

بررسی تاثیر تجمع تولید بر کارایی اقتصادی سبز کارگاه‌های صنعتی در ایران

اعظم حیدری آینه، کارشناس ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه شهید باهنر کرمان

زین‌العابدین صادقی، دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ایران^۲

سید عبدالمجید جلالی استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ایران

Investigating the Impact of Manufacturing Agglomeration on Green Economic Efficiency of Industrial Workshops with Ten or More Employees

Azam Heidari Ayeneh, Master of Energy Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, <https://orcid.org/0009-0007-1704-3356>

Zeinolabedin Sadeghi, Associate Professor in the Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran <https://orcid.org/0000-0002-6591-6090>

Sayyed Abdolmajid Jalaei, Professor in the Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran <https://orcid.org/0000-0001-8154-9123>

Received: (Gregorian dates)

Accepted: (Gregorian dates)

منفی داشته و مصرف بهینه انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، نقش مثبتی در این زمینه ایفا می‌کند. زیرساخت‌های مناسب با بهبود حمل‌ونقل و کاهش ضایعات، بهره‌وری انرژی را افزایش داده و در نهایت، بهبود کارایی سبز صنایع ایران نیازمند توجه به تمام این عوامل و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، نوآوری فناوری و زیرساخت‌های پایدار است.

واژگان کلیدی

کارایی سبز، تجمع تولیدی، کارگاه صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر، بهره‌وری

چکیده

با تشدید چالش‌های زیست‌محیطی جهانی، توسعه سبز به‌عنوان رویکردی کم‌کربن و پایدار ضروری شده است. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP) و بسیاری از کشورها سیاست‌های اقتصادی سبز را اجرا کرده‌اند. این مطالعه کارایی اقتصادی سبز (GEF) به عنوان شاخص کلیدی با استفاده از روش SBM برای کارگاه‌های صنعتی با ده نفر کارکن و بیشتر را در یازده دسته صنعتی (مانند آشامیدنی، مواد غذایی، پوشاک، تولید مواد شیمیایی و غیره) اندازه‌گیری کرده است، سپس تاثیر تجمع تولید و متغیرهای کنترلی طی سال‌های تا را بر کارایی سبز بررسی کرده است. تحلیل کارایی صنایع ایران در بازه تا نشان می‌دهد که نوسانات قابل توجهی در بهره‌وری صنایع مختلف وجود داشته است. صنایع آشامیدنی بالاترین کارایی را حفظ کرده‌اند، درحالی‌که صنایعی مانند پوشاک و فلزات عملکرد ضعیف‌تری داشته‌اند. در بهبود کارایی سبز صنایع ایران، سرمایه انسانی به عنوان نیروی محرکه اصلی با استفاده از دانش و مهارت در بهره‌وری منابع و فناوری‌های پاک، نقش بسزایی دارد. با این حال، ارزش افزوده به دلیل استفاده نامناسب از منابع یا فناوری‌های آلاینده، تاثیر قابل توجهی بر کارایی سبز ندارد. در مقابل، صنعتی شدن و نوآوری فناوری با ارتقای صنایع و استفاده از تکنولوژی‌های نوین، به بهبود کارایی سبز کمک می‌کنند. تجمع تولید در مناطق خاص، به دلیل تمرکز صنایع آلاینده، اثر

Abstract

With the intensification of global environmental challenges, green development has become essential as a low-carbon and sustainable approach. The United Nations Environment Programme (UNEP) and numerous countries have implemented green economic policies. This study measured Green Economic Efficiency (GEF) as a key indicator using the SBM method for industrial workshops with ten or more employees across eleven industrial categories (such as beverages, food, clothing, chemical manufacturing, etc.). It then examined the impact of production agglomeration and control variables on green efficiency from 2011 to 2021. An analysis of Iran's industrial efficiency between 2011 and 2021 reveals significant fluctuations in the productivity of various industries. The beverage industry has maintained the highest efficiency,

*Corresponding Author Zeinolabedin Sadeghi
z_sadeghi@uk.ac.ir

E-mail :

^۱ در انجام این تحقیق از هوش مصنوعی استفاده نشده است.

^۲ نویسنده مسئول: زین‌العابدین صادقی

و اجرای اقدامات حمایتی، مسیر توسعه پایدار را دنبال کرده‌اند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱).^۲

هرچند اقتصاد جهانی از زمان انقلاب صنعتی پیشرفت قابل توجهی داشته، اما این رشد با چالش‌هایی همچون کاهش منابع طبیعی، آلودگی هوا، گرمایش جهانی و کمبود انرژی همراه بوده است. این چالش‌ها، ضرورت اتخاذ راهکارهای کارآمد برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را بیش از پیش نمایان ساخته‌اند (لین و همکاران، ۲۰۲۴).^۳

در این میان، ارتقای ظرفیت سیستم‌های تولید سبز می‌تواند نقش کلیدی در بهبود کارایی اقتصادی سبز ایفا کند. با توجه به روند سریع جهانی شدن، اهمیت حفظ محیط‌زیست و ایجاد تعادل میان توسعه اقتصادی و ملاحظات زیست‌محیطی بیش از پیش آشکار شده است. اقتصاد سبز، که مورد تأیید اتحادیه اروپا و سازمان‌های بین‌المللی قرار گرفته است (یان و همکاران، ۲۰۲۲)، به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار شناخته می‌شود. توسعه این نوع اقتصاد می‌تواند تأثیرات منفی بر محیط‌زیست را کاهش داده و به ایجاد یک نظام اقتصادی پایدار و هماهنگ کمک کند (چن و همکاران، ۲۰۱۱).^۴

در این راستا، کارایی اقتصادی سبز (GEF) به عنوان شاخصی کلیدی برای ارزیابی میزان سبز بودن کارایی اقتصادی یک کشور یا منطقه مطرح شده است. توسعه اقتصاد سبز و بهبود کارایی اقتصادی سبز، اهدافی هستند که تمامی کشورهای در حال توسعه به دنبال تحقق آن هستند (یان و همکاران، ۲۰۲۰). بر اساس دیدگاه پیرس و همکاران (۲۰۱۳)، اقتصاددان برجسته بریتانیایی محیط زیست و توسعه اقتصادی باید هم برای محیط‌زیست و هم برای جوامع انسانی پایدار باشد؛ به گونه‌ای که کاهش منابع طبیعی، تداوم رشد اقتصادی را تهدید نکند. در این میان، GEF می‌تواند با در نظر گرفتن هزینه منابع و تأثیرات زیست‌محیطی، تصویری جامع از میزان پایداری اقتصادی ارائه دهد.

