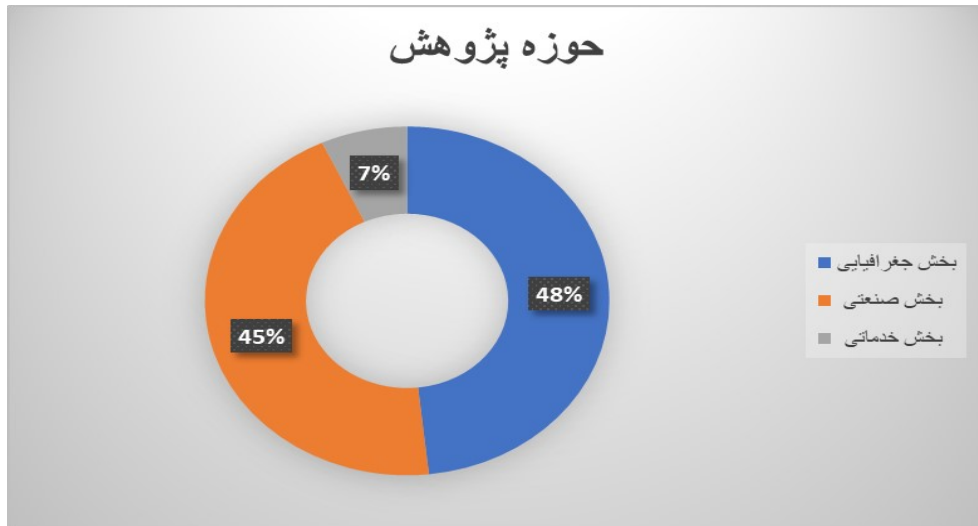
کردن توسعه شرکت‌های انرژی بر، افزایش نسبت سوخت‌های غیر فسیلی در مصرف انرژی (Lyu et al., ۲۰۱۸).

در میان انواع مختلف مشکلات زیست‌محیطی، گازهای زائد صنعتی توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، زیرا تا حد زیادی ترکیب شیمیایی اتمسفر را تغییر داده‌اند. برای محدود کردن یا کاهش کل آلودگی گازهای زائد، لازم است تصمیم‌گیرندگان بدانند که عملکرد صنعت هر استان در خصوص معضل گازهای پسماند صنعتی بهره‌وری زیست‌محیطی می‌تواند به‌طور جامع وضعیت عملیاتی صنعت را منعکس کند زیرا هم عوامل اقتصادی و هم عوامل محیطی را در نظر می‌گیرد (Wang et al., ۲۰۲۰).

#### بخش جغرافیایی:

افزایش تدریجی جمعیت، به‌ویژه در شهرهای بزرگ، کاهش منابع طبیعی، تولید زباله و تأثیر آن، پیامدهای مستقیمی بر آلودگی محیط‌زیست طبیعی، ایجاد بلایای طبیعی، همراه با تغییرات آب‌وهوایی دارد (Hermoso-Orzáez et al., ۲۰۲۰). در سال‌های اخیر، علاقه فزاینده‌ای به اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی سرزمین‌ها، کشورها و/یا ملل مختلف وجود داشته است (Zhang et al., ۲۰۱۶b). ارزیابی و بهبود کارایی زیست‌محیطی منطقه‌ای برای دستیابی به تعادل بین توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست بسیار مهم است (Bianchi et al., ۲۰۲۰). در ادامه به بررسی پیشینه ادبیات در این حوزه می‌پردازیم.

با بررسی ادبیات روشن شد، زمینه مقالات استخراج‌شده شامل ۳ بخش (خدماتی، صنعتی، جغرافیایی) تقسیم شده است. مهم‌ترین این بخش، بخش جغرافیایی با ۴۸ درصد است. نقشه آماری این بررسی مطابق شکل ۹ است:



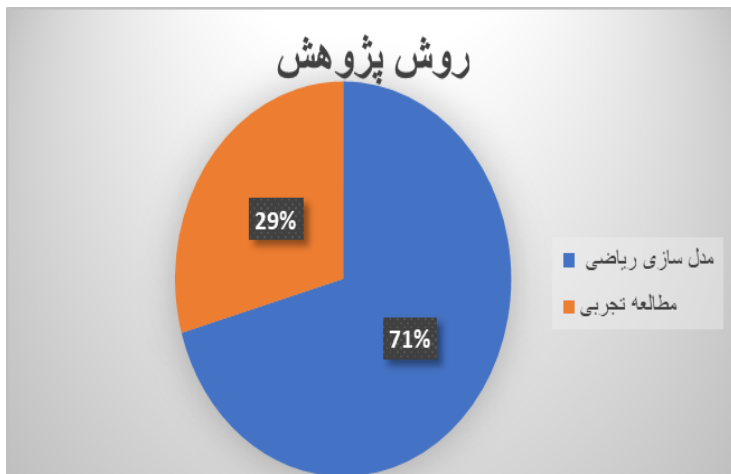
شکل ۹: حوزه پژوهش  
Figure ۹: Research Area

### روش پژوهش:

با بررسی مقالات مشخص شد روش‌های تحقیق مورداستفاده شامل مطالعات تجربی و مدل‌سازی ریاضی است. طبقه‌بندی مقالات بر اساس مطالعات تجربی و مرور ادبیات در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مقالات بر اساس روش پژوهش