مطالعه تجمع تولید و تأثیر آن بر کارایی اقتصاد سبز می‌تواند به توسعه چارچوب‌های نظری و بهبود سیستم‌های ارزیابی در این حوزه کمک کند. این تحقیق، با ارائه بینش‌های جدید در مورد نقش تجمع تولید در کاهش مصرف انرژی و کنترل انتشار آلاینده‌ها، می‌تواند به عنوان مرجعی برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی در کشورهای مختلف که در حال گذار به سمت توسعه سبز هستند، مورد استفاده قرار گیرد. به طور خاص، یافته‌های این پژوهش می‌توانند در تدوین استراتژی‌های

while sectors like clothing and metals have exhibited weaker performance. In enhancing the green efficiency of Iranian industries, human capital plays a crucial role as the primary driving force, leveraging knowledge and skills in resource efficiency and clean technologies. However, added value does not significantly impact green efficiency due to the inefficient use of resources or polluting technologies. Conversely, industrialization and technological innovation contribute to improved green efficiency by advancing industries and adopting modern technologies. Production agglomeration in specific regions has a negative impact due to the concentration of polluting industries, while optimized energy consumption and the use of renewable energy sources play a positive role. Adequate infrastructure, by improving transportation and reducing waste, enhances energy efficiency. Ultimately, improving the green efficiency of Iranian industries necessitates attention to all these factors and investment in human capital, technological innovation, and sustainable infrastructure.

Keywords

Green efficiency, Manufacturing agglomeration, Industrial workshops with ten or more employees, Productivity

JEL classification: L11, L25, Q56

۱- مقدمه

با گسترش اقتصاد جهانی، تأثیرات گسترده تغییرات آب‌وهوایی بر جوامع بشری بیش از پیش آشکار شده است. در این میان، توسعه سبز به عنوان یکی از مؤثرترین راهکارها برای حفظ محیط‌زیست و ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی و پایداری زیست‌محیطی شناخته شده است. در نتیجه، رقابت جهانی در زمینه اقتصاد سبز شدت گرفته و بسیاری از کشورها سیاست‌ها و راهبردهای اقتصادی خود را به سمت توسعه پایدار هدایت کرده‌اند. در همین راستا، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP) در سال ابتکار اقتصاد سبز را معرفی کرد که هدف آن «بهبود رفاه انسانی و برابری اجتماعی، همراه با کاهش چشمگیر خطرات و کمبودهای زیست‌محیطی» است. این سازمان، اقتصاد سبز را به عنوان اقتصادی کم‌کربن، کارآمد از نظر منابع و از نظر اجتماعی فراگیر تعریف کرده است (UNEP). در سال‌های اخیر، این مفهوم به طور گسترده در سطح بین‌المللی مورد توجه قرار گرفته است و بسیاری از کشورها، با تدوین سیاست‌های اقتصادی سبز

^۵ Chen et al.

^۶ Green Economic Efficiency

^۱ United Nations Environment Programme (UNEP)

^۲ Wang et al

^۳ Lin et al.

^۴ Yuan et al

است که یک تغییر اساسی در رویکرد ما ضروری است. مانع اصلی در دستیابی به تعادل پایدار میان توسعه اقتصادی و استفاده آگاهانه از منابع نهفته است. اگرچه رشد اقتصادی برای افزایش ثروت و بهبود استانداردهای زندگی حیاتی است، اما دیگر نباید به بهای آسیب رساندن به محیط زیست محقق شود. تدوین راهکارهایی که هم رشد اقتصادی را تحریک کند و هم پایداری زیست محیطی بلندمدت را تشویق نماید، ضرورتی انکارناپذیر است. تحقق این هدف مستلزم بررسی عمیق عواملی است که به افزایش کارایی اقتصادی کمک می‌کنند.

در مقایسه با کارایی اقتصادی سنتی، کارایی اقتصادی سبز تجمع بیشتری بر کاهش انتشار آلودگی با استفاده از بهینه‌سازی منابع انرژی دارد. بنابراین، ایجاد سازوکارهای نوین برای ترویج توسعه سبز، کلید دستیابی به رشد اقتصادی باکیفیت و پایدار است (چن و همکاران، ۲۰۲۳). کارایی اقتصادی به طور کلی به عنوان نسبت خروجی اقتصاد به ورودی سرمایه و نیروی کار بیان می‌شود، در حالی که کارایی اقتصادی سبز (GEF) ورودی انرژی و خروجی نامطلوب را در نظر می‌گیرد. به عبارت دیگر، بر اساس صرفه اقتصادی، با در نظر گرفتن بیشتر مصرف انرژی و زیان‌های زیست محیطی، بازده اقتصادی «سبز» حاصل می‌شود. (چن و همکاران، ۲۰۲۳). کارایی اقتصادی سبز (GEF) به معنای کارایی اقتصادی تحت تئوری رشد اقتصادی سبز است و از نظر چن و همکاران (۲۰۲۴) از سه جنبه اصلی تشکیل شده است:

۱. جنبه اول: ارزیابی کمی کارایی اقتصادی

کارایی اقتصاد سبز، ارزیابی کمی از کارایی اقتصادی است. از منظر ورودی و خروجی، نشان‌دهنده کارایی استفاده از عوامل مختلف ورودی و توانایی دستیابی به خروجی مطلوب است.

۲. جنبه دوم: فراتر از کارایی اقتصادی سنتی

کارایی اقتصاد سبز، فراتر از کارایی اقتصادی سنتی است. این مفهوم، ترکیبی از کارایی اقتصادی است که منابع، ورودی‌های محیطی (مانند منابع طبیعی، کیفیت هوا و آب) و خروجی‌های نامطلوب (مانند آلودگی هوا، آلودگی آب و تولید گازهای گلخانه‌ای) را به طور همزمان در نظر می‌گیرد.

۳. جنبه سوم: هدف نهایی توسعه انسانی

اقتصادی کارآمدتر برای بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش آثار زیست محیطی در مناطق صنعتی مؤثر باشند.

در این پژوهش، به بررسی تأثیر تجمع تولید (MA) بر کارایی اقتصادی سبز پرداخته شده است.

تجمع تولید به تمرکز حجم تولید یک صنعت یا محصول خاص در تعداد محدودی از بنگاه‌های تولیدی اشاره دارد. این مفهوم نشان‌دهنده توزیع نابرابر تولید در میان واحدهای صنعتی است، به طوری که بخش بزرگی از تولید در اختیار تعداد کمی از شرکت‌ها یا کارخانه‌ها قرار می‌گیرد (کروگمن، ۱۹۹۱). این پژوهش تلاش می‌کند تا تأثیر تجمع تولید بر بهره‌وری اقتصادی سبز را ارزیابی کرده و بررسی کند که آیا افزایش تجمع صنایع می‌تواند به کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها کمک کرده و در نهایت منجر به رشد اقتصادی پایدار شود.

در مجموع، این پژوهش با تجمع بر ارتباط میان تجمع تولید و کارایی اقتصادی سبز، به دنبال پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات علمی و ارائه راهکارهایی عملی برای توسعه پایدار و رشد اقتصادی هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی است.

۲- ادبیات موضوع

در دنیایی که به طور فزاینده‌ای به هم پیوسته و از نظر زیست محیطی آگاه‌تر می‌شود، دستیابی به رشد اقتصادی باید با الزامات پایداری زیست محیطی هماهنگ باشد. رشد کنترل‌نشده اقتصادها، که عمدتاً توسط بخش‌های سنتی هدایت می‌شود، فشار بی‌سابقه‌ای بر سیستم‌های اکولوژیکی جهان وارد کرده است. چالش‌های جهانی مانند تغییرات آب‌وهوایی، کاهش منابع و تخریب محیط زیست، نیازمند توجه فوری و اقدامات عملی هستند.

در نقطه‌ی تلاقی پیشرفت اقتصادی و حفظ محیط زیست، روشن

به تمرکز حجم تولید در تعداد محدودی از واحدهای تولیدی یا بنگاه‌های خاص اشاره دارد.

معمولاً نشان‌دهنده تسلط چند شرکت بزرگ بر بازار یک محصول خاص است. مثال: در صنعتی مانند تولید فولاد، ممکن است تنها چند کارخانه بزرگ بیشترین سهم تولید کشور را داشته باشند. می‌تواند منجر به انحصار، کاهش رقابت، و افزایش آسیب‌پذیری اقتصادی شود.

³ Chen et al.

⁴ Chen et al.

¹ Manufacturing Concentration

^۲ تجمع صنعتی (Industrial Agglomeration)

به تمرکز بنگاه‌های مرتبط در یک منطقه جغرافیایی اشاره دارد. این مفهوم بر شبکه‌های تولید، مزایای جغرافیایی، اشتراک منابع، و هم‌افزایی میان شرکت‌های هم‌صنعت یا صنایع وابسته تمرکز دارد. مثال: تمرکز کارخانه‌های خودروسازی و قطعه‌سازی در یک شهر خاص (مانند تمرکز صنایع خودروسازی در تهران و کرج).

منجر به افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، و تبادل دانش و نوآوری می‌شود.

تجمع تولید (Manufacturing Concentration):

نوآوری را به همراه دارد. این تأثیرات در سه حوزه کلیدی قابل بررسی هستند:

۱. اثر تجمع نیروی کار
مطابق نظریه بازار کار تطبیقی (آمیتی و پیساریدس، ۲۰۰۵)، تجمع اقتصادی منجر به افزایش دسترسی به نیروی کار متخصص، بهبود تطابق مهارت‌ها با نیازهای صنعتی، و در نتیجه افزایش بهره‌وری نیروی انسانی می‌شود. این امر پیامدهایی همچون کاهش هزینه‌های جستجوی نیروی کار، تقویت هم‌افزایی مهارت‌ها، و کاهش شدت مصرف انرژی در واحدهای تولیدی را به دنبال دارد.

۲. اثر ارتباطات ورودی-خروجی
بر اساس نظریه پیوندهای صنعتی استقرار صنایع در یک منطقه مشخص، منجر به شکل‌گیری شبکه‌های قوی میان بنگاه‌های بالادستی و پایین‌دستی می‌شود. این ارتباطات، ضمن کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، موجب تسهیل در بازیافت ضایعات صنعتی و استفاده بهینه از منابع شده و در نهایت، بهره‌وری اقتصادی سبز را ارتقا می‌دهد.

۳. اثر سرریز دانش
مطابق نظریه خوشه‌های صنعتی (مارتین و سانلی، ۲۰۰۳)، تجمع اقتصادی با افزایش تبادل دانش و فناوری میان بنگاه‌ها همراه است. این فرآیند، از طریق انتقال نیروی کار متخصص، همکاری در تحقیق و توسعه، و اشتراک‌گذاری نوآوری‌ها، منجر به کاهش هزینه‌های فناورانه، بهبود کارایی تولید، و کاهش مصرف انرژی می‌شود.

علاوه بر این مکانیسم‌های مستقیم، تجمع تولیدی به صورت غیرمستقیم نیز از طریق تغییر در ساختار صنعتی بر کارایی اقتصادی سبز (GEF) تأثیر می‌گذارد:

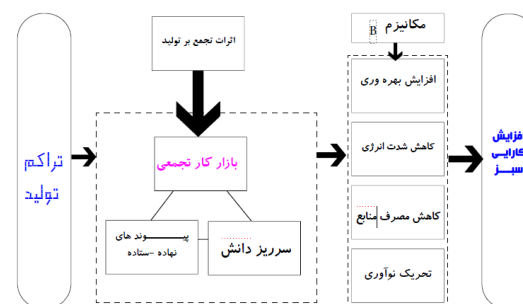
۴. نقش رقابت در ارتقای بهره‌وری
بر اساس نظریه مزیت رقابتی (پورتر، ۱۹۹۰)، تجمع صنایع در یک منطقه منجر به افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها می‌شود. این رقابت، شرکت‌ها را به بهبود مستمر فرآیندهای تولید، افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، و کاهش مصرف انرژی و منابع ترغیب می‌کند (دونگ و همکاران، ۲۰۱۲). در نتیجه، این فرآیند منجر به افزایش بهره‌وری تولید و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود.

۵. تأثیر اقتصاد مقیاس

هدف نهایی کارایی اقتصادی سبز، توسعه انسانی از طریق بهبود رفاه انسانی و دستیابی به برابری اجتماعی است.

کارایی اقتصادی سبز، هسته اصلی اقتصاد سبز را تشکیل می‌دهد و برای بررسی عقلانیت توسعه اقتصادی، پیشرفت اجتماعی و بهبود وضعیت منابع و محیط زیست ضروری است.