روش	مقالات
مدل‌سازی ریاضی	Song and Wang, ۲۰۱۵; Wu et al., ۲۰۱۶; Moutinho et al., ۲۰۱۷; ) Song et al., ۲۰۱۸; Caiado et al., ۲۰۲۰; An et al., ۲۰۲۱; Wang et al., ۲۰۲۱; Yan et al., ۲۰۲۱; Rodríguez-García, ۲۰۲۲; Aziz and Jahan, (۲۰۲۳; Liao and Lee, ۲۰۲۳
مطالعه‌ی تجربی	Alves and de Medeiros, ۲۰۱۵; Liu et al., ۲۰۱۷; Sun et al., ۲۰۲۰; ) (Xu et al., ۲۰۲۱a; Yan et al., ۲۰۲۱; Wang et al., ۲۰۲۳a



شکل ۱۰: روش تحقیق  
Figure ۱۰: Research Method

نقشه آماری روش تحقیق مقالات جمع‌آوری شده جهت بررسی مرور نظام‌مند، مطابق شکل ۱۰ است. با این توضیح که تعداد ۷۱ درصد از کل مقالات مربوط به مدل‌سازی بوده و تعداد ۲۹ درصد مربوط به مطالعات تجربی اختصاص دارد.

### تحلیل مرجع متقابل تحقیق:

در بررسی دقیق‌تر ادبیات پژوهش، جداولی مرکب از نویسندگان در حوزه پژوهش، روش پژوهش و زمینه پژوهش ساخته شد. در این بخش از اطلاعات حوزه‌ها، زمینه‌ها و روش‌های پژوهش استفاده شد. در جدول ۲ روش‌های پژوهش و زمینه‌های پژوهش که به هم مرتبط بودند نشان داده شده‌اند. در جدول ۳ نیز رابطه بین روش‌های پژوهش مورد استفاده و حوزه‌های تحقیق توسعه یافته ارائه شده است.

جدول ۲: نویسندگان بر اساس زمینه پژوهش و روش پژوهش

Table ۲: Authors based on research field and research method

روش پژوهش / زمینه پژوهش	مطالعات تجربی	مدل‌سازی ریاضی
اهمیت کارایی زیست‌محیطی	Sueyoshi et al., ۲۰۱۳; ) Shi, ۲۰۱۸; Castellano et al., ۲۰۲۰; Hermoso-Orzáez et al., ۲۰۲۰; Li et al., ۲۰۲۰; Twum et al., ۲۰۲۱; (Mamghaderi et al., ۲۰۲۳	(Vásquez et al., ۲۰۱۹; Xu et al., ۲۰۲۱b; Wang and Tang, ۲۰۲۲)
عوامل مؤثر	-	Wu et al., ۲۰۱۶; Lacko and ) Hajduová, ۲۰۱۸; Zhou et al., ۲۰۱۸; Yao et al., ۲۰۲۰; Wang et al., ۲۰۲۱; Yan et al., ۲۰۲۱; (Aziz and Jahan, ۲۰۲۳
ارائه مدل	-	Huang et al. ۲۰۱۴; Yu et al. ) ۲۰۱۹
سایر زمینه‌ها	Ma et al. ۲۰۱۹; Mohammadi et al. ۲۰۲۲	(Li et al., ۲۰۲۱)

جدول ۳: نویسندگان بر اساس حوزه پژوهش و روش پژوهش

Table ۳: Authors according to research area and research method

روش پژوهش / حوزه پژوهش	مطالعات تجربی	مدل‌سازی ریاضی
بخش خدمات	Jiménez-Lacarra et al., ) (۲۰۲۲; Alsabab et al., ۲۰۲۳	-
بخش صنعت	Wu et al., ۲۰۱۴; Chang ) and Zhang, ۲۰۱۷; Lyu et al., ۲۰۱۸; Asif, ۲۰۲۳; (Wang et al., ۲۰۲۳b	Zhang et al., ۲۰۱۶a; Park et ) al., ۲۰۱۸; Li and Xiao, ۲۰۲۰; Wang et al., ۲۰۲۰; Zhu et al., (۲۰۲۲
بخش جغرافیایی	Chen and Jia, ۲۰۱۷; ) Halkos and Petrou, ۲۰۱۹; Piao et al., ۲۰۱۹; Bianchi et al., ۲۰۲۰; Zhang and Li, (۲۰۲۳	Yang et al., ۲۰۱۵; Zhang et ) al., ۲۰۱۶a; Chen and Jia, ۲۰۱۷; Ma et al., ۲۰۱۹; (Mamghaderi et al., ۲۰۲۳

## اطلاعات کتاب‌شناختی:

در این بخش، نتایج مطالعات کارایی زیست‌محیطی بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از نرم‌افزارهای Microsoft Excel و VOS viewer برای پاسخ به سؤالات زیر استفاده شده است.

- برترین نویسندگان چه کسانی هستند؟ (جدول ۴)
- پرکاربردترین کلمات کلیدی کدام‌اند؟ (جدول ۵)
- کدام نشریات بیشترین مقالات را در حوزه مورد مطالعه منتشر کرده‌اند؟ (جدول ۶)
- کدام کشورها بیشترین نویسندگان را داشته‌اند؟ (شکل ۱۱)
- کدام قاره بیشترین مقاله را داشته‌اند؟ (شکل ۱۲)

## نویسندگان:

در مجموع ۲۸۷ نویسنده در نگارش مقالاتی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند مشارکت داشته‌اند. فراوانی این نویسندگان از ۱ تا ۳ متغیر بوده است. در جدول ۴ فهرستی از برترین نویسندگان که بیشترین تعداد مقالات چاپ‌شده در زمینه کارایی زیست‌محیطی داشته‌اند ارائه شده است.