توسعه اقتصادی سبز برای بهینه‌سازی بهره‌وری منابع و ارتقای تحول اقتصادی پایدار، امری حیاتی است. (چن و همکاران، ۲۰۲۴)



شکل ۱. نمودار سازوکار عملکرد MA و کارایی اقتصاد سبز
ماخذ: (چن و همکاران، ۲۰۲۴)

۱,۲ تأثیر تجمع تولیدی بر کارایی اقتصادی سبز

مطالعات گذشته نشان می‌دهد که با توجه به روش‌های مختلف تولید و روند توسعه بخش‌های مختلف، تأثیر سطوح تجمع آن‌ها بر GEF نیز بسیار متفاوت است و هنوز دیدگاه ثابتی به دست نیامده است. یک دیدگاه این است که افزایش سطح تراکم صنعتی تأثیر مثبتی بر افزایش GEF دارد. مارشال (۱۹۲۰) اشاره کرد که تمایل بخش‌ها به خوشه‌بندی در مناطق خاص منجر به بهره‌وری تولیدی می‌شود، که به طور موثر بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد و در نتیجه به توسعه اقتصادی منطقه کمک می‌کند (سیکون و هال، ۱۹۹۳):

کارایی اقتصادی سبز (GEF)، به عنوان یکی از اهداف کلیدی توسعه پایدار، در گرو بهره‌وری بهینه منابع، کاهش آلودگی، و نوآوری فناورانه است. در این میان، تجمع تولیدی (MA) به عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار، هم از طریق مکانیسم‌های مستقیم و هم غیرمستقیم بر این فرآیند اثر می‌گذارد.

بر اساس نظریه‌های رشد درون‌زا (رومر، ۱۹۸۶) و جغرافیای اقتصادی جدید (کروگمن، ۱۹۹۱)، تجمع اقتصادی مزایایی همچون افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های مبادلاتی، و ارتقای

⁶ Martin and Sunley

⁷ Porter

⁸ Dng et al.

¹ Marshall

² Ciccone and Hall

³ Rmer

⁴ •Krugman

⁵ Amity & Pissarides

همگرایی سبز شده‌اند.

لی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی تأثیر امور مالی سبز بر بهره‌وری کل عوامل سبز در چین پرداخته‌اند. این مطالعه داده‌های مربوط به استان چین را در بازه زمانی تا تحلیل کرده و نقش سرمایه‌گذاری سبز را در بهبود بهره‌وری سبز ارزیابی نموده است. نتایج نشان می‌دهد که توسعه مالی سبز به‌طور قابل توجهی موجب افزایش بهره‌وری سبز می‌شود، به‌ویژه در استان‌هایی که از نظر اقتصادی در سطح بالاتری قرار دارند. علاوه بر این، اجرای سیاست‌های مالی سبز می‌تواند تأثیر مثبت توسعه مالی سبز را تقویت کند.

کونگکان و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به بررسی عملکرد کارایی اقتصادی در کشورهای آمریکای لاتین و کارائیب پرداخته‌اند. این مطالعه، عملکرد کارایی اقتصادی کشور منطقه را با استفاده از روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مورد سنجش قرار داده است. نتایج برآورد شده نشان می‌دهد که پاناما و پس از آن شیلی، از نظر اقتصادی کارآمدترین کشورهای منطقه LAC هستند. در مقابل، برزیل و نیکاراگوئه کمترین فاصله اقتصادی را در این منطقه دارند

چن و همکاران^۶ (۲۰۲۴) در پژوهشی به بررسی تأثیر پایلوت شهرهای هوشمند بر کارایی اقتصادی سبز شهری پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از مدل تطبیق امتیاز تمایل-تفاوت در تفاوت‌ها (PSM-DID)، کارایی اقتصادی سبز و اثرات شهرهای هوشمند بر آن را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری اقتصادی سبز شهری می‌تواند از طریق پایلوت شهرهای هوشمند بهبود یابد. این تأثیر از طریق سه مکانیسم اصلی، شامل اثر فناوری، اثر ساختاری و اثر انرژی، تحقق می‌یابد. شهرهای هوشمند به دلیل برخورداری از فناوری اطلاعات و مقررات زیست‌محیطی، به‌عنوان یک شتاب‌دهنده عمل کرده و موجب ارتقای همزمان کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شوند. همچنین، این تأثیر در شهرهایی با سطح بالای تجمع استعدادهای توسعه مالی مناسب، تراکم جمعیتی پایین، زیرساخت‌های شبکه‌ای پیشرفته و گسترش شهری قابل توجه‌تر است.

لین و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان «چگونگی پیچیدگی اقتصادی شهری می‌تواند باعث رشد اقتصادی سبز در

مطابق نظریه اقتصاد مقیاس (ژو و همکاران، ۲۰۱۹)، استقرار صنایع مشابه و مکمل در یک منطقه، موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی و کاهش مصرف منابع طبیعی می‌شود. این فرآیند، علاوه بر افزایش بازده تولید، با کاهش انتشار آلاینده‌ها، به توسعه کارایی اقتصادی سبز کمک می‌کند.

۶. توسعه سرمایه انسانی

بر اساس نظریه سرمایه انسانی (پان و همکاران، ۲۰۲۳)، تجمع تولیدی از طریق آموزش نیروی کار و انتقال مهارت‌ها در میان بنگاه‌های اقتصادی، به توسعه سرمایه انسانی منجر می‌شود. این امر، ضمن افزایش بهره‌وری نیروی کار، امکان استفاده کارآمدتر از انرژی و منابع را در فرآیندهای تولیدی فراهم می‌آورد.

۲,۲ پیشینه‌ی تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع، پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌ی تراکم صنعتی و کارایی سبز انجام شده است که در این جا با تفکیک این مطالعات به دو بخش داخلی و خارجی پرداخته می‌شود.

پان و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی، تأثیر تجمع تولید بر کارایی اقتصادی سبز را بررسی کرده‌اند. این مطالعه با استفاده از یک مدل غیرخطی و داده‌های تابلویی مربوط به ۷ شهر چین در بازه زمانی تا، به تحلیل این تأثیر پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بین تجمع تولید (MA) و کارایی اقتصادی سبز (GEF) به‌صورت U شکل است، اما این رابطه در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشابه نیست. علاوه بر این، تأثیر بهبود کارایی در شهرهایی با مقیاس‌های مختلف، متفاوت است. این مطالعه تأکید دارد که برای افزایش بهره‌وری اقتصادی سبز، تنظیم پویای سیاست‌گذاری‌ها ضروری است.

ژو و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان «عملکرد نوآوری سبز: از دیدگاه کارایی» به بررسی کارایی نوآوری سبز در چین پرداخته‌اند. هدف این پژوهش، دستیابی به توسعه اقتصادی هم‌زمان با حفاظت از محیط زیست است. در این مقاله، دو روش برای ارزیابی کارایی نوآوری سبز به کار رفته است: روش اول از درجه پراکندگی عمودی و افقی برای ایجاد یک شاخص آلاینده استفاده می‌کند، و روش دوم از مدل تحلیل پوششی داده‌ها (SBM) بهره می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که کارایی نوآوری سبز در چین هر سال افزایش یافته و اختلافات منطقه‌ای کاهش پیدا کرده است. همچنین، عوامل فضایی موجب تسریع

⁶ Kengkan et al.

⁷ Chen et al.

⁸ Lin et al.

¹ Zhu

² Pan et al.

³ Yuan et al.

⁴ Zha et al.

⁵ Li et al.

تراکم آلودگی می‌شود. منحنی کوزنتس نیز در رابطه بین تولید ناخالص داخلی و تراکم آلودگی مبنی بر رابطه غیرخطی بین دو متغیر تایید شده است. در نهایت، باز بودن اقتصاد در کشورهای همجوار به واسطه اثرات سرریز فضایی به کاهش تراکم آلودگی منجر می‌شود.

قیاسی و شیخ زین الدین (۱۴۰۱) در مقاله ای تحت عنوان سنجش کارایی اقتصادی-محیط زیستی گندم بر مبنای ردپای آب نشان داد که در بین متغیرهای مورد بررسی، نهاده ترکیبی و ردپای آب سبز بیشترین تأثیر مثبت را بر بهبود ارزش تولید محصول گندم دارند. نتایج همچنین بیانگر این است که استان‌های آذربایجان شرقی، خراسان شمالی و خراسان رضوی کمترین میانگین کارایی و استان‌های گیلان، سیستان و بلوچستان، مازندران و ایلام به ترتیب بیشترین کارایی اقتصادی-محیط زیستی تولید گندم را به خود اختصاص داده‌اند. بهاء الدینی، صادقی و کریمی تکلو (۱۴۰۲) تأثیر مقررات زیست محیطی بر بهره‌وری سبز در ۳۱ استان ایران طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۴۰۰ را بررسی کرده‌اند. با استفاده از تابع فاصله جهت‌دار غیرشعاعی و داده‌های سرمایه، نیروی کار، تولید ناخالص داخلی، آلودگی و تنظیم‌گری زیست محیطی، نتایج نشان داد که مقررات زیست محیطی بهره‌وری سبز را ارتقا می‌دهد، اما در کنترل خروجی‌های نامطلوب (آلودگی) کمتر موفق بوده است. همچنین، اثر تولید ناخالص داخلی بر بهره‌وری سبز ناچیز و تأثیر ارزش افزوده بخش صنعت بر آن منفی و معنادار است.

فلاحی و همکاران (۱۴۰۲) تأثیر متنوع‌سازی فعالیت‌های صنعتی بر نابرابری درآمد در استان‌های ایران طی دوره ۱۳۸۸-۱۳۹۸ را با استفاده از داده‌های پانل بررسی کرده است. نتایج نشان داد که شاخص متنوع‌سازی صنعتی در بوشهر (۰٫۸) بالاترین و در تهران (۰٫۰۹) پایین‌ترین است. ضریب جینی در سیستان و بلوچستان (۰٫۴۴) و خراسان جنوبی (۰٫۳۳) متغیر است. مخارج دولت، مخارج آموزشی و رشد اقتصادی نابرابری درآمد را افزایش می‌دهند، در حالی که تمرکز صنعتی و مجذور رشد اقتصادی آن را کاهش می‌دهند. متنوع‌سازی صنعتی بر اساس مزیت‌های نسبی منطقه برای کاهش نابرابری درآمد اهمیت دارد.

۳- روش‌شناسی تحقیق

۳-۱. روش تحلیل پوششی داده

دو روش اصلی برای محاسبه بازده به نام روش پارامتری و

چین شود؟» با استفاده از مجموعه داده‌های پانل چین از سال تا، تأثیر و مکانیسم‌های پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی سبز (GEG^۱) را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش پیچیدگی اقتصادی، با ارتقای ظرفیت نوآوری فناوری سبز و تسهیل بهبود ساختار صنعتی، تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی سبز دارد. به‌طور خاص، افزایش یک انحراف استاندارد در پیچیدگی اقتصادی، منجر به رشد ۲٫۱ درصدی در بهره‌وری کل عوامل سبز (GTFP^۲) می‌شود.

غلامی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با این عنوان به کارایی انرژی و هزینه‌های کاهشی دی اکسید کربن در نواحی شهری ایران پرداخته‌اند. این مطالعه از اطلاعات سری‌های زمانی سال‌های تا صورت گرفته است هدف اصلی این پژوهش اندازه‌گیری کارایی انرژی و کاهش هزینه‌های دی اکسید کربن در منطقه‌های شهری ایران است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مناطقی که بالاترین میزان کارایی انرژی را دارند، کاهش دی اکسید کربن در آن مناطق حداقل است. فیلی و تیزهوش (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان "شناسایی و رتبه‌بندی آرمان‌های تولید سبز در صنعت خودرو با رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)" به بررسی و شناسایی و رتبه‌بندی آرمان‌های تولید سبز در صنعت خودرو، پرداخته‌اند. در این پژوهش ۷ آرمان شناسایی شدند. داده‌ها با استفاده از ابزار پرسشنامه و نظرات ۳ خبره کارخانه ایران خودرو شيراز، جمع‌آوری و با بهره‌گیری از تکنیک AHP اولویت‌بندی شدند. نتایج حاصل نشان می‌دهد آرمان استفاده حداقلی از مواد اولیه مضر برای محیط زیست با وزن ۰/۰ رتبه اول، آرمان افزایش ابتکارات برای کاهش اثرات زیست محیطی با وزن ۰/۰ رتبه دوم و آرمان کاهش تولید ضایعات با وزن ۰/۰ رتبه سوم را به خود اختصاص داده‌اند.

اسلامی گیسکی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی تأثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی: رهیافت اقتصادسنجی فضایی با استفاده از شواهد آماری کشورهای منتخب مناسبت برای دوره زمانی - و کاربست رهیافت اقتصادسنجی فضایی به بررسی اثر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی با شاخص آنتروپی به مطالعه پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که نوعی اثرات فضایی انتشار آلاینده‌ها در میان کشورهای مورد بررسی وجود دارد. همچنین، تراکم صنعتی به دلیل امکان بهره‌برداری از مزایای سرریز دانش و فناوری، و تطابق بین مهارت با مشاغل، باعث کاهش تراکم آلاینده‌ها می‌شود. علاوه بر این، شدت مصرف انرژی باعث افزایش در

¹ Green Total Factor Productivity

² Green Economic Growth

گنجاندن عوامل محیطی و منابع در مدل، چه به عنوان ورودی و چه به عنوان خروجی^۱ است. این به طور خاص به دو روش زیر پردازش می‌شود:

(۱) در نظر گرفتن آلودگی زیست محیطی به عنوان هزینه و در نظر گرفتن آن به عنوان یک عامل ورودی.