جدول ۴: فهرست ۸ نویسنده برتری که بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ مقالاتی در زمینه کارایی زیست‌محیطی منتشر

Table 4: List of top <sup>^</sup> authors who published articles on environmental efficiency between ۲۰۱۴ and ۲۰۲۳

نویسنده	تعداد	نویسنده	تعداد
Wu, jie fei	۳	Long, Xingle	۲
Song, malin	۳	Wang, Yihan	۲
Chu junfei	۳	Park, Yong Shin	۲
An, Qingxian	۳	Appiah, Michael	۲

### مرتبط‌ترین منابع:

برترین مجلات از نظر تعداد مقالات منتشرشده توسط هر مجله در جدول ۵ نشان داده شده است. در مجموع تعداد ۲۲ مجله یافت شد. تعداد اسناد منتشر شده در این مجلات از ۱ تا ۳ سند متغیر است. پنج مجله Environmental Science and Pollution Research، Sustainability Journal of cleaner production، European Journal of Operational Research، با بیشترین تعداد اسناد منتشرشده در مقایسه با سایر مجلات رتبه اول تا پنجم را به خود اختصاص دادند.

جدول ۵: مجلاتی که بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ بیشترین مقالات در زمینه کارایی زیست‌محیطی منتشر کرده‌اند.

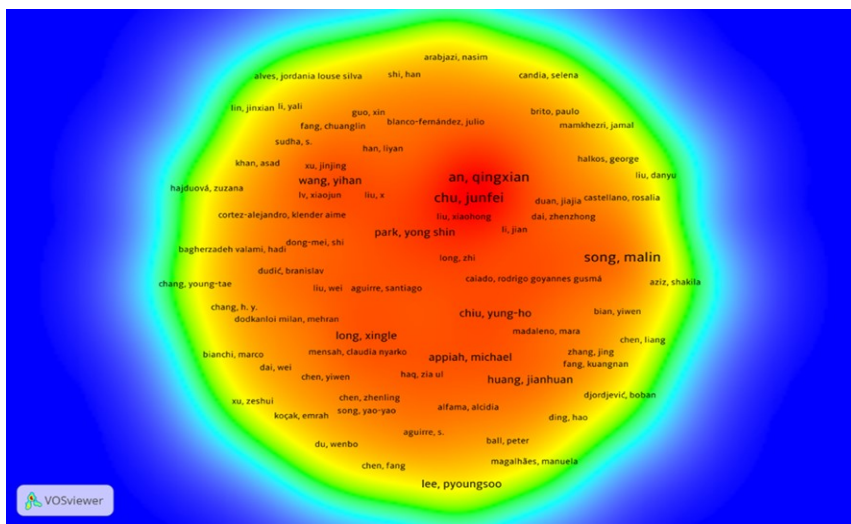
Table ۵: Journals that have published the most articles in the field of environmental efficiency between ۲۰۱۴ and ۲۰۲۳

مجله	تعداد
Environmental Science and Pollution Research	۳
Journal of cleaner Production	۳
Sustainability	۲
European Journal of Operational Research	۲
Environmental Research	۲

### کلیدواژه:

با استفاده از نرم‌افزار VOS view رایج‌ترین کلمات کلیدی مورد استفاده در مقالات کارایی زیست‌محیطی در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان‌طور که نشان داده شده است، بزرگی دایره نشان‌دهنده کاربرد بیشتر آن مفهوم یا کلمه کلیدی است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود کارایی زیست‌محیطی رایج‌ترین کلمات کلیدی مورد استفاده بودند.

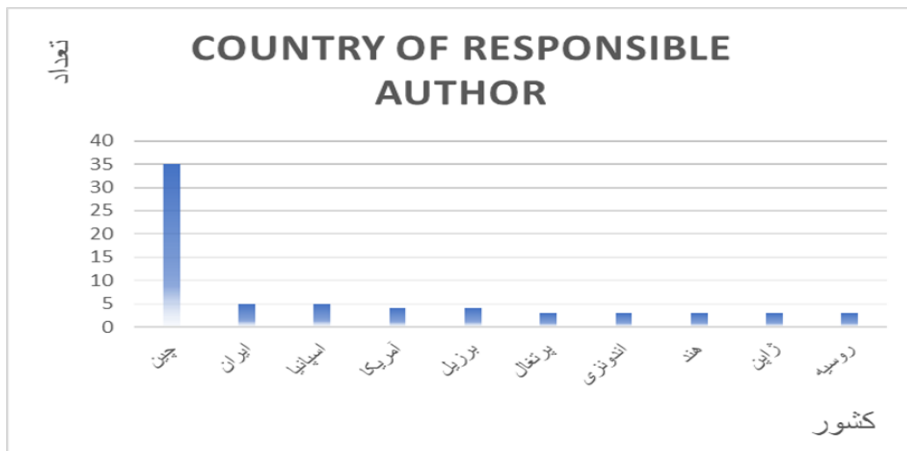




شکل ۱۲: نقشه تراکم پژوهشگران از نظر محصولات علمی کارایی زیست‌محیطی  
 Figure ۱۲: Density map of researchers in terms of environmental efficiency scientific products