(۲) برخورد با آلودگی زیست محیطی به عنوان یک خروجی مطلوب با استفاده از روش های ریاضی برای تبدیل آن به خروجی خوب با همان کیفیت تولید ناخالص داخلی است.

۳-۲. روش تحلیل پوششی-SBM

در این مطالعه یک مدل غیر شعاعی . غیر زاویه‌ای معیار متغیر کمکی مدل اندازه گیری (SBM) پیشنهاد شده است. با قرار دادن متغیر مورد انتظار در تابع هدف، مسئله ورودی-خروجی مورد انتظار و مشکل ارزیابی کارایی بدون محصول غیرمنتظره حل می‌شوند (یان و همکاران، ۲۰۲۰).

مدل Super-SBM با در نظر گرفتن خروجی های نامطلوب امروزه، انواع مختلفی از مدل های Super-SBM و مدل های DEA وجود دارد که خروجی های نامطلوب را در نظر می گیرند. مدل های سنتی DEA یا ورودی گرا یا خروجی گرا هستند، و بنابراین افزودنی در نظر گرفتن همزمان ورودی و خروجی را ندارند. به منظور کارآمدتر کردن DMU های نسبتاً غیرمولد، DEA ورودی محور عمدتاً بر چگونگی کاهش ورودی متجمع است، در حالی که DEA خروجی محور عمدتاً بر نحوه گسترش خروجی متجمع است، در حالی که در واقع ورودی و خروجی باید همزمان در نظر گرفته شوند.

مدل SBM معرفی شده توسط تونی (۲۰۲۱) می‌تواند کاهش ورودی و افزایش خروجی را به طور همزمان پردازش کند و

روش ناپارامتریک وجود دارد. روش پارامتریک با روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) معرفی شده توسط آگنر و همکاران مشخص می‌شود، در حالی که روش ناپارامتریک با روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) معرفی شده توسط فارل و همکاران مشخص می‌شود. (واکر و همکاران، ۲۰۲۰) روش DEA یک مفهوم برنامه‌ریزی خطی بر اساس ورودی و خروجی است و بنابراین مشکل انحراف از مقادیر تخمینی در تعریف توابع را به طور موثر حل کرده است. بنابراین از عینیت بیشتری برخوردار است و به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) کاربرد بالایی در اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیری دارد (چنگ، ۲۰۱۸). مدل اندازه‌گیری آن را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: شعاعی و زاویه‌ای، غیر شعاعی و زاویه‌ای، شعاعی و غیر زاویه‌ای، غیر شعاعی و غیر زاویه‌ای. در ارزیابی کارایی، "شعاعی" به این معنی است که ورودی و خروجی به یک نسبت برای دستیابی به کارایی تغییر می‌کنند، در حالی که "زاویه‌ای" به معنای جستجوی کارایی بهینه با در نظر گرفتن ورودی یا خروجی است. مدل سنتی DEA معمولاً شعاعی یا زاویه‌ای است. بدون در نظر گرفتن خروجی، نمی‌تواند کارایی خروجی غیرمنتظره را اندازه‌گیری کند. (چنگ، ۲۰۱۸). پس از آن، یک مدل اندازه‌گیری مبتنی بر مدل غیر شعاعی و غیر زاویه‌ای (SBM) پیشنهاد شده است. با قرار دادن متغیر در تابع هدف، مشکل ورودی-خروجی و مشکل ارزیابی کارایی با خروجی غیرمنتظره حل می‌شود (تونی، ۲۰۰۱).

در حال حاضر، تفکر اصلی پشت استفاده از مدل‌های DEA برای اندازه‌گیری کارایی اقتصاد سبز و مفاهیم مرتبط با آن،

- رتبه‌بندی واحدهای کارا: مدل SBM می‌تواند واحدهای کارا را بر اساس میزان اسلک‌های آنها رتبه‌بندی کند.
- مزایای استفاده از مدل SBM:
- ارائه نتایج دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر
- امکان تحلیل کارایی در شرایط پیچیده
- قابلیت استفاده در طیف گسترده‌ای از کاربردها
- کاربردهای مدل SBM:
- ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و شرکت‌ها
- تحلیل کارایی بانک‌ها و موسسات مالی
- ارزیابی عملکرد بخش‌های دولتی
- تحلیل کارایی زنجیره تامین
- ارزیابی عملکرد زیست محیطی

⁶ Yuan et Al.

⁷ Tone

¹ Aigner et al.

² Walker et al.

³ Cheng et al.

⁴ Tone

⁵ مدل SBM یا (Slack-Based Measure) یکی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) است که برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUs) استفاده می‌شود. این مدل به طور خاص برای رفع برخی از محدودیت‌های مدل‌های کلاسیک DEA مانند CCR و BCC طراحی شده است. ویژگی‌های کلیدی مدل SBM:

- در نظر گرفتن اسلک‌ها: مدل SBM به جای تمرکز بر نسبت ورودی‌ها به خروجی‌ها، به طور مستقیم به اسلک‌های ورودی و خروجی توجه می‌کند. اسلک‌ها نشان‌دهنده مقدار اضافی ورودی‌ها یا کمبود خروجی‌ها هستند.
- اندازه‌گیری کارایی غیر شعاعی: مدل‌های CCR و BCC کارایی را به صورت شعاعی اندازه‌گیری می‌کنند، به این معنی که فرض می‌کنند ورودی‌ها و خروجی‌ها به یک نسبت تغییر می‌کنند. مدل SBM یک مدل غیر شعاعی است و می‌تواند تغییرات نامتناسب در ورودی‌ها و خروجی‌ها را در نظر بگیرد.
- در نظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب: مدل SBM می‌تواند خروجی‌های نامطلوب (مانند آلودگی یا ضایعات) را در تحلیل کارایی در نظر بگیرد.

$$x_{it} = (x_{1it}, \dots, x_{mit}) \in R_n^+ \quad (4)$$

برای تولید n محصول مورد انتظار $y_{it}^d = (y_{1it}^d, \dots, y_{nit}^d) \in R_n^+$ و g ها برای محصول غیر منتظره $y_{it}^u = (y_{1it}^u, \dots, y_{nit}^u)$ همه عوامل تولید و نهاده ضروری هستند و مخالف صفر می‌باشند. وزن مقادیر مشاهده شده کارگاه w_i است. با معرفی محیط‌زیست و عوامل فنی در مدل، مجموعه امکانات تولید دوره t به صورت زیر می‌باشد. (یان و همکاران، ۲۰۲۲) در این مطالعه وزن مقادیر ضریب یک در نظر گرفته شده است.