### کشور نویسنده مسئول

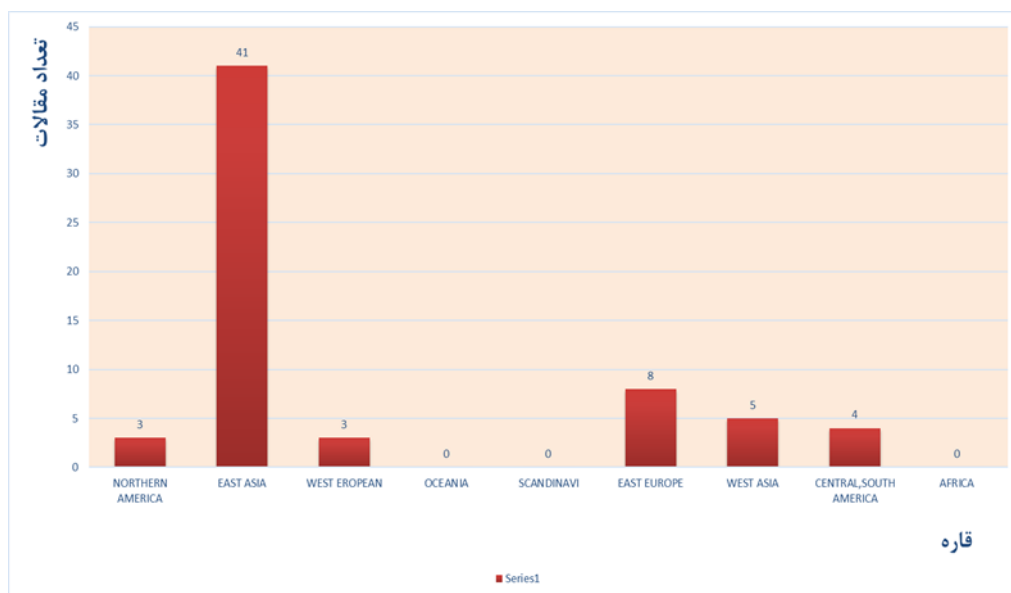
شکل ۱۳ کشور نویسنده مسئول هر مقاله نشان داده شده است. ۱۰ کشور در این داده‌ها گنجانده شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، کشور چین با چاپ ۳۵ مقاله در این زمینه در جایگاه اول قرار می‌گیرد. کشورهای ایران و اسپانیا با ۵ مورد مقاله منتشر شده در زمینه مورد مطالعه در رتبه بعدی قرار گرفتند. آمریکا و برزیل با ۴ مقاله و سایر کشورها با ۳ مقاله چاپ شده در جایگاه بعدی جای گرفتند



شکل ۱۳: کشور نویسنده مسئول  
Figure ۱۳: Country of responsible author

### بیشترین مقالات در بین قاره‌ها:

در شکل ۱۴ قاره نویسنده‌ی مسئول هر مقاله نشان داده شده است. در بین ۹ قاره آسیای شرقی با تعداد ۴۱ مقاله منتشر شده، در جایگاه اول قرار دارد و بعد از آن اروپای غربی با ۸ مقاله و آسیای غربی با ۵ مورد مقاله منتشر شده در زمینه مورد مطالعه در رتبه بعدی قرار گرفتند. آمریکا جنوبی و مرکزی با ۴ مقاله و آمریکای شمالی و اروپای شرقی با ۳ مقاله چاپ شده در جایگاه بعدی جای گرفتند.



شکل ۱۴: بیشترین مقالات در قاره‌ها  
Figure ۱۴: Most Articles in Continents

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری:

پس از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان کارایی زیست‌محیطی برای جوامع به‌طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا کرده است. در نتیجه، در طول سال‌های گذشته، تعداد مطالعات در مورد کارایی زیست‌محیطی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. نتیجه‌گیری از ادبیات مربوط به کارایی زیست‌محیطی چالش‌برانگیز بود، چراکه مشکلات و محدودیت‌هایی برای اجرای آن وجود دارد. پژوهش حاضر با بررسی نظام‌مند مقالات منتشر شده در زمینه کارایی زیست‌محیطی یک نقشه شناخت و طرح مفهومی مبتنی بر SLR از مطالعات صورت گرفته در این زمینه را ارائه می‌دهد.

در راستای اهداف مطرح‌شده در این پژوهش، ۸۰ مقاله مرتبط با کارایی زیست‌محیطی مورد مطالعه قرار گرفت. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی انتزاعی و استنادی «Scopus» و «Web of Science» و همچنین جستجو در «Science Direct» برای مقالات منتشر شده در بازه

زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۳ با استفاده از کارایی زیست‌محیطی بر اساس عنوان، چکیده و کلمه کلیدی انجام شد.

ادبیات مربوط به کارایی زیست‌محیطی طور گسترده در این پژوهش بررسی و بر اساس روش‌شناسی، محتوا و حوزه تحقیق طبقه‌بندی شد. همه ۸۰ مقاله انتخاب شده با توجه به مواردی مانند محتوای تحقیق، نویسنده، رویکردها، روش‌ها و غیره به‌دقت مورد بررسی و تحلیل واقعی قرار گرفتند. با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نمودارهای این پژوهش رسم و همچنین از نرم‌افزار VOSviewer برای شناسایی واژه‌های کلیدی پرکاربرد و ساخت شبکه کتاب‌سنجی مشترک محققین پیشرو استفاده شد. اهداف زیر پس از بررسی مقالات فوق مشخص شد:

- ارائه مطالعه جامع در زمینه کارایی زیست‌محیطی؛
- تجزیه و تحلیل ویژگی‌های کتاب‌شناختی کارایی زیست‌محیطی همان‌طور که توسط مقالات انتخاب شده پرداخته شده است.
- کمک به محققان برای درک بهتر مفاهیم کلی کارایی زیست‌محیطی.
- تعیین حوزه‌های اصلی تحقیق در زمینه کارایی زیست‌محیطی.

بر اساس یافته‌های پژوهش، پاسخ به سؤالاتی اصلی به شرح زیر است.

- کدام روش‌ها را نویسندگان برای توسعه تحقیقات خود در زمینه کارایی زیست‌محیطی استفاده کرده‌اند؟ نتایج نشان می‌دهد که بیش از ۵۸ درصد از تحقیقات انجام شده با اهمیت کارایی زیست‌محیطی مرتبط است. از این رو، تحقیقات در زمینه کارایی زیست‌محیطی در بخش جغرافیایی می‌تواند به‌عنوان موضوع اصلی مورد توجه در تحقیقات آینده شناخته شود. در عین حال، مطالعه حاضر نشان داد که در اکثر موارد تحقیق بر اساس مدل‌سازی ریاضی بوده است.

- کدام حوزه‌های مطالعاتی بیشتر مورد توجه محققان بوده است؟ در مجموع ۴۸ درصد از مقالات بررسی شده در این پژوهش مربوط به بخش جغرافیایی بوده که منطقه چین بیشترین فراوانی را با از آن خود کرد.
  - کدام کلیدواژه‌ها اغلب مورد استفاده نویسندگان و مجلات قرار گرفته اند؟ کلیدواژه «کارایی زیست‌محیطی»، رایج‌ترین کلمه کلیدی مورد استفاده بود.
  - کدام نویسندگان در این زمینه برتر هستند؟ درم جموع ۲۸۷ نویسنده در نگارش مقالاتی که در این تحقیق بررسی شده‌اند شرکت داشته‌اند که در این میان، Wu, jie fei و An, Qingxian و Song, malin از تأثیر گذارترین نویسندگان در این زمینه بودند.
  - در کدام سال بیشترین مقالات در زمینه کارایی زیست‌محیطی منتشر شده‌اند؟ دوره ۲۰۲۲ با رشد قابل توجه کارایی زیست‌محیطی همراه بود.
- طبقه‌بندی مقالات به شناسایی شکاف‌های علمی موجود در این عرصه کمک می‌کند و برای تحقیقات آینده مفید خواهد بود. مطالعات مورد بررسی بیشتر از روش‌های معادلات ساختاری جهت طراحی و ارزیابی مدل استفاده کرده‌اند. به طوری که مباحث عدم قطعیت نظیر منطق فازی، فازی پنجره‌ای، کمتر و یا اصلاً مورد توجه قرار نگرفته است؛ بنابراین در خصوص روش، پیشنهاد می‌شود که محققان در مطالعات خود از رویکردهایی نظیر تحلیل پوششی داده‌ها، تصمیم‌گیری چندمعیاره، برنامه‌ریزی چندهدفه و ... در محیط‌های فازی، فازی پنجره‌ای جهت ارزیابی کارایی زیست‌محیطی پردازند. در نهایت تحقیق حاضر از نظر موضوعی به کارایی زیست‌محیطی، از نظر زمانی به مطالعات سال ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۳ و از نظر روش به SLR محدود می‌شود که در تحقیقات دیگر می‌تواند موارد دیگری از نظر موضوعی، زمانی و روش، مورد بررسی قرار گیرد.

## منابع:

- Akbulut, A., ۲۰۱۴. Environmental degradation as a security threat: The challenge for developing countries. *Journal of Human Sciences* ۱۱, ۱۲۲۷-۱۲۳۷.
- Alsabah, A.M., Alatawi, A.D., Koornneef, E., ۲۰۲۳. Efficiency evaluation of public hospitals in Kuwait: an application of data envelopment analysis.
- Alves, J.L.S., de Medeiros, D.D., ۲۰۱۵. Eco-efficiency in micro-enterprises and small firms: a case study in the automotive services sector. *Journal of Cleaner Production* ۱۰۸, ۵۹۵-۶۰۲.
- An, Q., Zhao, J., Tao, X., Wang, Z., ۲۰۲۱. Measuring environmental efficiency of thermal power plants in China: an improved Malmquist–Luenberger index with materials balance principle. *Environmental Science and Pollution Research* ۲۸, ۴۲۸۵۳-۴۲۸۶۷.
- Appiah-Twum, F., Long, X., ۲۰۲۳. Human Capital, Trade Competitiveness and Environmental Efficiency Convergence Across Asia Pacific Countries. *Environmental and Resource Economics*, ۱-۲۴.
- Appiah, M., Onifade, S.T., Gyamfi, B.A., ۲۰۲۲. Building critical infrastructures: Evaluating the roles of governance and institutions in infrastructural developments in Sub-Sahara African countries. *Evaluation Review* ۴۶, ۳۹۱-۴۱۵.
- Asif, M., ۲۰۲۳. Environmental Efficiency of Enterprises: Trends, Strategy, Innovations. *Energies* ۱۶, ۲۶۸۳.
- Aziz, S., Jahan, S.M., ۲۰۲۳. Eco-efficiency analysis of industrial sectors in Bangladesh using data envelopment analysis and malmquist productivity index. *SN Business & Economics* ۳, ۴۳.
- Bahizire, G.M., Fanglin, L., Appiah, M., Xicang, Z., ۲۰۲۲. Research on the advance role of institutional quality on achieving environmental efficiency in Sub Sahara Africa. *Frontiers in Environmental Science*, ۹۰.
- Bambarén-Alatrística, C., Alatrística-Gutiérrez, M.d.S., ۲۰۱۶. Huella de carbono en cinco establecimientos de salud del tercer nivel de atención de Perú, ۲۰۱۳. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* ۳۳, ۲۷۴-۲۷۷.
- Banna, H., Mia, M.A., Nourani, M., Yarovaya, L., ۲۰۲۲. Fintech-based financial inclusion and risk-taking of microfinance institutions (MFIs): Evidence from Sub-Saharan Africa. *Finance Research Letters* ۴۵, ۱۰۲۱۴۹.
- Bianchi, M., del Valle, I., Tapia, C., ۲۰۲۰. Measuring eco-efficiency in European regions: Evidence from a territorial perspective. *Journal of Cleaner Production* ۲۷۶, ۱۲۳۲۴۶.

Caiado, R.G.G., de Freitas Dias, R., Mattos, L.V., Quelhas, O.L.G., Leal Filho, W., ۲۰۱۷. Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency- A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* ۱۶۵, ۸۹۰-۹۰۴.