$$p^t = \begin{cases} (X_{it}, Y_{it}^d, Y_{it}^u) | x_{jit} \geq \sum_{i=1}^I w_i^t x_{jit}, \forall j \\ y_{kit}^d \leq \sum_{i=1}^I w_i^t y_{kit}^d, \forall k \\ y_{rit}^u \leq \sum_{i=1}^I w_i^t y_{rit}^u, \forall r: w_i^t \geq 0, \forall i \end{cases} \quad (5)$$

اگر $\sum_{i=1}^I w_i^t = 1$ ، نشان می‌دهد که فناوری تولید بازده متغیر است (VRS). اگر نه، بازده ثابت به مقیاس (CRS) است. از این رو، تحت محدودیت منابع و محیط زیست، به ترتیب مدل SBM، GEF در کارگاه i در دوره t را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\rho_{0t}^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{s_{jt}^-}{x_{jt0}}}{1 + \frac{1}{n+g} [\sum_{k=1}^n \frac{s_{kt}^d}{y_{kt0}^d} + \sum_{r=1}^g \frac{s_{rt}^g}{y_{rt0}^g}]} \quad (6)$$

$$s.t. \begin{cases} x_{jt0} = \sum_{i=1}^I w_i^t x_{jit}^d + s_{jt}^- \\ y_{kt0}^d = \sum_{i=1}^I w_i^t y_{kit}^d - s_{kt}^d \\ y_{rt0}^g = \sum_{i=1}^I w_i^t y_{rit}^g + s_{rt}^g \\ s_{jt}^- > 0, s_{kt}^d > 0, s_{rt}^g > 0, w_i^t > 0 \end{cases}$$

که در آن s نشان دهنده متغیر کمکی نهاده و ستانده است. ρ^* نشان دهنده GEF یک کارگاه، و هر چه ارزش بیشتر باشد، GEF بالاتر است. هدف تابع ρ^* یک تابع کاملاً کاهشی از s_{jt}^- ، s_{kt}^d و s_{rt}^g که $\rho^* \leq 1$ ، $0 \leq \rho^*$ تامین شوند. برای واحد ارزیابی خاص، اگر و فقط اگر $\rho^* = 1$ کارآمد است. $s = (s_{jt}^-, s_{kt}^d, s_{rt}^g)$ در غیر این صورت، ناکارآمد است و نهاده و ستاده نیاز به پیشرفت دارد. متغیرهای ورودی-خروجی در ابر کارایی SBM در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی

خروجی		ورودی	
نام متغیر	نام اختصاری	نام متغیر	نام اختصاری
تولید ناخالص داخلی	LGDP	سرمایه انسانی	LHC
مقررات زیست محیطی	LER	سطح صنعتی شدن	LIND
زیر ساخت ها	LRD	تراکم جمعیت	LINPD
نوآوری فناوری	LINTE	مصرف انرژی	LES

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

ورودی و خروجی نیازی به تغییر متناسب ندارند. با این حال، مدل های SBM نمی‌توانند خروجی های نامطلوب را مدیریت کنند، و اجتناب از وضعیت داشتن چندین DMU با بازدهی کامل (مقدار بازده ۱) در مقادیر بازده به دست آمده از مدل های کاربردی SBM دشوار است، بنابراین انجام ارزیابی و ارزیابی غیرممکن می شود. ترکیب نتایج از سوی دیگر، Super-SBM که خروجی های نامطلوب را در نظر می گیرد، کار بسیار خوبی برای حل سه مشکل ذکر شده در بالا انجام می دهد. با توجه به مزایای متعدد Super-SBM، مطالعه حاضر از این مدل برای انجام محاسبه کارایی اقتصادی سبز استفاده می کند.

با توجه به مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۲۰) با فرض وجود n واحد تصمیم گیری (DMU)، و هر DMU دارای m نوع عامل ورودی است که s_1 نوع خروجی مطلوب و s_2 نوع خروجی نامطلوب تولید می کند، و اگر از سه بردار برای بیان عوامل مرتبط وجود داشته باشد، سپس ماتریس را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n] \in R^{m \times n}, Y^d \quad (1)$$

$$= [y_1^d, y_2^d, \dots, y_n^d] \in R^{s_1 \times n}, Y^{ud}$$

$$= [y_1^{ud}, y_2^{ud}, \dots, y_n^{ud}] \in R^{s_2 \times n}$$

مجموعه امکان تولید^۲ (PPS) را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$P(x) = \{(y^d, y^{ud}) | x \text{ produce } (y^d, y^{ud}), x \geq X\lambda, y^d \leq Y^d \lambda, y^{ud} \leq Y^{ud} \lambda, \lambda \geq 0\} \quad (2)$$

در فرمول بالا، λ بردار شدت غیرمنفی است که نشان می دهد تعریف فوق با شرط بازده ثابت به مقیاس مطابقت دارد. بر اساس PPS بالا، یک مدل SBM که خروجی های نامطلوب را در نظر می گیرد می تواند به صورت زیر بیان شود (یانگ و همکاران، ۲۰۲۲):

$$\beta = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} (\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^d}{y_{r0}^d} + \sum_{t=1}^{s_2} \frac{s_t^{ud}}{y_{t0}^{ud}})} \quad (3)$$

$$s.t. \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^d = Y^d \lambda - s^d \\ y_0^{ud} = Y^{ud} \lambda - s^{ud} \\ s^- \geq 0, s^d \geq 0, s^{ud} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases}$$

این مقاله یک مدل ابر SBM غیر شعاعی و غیر زاویه ای اندازه گیری کارایی اقتصادی سبز اتخاذ می کند. در این مطالعه اطلاعات کارگاه صنعتی نفر کارکن و بیشتر، صنایع با کد سه رقمی بر اساس طبقه بندی ISIC به عنوان یک واحد تصمیم گیری (DMU) برای ایجاد مرز تولید استفاده می شود. در دوره t صنعت i از ورودی (نهاده) m استفاده می کند:

² productin possibility set

¹ Yang et al.