Caiado, R.G.G., Heymann, M.C., da Silveira, C.L.R., Meza, L.A., Quelhas, O.L.G., ۲۰۲۰. Measuring the eco-efficiency of Brazilian energy companies using DEA and directional distance function. *IEEE Latin America Transactions* ۱۸, ۱۸۴۴-۱۸۵۲.

Castellano, R., Ferretti, M., Musella, G., Risitano, M., ۲۰۲۰. Evaluating the economic and environmental efficiency of ports: Evidence from Italy. *Journal of Cleaner Production* ۲۷۱, ۱۲۲۵۶۰.

Chang, Y.-T., Zhang, N., ۲۰۱۷. Environmental efficiency of transportation sectors in China and Korea. *Maritime Economics & Logistics* ۱۹, ۶۸-۹۳.

Chen, J., Song, M., Xu, L., ۲۰۱۵. Evaluation of environmental efficiency in China using data envelopment analysis. *Ecological indicators* ۵۲, ۵۷۷-۵۸۳.

Chen, L., Jia, G., ۲۰۱۷. Environmental efficiency analysis of China's regional industry :a data envelopment analysis (DEA) based approach. *Journal of Cleaner Production* ۱۴۲, ۸۴۶-۸۵۳.

Cherniwchan, J., ۲۰۱۲. Economic growth, industrialization, and the environment. *Resource and Energy Economics* ۳۴, ۴۴۲-۴۶۷.

Chowdary, J., John, N., Gnanaseelan ,C., ۲۰۱۴. Interannual variability of surface air-temperature over India: impact of ENSO and Indian Ocean Sea surface temperature. *International Journal of Climatology* ۳۴, ۴۱۶-۴۲۹.

Chu, J., Wu, J., Zhu, Q., An, Q., Xiong, B., ۲۰۱۹. Analysis of China's regional eco-efficiency: A DEA two-stage network approach with equitable efficiency decomposition. *Computational economics* ۵۴, ۱۲۶۳-۱۲۸۵.

Halkos, G., Petrou, K.N., ۲۰۱۹. Assessing ۲۸ EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA. *Journal of Cleaner Production* ۲۰۸, ۵۰۹-۵۲۱.

Hermoso-Orzáez, M.J., García-Alguacil, M., Terrados-Cepeda, J., Brito, P., ۲۰۲۰. Measurement of environmental efficiency in the countries of the European Union with the enhanced data envelopment analysis method (DEA) during the period ۲۰۰۵-۲۰۱۲. *Environmental Science and Pollution Research* ۲۷, ۱۵۶۹۱-۱۵۷۱۵.

Hernandez-Cortes, D., Meng, K.C., ۲۰۲۳. Do environmental markets cause environmental injustice? Evidence from California's carbon market. *Journal of Public Economics* ۲۱۷, ۱۰۴۷۸۶.

Hua, Y., Xie, R., Su, Y., ۲۰۱۸. Fiscal spending and air pollution in Chinese cities: Identifying composition and technique effects. *China Economic Review* ۴۷, ۱۵۶-۱۶۹.

Jadoon, A.K., Sarwar, A., Javaid, M.F., Shoukat, A., Iqbal, M., Haq, Z.u., Tariq, S., ۲۰۲۳. Estimating environmental efficiency of the selected Asian countries: does convergence exist? *Environmental Science and Pollution Research*, ۱-۱۰.

Jiménez-Lacarra, V., Martínez-Cámara, E., Santamaría-Peña, J., Jiménez-Macías, E., Bruzzone, A., Blanco-Fernández, J., ۲۰۲۲. Environmental efficiency indices in the public hospital sector: A PROPOSAL. *Applied Sciences* ۱۲, ۸۱۲۰.

Kounetas, K.E., Polemis, M.L., Tzeremes, N.G., ۲۰۲۱. Measurement of eco-efficiency and convergence: Evidence from a non-parametric frontier analysis. *European Journal of Operational Research* ۲۹۱, ۳۶۵-۳۷۸.

Lacko, R., Hajduová, Z., ۲۰۱۸. Determinants of environmental efficiency of the EU countries using two-step DEA approach. *Sustainability* ۱۰, ۳۵۲۵.

Lee, P., ۲۰۲۲. Ranking decision making for eco-efficiency using operational, energy, and environmental efficiency. *Sustainability* ۱۴, ۳۴۸۹.

Li, G., Fang, C., He, S., ۲۰۲۰. The influence of environmental efficiency on PM<sub>۲.۵</sub> pollution: Evidence from ۲۸۳ Chinese prefecture-level cities. *Science of the Total Environment* ۷۴۸, ۱۴۱۵۴۹.

Li, X.-N., Feng, Y., Wu, P.-Y., Chiu, Y.-H., ۲۰۲۱. An Analysis of Environmental Efficiency and Environmental Pollution Treatment Efficiency in China's Industrial Sector. *Sustainability* ۱۳.۲۵۷۹.

Li, Y., Xiao, J., ۲۰۲۰. Environmental efficiency assessment of the US pulp and paper industry using an SBM-DEA model. *BioResources* ۱۵, ۷۷۹۶.

Liao, Y.-H., Lee, H.-S., ۲۰۲۳. Using a Directional Distance Function to Measure the Environmental Efficiency of International Liner Shipping Companies and Assess Regulatory Impact. *Sustainability* ۱۵, ۳۸۲۱.

Lin, E.Y.-Y., Chen, P.-Y., Chen, C.-C., ۲۰۱۳. Measuring the environmental efficiency of countries: A directional distance function metafrontier approach. *Journal of environmental management* ۱۱۹, ۱۳۴-۱۴۲.

Liu, X., Chu, J., Yin, P., Sun, J., ۲۰۱۷. DEA cross-efficiency evaluation considering undesirable output and ranking priority: A case study of eco-efficiency analysis of coal-fired power plants. *Journal of Cleaner Production* ۱۴۲, ۸۷۷-۸۸۵.

Liu, X., Wu, Z., Xie, P., Hong, Q., Hu, X., Antwi-Afari, M.F., ۲۰۲۲. Environmental Efficiency Evaluation of Construction Waste Generation Based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Index. *Buildings* ۱۲, ۱۱۸۹.

Lyu, K., Bian, Y., Yu, A., ۲۰۱۸. Environmental efficiency evaluation of industrial sector in China by incorporating learning effects. *Journal of Cleaner production* ۱۷۲, ۲۴۶۴-۲۴۷۴.

Ma, L.-h., Hsieh, J.-c., Chiu, Y.-h., ۲۰۱۹. A study on the effects of energy and environmental efficiency at China's provincial level. *Energies* ۱۲, ۵۹۱.

Mamghaderi, M., Mamkhezri, J., Khezri, M., ۲۰۲۳. Assessing the environmental efficiency of OECD countries through the lens of ecological footprint indices. *Journal of Environmental Management* ۳۳۸, ۱۱۷۷۹۶.

Matsumoto, K.i., Makridou, G., Doumpos, M., ۲۰۲۰. Evaluating environmental performance using data envelopment analysis: The case of European countries. *Journal of cleaner production* ۲۷۲, ۱۲۲۶۳۷.

Moshfegh, M., Rostamy-Malkhalifeh, M., ۲۰۲۱. Evaluation of Countries Environmental Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Iranian Journal of Optimization* ۱۳, ۲۵۵-۲۶۹.

Moutinho, V., Madaleno, M., Robaina, M., ۲۰۱۷. The economic and environmental efficiency assessment in EU cross-country: Evidence from DEA and quantile regression approach. *Ecological Indicators* ۷۸, ۸۵-۹۷.

Nordström, H., Vaughan, S., ۱۹۹۹. *Trade and the Environment*. WTO Special Studies.

Pandey, K.K., Rastogi, H., ۲۰۱۹. Effect of energy consumption & economic growth on environmental degradation in India: A time series modelling. *Energy Procedia* ۱۵۸, ۴۲۳۲-۴۲۳۷.

Park, Y.S., Lim, S.H., Egilmez, G., Szmerkovsky, J., ۲۰۱۸. Environmental efficiency assessment of US transport sector: A slack-based data envelopment analysis approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* ۶۱, ۱۵۲-۱۶۴.

Piao, S.-R., Li, J., Ting, C.-J., ۲۰۱۹. Assessing regional environmental efficiency in China with distinguishing weak and strong disposability of undesirable outputs. *Journal of Cleaner Production* ۲۲۷, ۷۴۸-۷۵۹.

Ratner, S., Lychev, A., Rozhnov, A., Lobanov, I., ۲۰۲۱. Efficiency evaluation of regional environmental management systems in Russia using data envelopment analysis. *Mathematics* ۹, ۲۲۱۰.

Rodríguez-García, M.d.P., ۲۰۲۲. Eco-efficiency and financial performance in Latin American countries: An environmental intensity approach. *Research in International Business and Finance* ۵۹, ۱۰۱۵۴۷.

Sarkhosh-Sara, A., Tavassoli, M., Heshmati, A., ۲۰۲۰. Assessing the sustainability of high-, middle-, and low-income countries: A network DEA model in the presence of both zero data and undesirable outputs. *Sustainable Production and Consumption* ۲۱, ۲۵۲-۲۶۸.

Sarkodie, S.A., Strezov, V., ۲۰۱۹. Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries. *Science of the Total Environment* ۶۴۶, ۸۶۲-۸۷۱.

Sharif, A., Baris-Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I., Sinha, A., ۲۰۲۰. Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society* ۵۷, ۱۰۲۱۳۸.

Sharif, A., Raza, S.A., Ozturk, I., Afshan, S., ۲۰۱۹. The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: a global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable energy* ۱۳۳, ۶۸۵-۶۹۱.

Shi, X., ۲۰۱۸. Analysis of eco-efficiency based on interactive evaluation system of environmental and financial performance, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, p. ۰۳۲۱۱۲.

Silva, E., Magalhães, M., ۲۰۲۲. Environmental efficiency, irreversibility and the shadow price of emissions. *European Journal of Operational Research* ۳۰۶, ۹۵۵-۹۶۷.

Song, M., Peng, J., Wang, J., Zhao, J., ۲۰۱۸. Environmental efficiency and economic growth of China: A Ray slack-based model analysis. *European Journal of Operational Research* ۲۶۹, ۵۱-۶۳.

Song, M., Wang, S., ۲۰۱۵. Environmental efficiency evaluation of China based on a kind of congestion and undesirable output coefficient. *Panoeconomicus* ۶۲, ۴۵۳-۴۶۸.

Sueyoshi, T., Goto, M., Sugiyama, M., ۲۰۱۳. DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of US coal-fired power plants. *Energy Economics* ۴۰, ۸۴۵-۸۵۷.

Sun, X., Zhou, X., Chen, Z., Yang, Y., ۲۰۲۰. Environmental efficiency of electric power industry, market segmentation and technological innovation: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment* ۷۰۶, ۱۳۵۷۴۹.

Sutton, R.T., Dong, B., Gregory, J.M., ۲۰۰۷. Land/sea warming ratio in response to climate change: IPCC AR۴ model results and comparison with observations. *Geophysical research letters* ۳۴.

Twum, F.A., Long, X., Salman, M., Mensah, C.N., Kankam, W.A., Tachie, A.K., ۲۰۲۱. The influence of technological innovation and human capital on environmental efficiency among different regions in Asia-Pacific. *Environmental Science and Pollution Research* ۲۸, ۱۷۱۱۹-۱۷۱۳۱.

Vásquez, J., Aguirre, S., Fuquene-Retamoso, C.E., Bruno, G., Priarone, P.C., Settineri, L., ۲۰۱۹. A conceptual framework for the eco-efficiency assessment of small-and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production* ۲۳۷, ۱۱۷۶۶۰.

Wan, Q., Miao, X., Afshan, S., ۲۰۲۲. Dynamic effects of natural resource abundance, green financing, and government environmental concerns toward the sustainable environment in China. *Resources Policy* ۷۹, ۱۰۲۹۰۴.

Wang, C.-N., Nguyen, T.T.T., Dang, T.-T., Hsu, H.-P., ۲۰۲۳a. Article Exploring Economic and Environmental Efficiency in Renewable Energy Utilization: A Case Study in The Organization for Economic Cooperation and Development Countries.

Wang, M., Chen, Y., Zhou, Z., ۲۰۲۱. Assessing environmental efficiency of China's industry system using two-stage range-adjusted measure model. *Management of Environmental Quality: An International Journal* ۳۲, ۱۴۰۱-۱۴۲۱.

Wang, N., Tang, G., ۲۰۲۲. A review on environmental efficiency evaluation of new energy vehicles using life cycle analysis. *Sustainability* ۱۴, ۳۳۷۱.

Wang, Y., Wen, Z., Cao, X., Zheng, Z., Xu, J., ۲۰۲۰. Environmental efficiency evaluation of China's iron and steel industry: A process-level data envelopment analysis. *Science of the Total Environment* ۷۰۷, ۱۳۰۹۰۳.

Wang, Y., Xu, M., Lv, X., Wen, Z., Chen, C., ۲۰۲۳b. The eco-efficiency evaluation in China's cement industry: A city-level study. *Science of The Total Environment* ۸۶۵, ۱۶۱۱۳۲.

Weart, S., ۲۰۰۸. The carbon dioxide greenhouse effect. *The Discovery of Global Warming*. American Institute of Physics.

Wong, E., ۲۰۱۳. Cost of environmental damage in China growing rapidly amid industrialization. *New York Times* ۲۹.

Wu, J., An, Q., Yao, X., Wang, B., ۲۰۱۴. Environmental efficiency evaluation of industry in China based on a new fixed sum undesirable output data envelopment analysis. *Journal of cleaner production* ۷۴, ۹۶-۱۰۴.

Wu, J., Yin, P., Sun, J., Chu, J., Liang, L., ۲۰۱۶. Evaluating the environmental efficiency of a two-stage system with undesired outputs by a DEA approach: An interest preference perspective. *European Journal of Operational Research* ۲۵۴, ۱۰۴۷-۱۰۶۲.

Xu, J., Jiang, Y., Guo, X., Jiang, L., ۲۰۲۱a. Environmental efficiency assessment of heavy pollution industry by data envelopment analysis and Malmquist index analysis: Empirical evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* ۱۸, ۵۷۶۱.

Xu, Y., Park, Y.S., Park, J.D., Cho, W., ۲۰۲۱b. Evaluating the environmental efficiency of the US airline industry using a directional distance function DEA approach. *Journal of Management Analytics* ۸, ۱-۱۸.

Yan, Q., Zhao, F., Wang, X., Balezentis, T., ۲۰۲۱. The Environmental Efficiency Analysis Based on the Three-Step Method for Two-Stage Data Envelopment Analysis. *Energies* ۱۴, ۷۰۲۸.

Yang, L., Ouyang, H., Fang, K., Ye, L., Zhang, J., ۲۰۱۵. Evaluation of regional environmental efficiencies in China based on super-efficiency-DEA. *Ecological Indicators* ۵۱, ۱۳-۱۹.

Yao, Z., Zhao, H., Liu, X., Yu, Q., Zhuang, H., Shen, N., ۲۰۲۰. Research on the Spatial-temporal Differences and Influencing Factors of Anhui Industrial Environmental Efficiency, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, p. ۰۳۲۰۳۱.

Yu, D., He, X., ۲۰۲۰. A bibliometric study for DEA applied to energy efficiency: Trends and future challenges. *Applied Energy* ۲۶۸, ۱۱۵۰-۴۸.

Zhang, F., Fang, H., Wu, J., Ward, D., ۲۰۱۶a. Environmental efficiency analysis of listed cement enterprises in China. *Sustainability* ۸, ۴۵۳.

Zhang, J., Zeng, W., Shi, H., ۲۰۱۶b. Regional environmental efficiency in China: Analysis based on a regional slack-based measure with environmental undesirable outputs. *Ecological Indicators* ۷۱, ۲۱۸-۲۲۸.

Zhang, M., Zhou, Z.-Q., Zhang, R., Tan, Y., Wen, M., ۲۰۲۲. Interannual variability of surface air temperature over indochina peninsula during summer monsoon onset. *Climate Dynamics*, ۱-۱۸.

Zhang, Y., Li, Y., ۲۰۲۲. Regional Differences in Tourism Eco-Efficiency in the Beijing–Tianjin–Hebei Region: Based on Data from ۱۳ Cities. *Sustainability* ۱۵, ۲۹۰۷.

Zhou, C., Shi, C., Wang, S., Zhang, G., ۲۰۱۸. Estimation of eco-efficiency and its influencing factors in Guangdong province based on Super-SBM and panel regression models. *Ecological Indicators* ۸۶, ۶۷-۸۰.

Zhu, Y., Du, W., Zhang, J., ۲۰۲۲. Does industrial collaborative agglomeration improve environmental efficiency? Insights from China's population structure. *Environmental Science and Pollution Research* ۲۹, ۵۰۷۲-۵۰۹۱.