ایجاد می‌کند:

$$GEE_{it} = a_0 + \beta_1 MA_{it} + \varphi \sum x_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

که در آن GEFit متغیر توضیحی که کارگاه i را در دوره t نشان می‌دهد a_0 به معنای عبارت ثابت است MA_{it} به معنای متغیر توضیحی اصلی است که سطح MA کارگاه i را در دوره t نشان می‌دهد X_{it} به یک سری از متغیرهای کنترلی اشاره دارد.

$$\sum X_{it} = [HC_{it}, IND_{it}, INPD_{it}, ES_{it}, ER_{it}, RD_{it}, INTE_{it}] \quad (8)$$

HC متغیر سرمایه انسانی است که با میانگین سال‌های تحصیل کارکنان کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر نشان داده می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۹). IND متغیر سطح صنعتی شدن است با نسبت تراکم جمعیت تولیدی در تولید ناخالص داخلی مشخص می‌شود. بخش صنعتی "تولید کننده اصلی" انتشار آلاینده‌ها است. متغیر INPD نیز نشان دهنده تراکم جمعیت است که با مقدار لگاریتمی نسبت کل جمعیت هر کارگاه به کل جمعیت کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر در پایان سال؛ این متغیر برآورد می‌شود. رشد جمعیت نه تنها تقاضا برای منابع و انرژی را افزایش می‌دهد، بلکه به دلیل الگوهای توسعه نامعقول آسیب‌های زیست‌محیطی بیشتری را به همراه خواهد داشت. بدین ترتیب، تراکم جمعیت در مدل معرفی شده است. (یان و همکاران، ۲۰۲۲) همچنین متغیر ES نشان دهنده ساختار مصرف انرژی است که با نسبت مصرف برق صنعتی به کل مصرف برق مشخص می‌شود. ساختار مصرف، که بیش از حد به انرژی فسیلی وابسته است، تأثیر قابل توجهی بر تحول اقتصادی و همچنین کارایی اقتصادی سبز دارد. از نسبت مصرف برق صنعتی برای تخمین تأثیر ساختار مصرف انرژی بر GEF اعمال می‌شود. (یان و همکاران، ۲۰۲۰)

متغیر ER نشان دهنده مقررات زیست محیطی است، به طور جامع با اتخاذ روش آنتروپی با نرخ بهره برداری جامع از زباله‌های جامد صنعتی، میزان حذف دوده صنعتی، میزان حذف دی اکسید گوگرد صنعتی، نرخ تصفیه فاضلاب خانگی و نرخ تصفیه بی‌ضرر خانگی اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به افزایش هزینه تولید و کاهش سود شرکت ناشی از مقررات زیست‌محیطی، دولت احتمالاً آستانه مقررات زیست‌محیطی را آگاهانه پایین می‌آورد تا زبان‌های اقتصادی را کاهش دهد و در نتیجه باعث ایجاد «کاهش» در بین صنایع شود. (یان و همکاران، ۲۰۲۲) در این

تحقیق با اندازه‌گیری پسماندهای جامد صنعتی کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر که نشان دهنده سیستم نظارتی محیط زیست هر کشور هست علاوه بر این از اطلاعات ارزش ضایعات قابل فروش نیز استفاده شده است. متغیر RD نمایانگر زیرساخت است که با سرانه مساحت جاده نشان داده می‌شود. از آنجایی که زیرساخت می‌تواند با کاهش هزینه‌های حمل و نقل و مبادلات و ارتقای تبادل اطلاعات برابر بر بهره‌وری کل عوامل و کیفیت محیطی تأثیر بگذارد (بالداجی و همکاران، ۲۰۱۹)؛ وانگ و همکاران، (۲۰۲۱)، لازم است کنترل تأثیر آن بر کارایی توسعه سبز آن را در مدل گنجانده شود. (یان و همکاران، ۲۰۲۲) در این مدل حمل و نقل کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر به عنوان معیاری برای برآورد این متغیر استفاده شده است.

در نهایت متغیر INTE نشان دهنده نوآوری فناوری است که از هزینه ارتباطات و فناوری و هزینه تحقیقات و آزمایشگاه کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر برای نشان دادن این متغیر استفاده شده اند؛ u و v به ترتیب اثر ثابت فردی و اثر ثابت زمانی را نشان می‌دهند. ε_{it} به عبارت توزیع تصادفی اشاره دارد. (یان و همکاران، ۲۰۲۱)

۳-۳. داده‌ها و منابع آماری

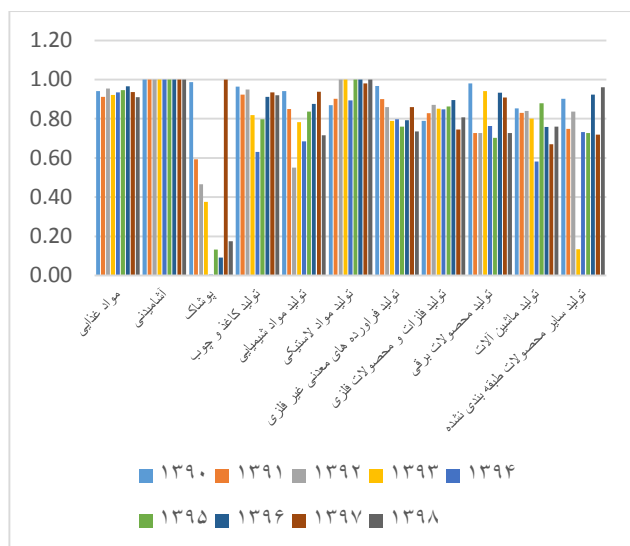
جامعه آماری این پژوهش دربرگیرنده کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن بیشتر و در سطح کد آیسیک دو رقمی نمونه آماری برای سال‌های تا خواهد بود. به طور کلی مطابق داده‌های مرکز آمار ۵ کارگاه صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر تا سال وجود دارد این نمونه آماری متشکل از دسته شامل تولید فراورده‌های مواد غذایی، تولید انواع آشامیدنی‌ها، تولید پوشاک، تولید چوب و فراورده‌های چوب، تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی، تولید مواد شیمیایی و فراورده‌های شیمیایی، تولید فراورده‌های لاستیکی و پلاستیکی، تولید سایر فراورده‌های معدنی غیر فلزی، تولید فلزات و محصولات فلزی ساخته شده، محصولات برقی، تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده در جای دیگر است که در این تحقیق آمار این کارگاه‌ها گردآوری شده است. روش جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات در این مطالعه کتابخانه‌ای خواهد بود. به این ترتیب که برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نظر از نشریات و مجلات مختلف مرکز آمار ایران استفاده شده است. داده‌های تولید ناخالص داخلی و اشتغال کل کشور ایران از بانک جهانی استخراج و سایر متغیرها از مرکز آمار ایران گردآوری شده است. همچنین در این مطالعه تجمع تولیدی (MA)، که متغیر توضیحی اصلی مقاله محسوب می‌شود، با

³ <https://amar.rg.ir/>

⁴ manufacturing agglomeratin (MA)

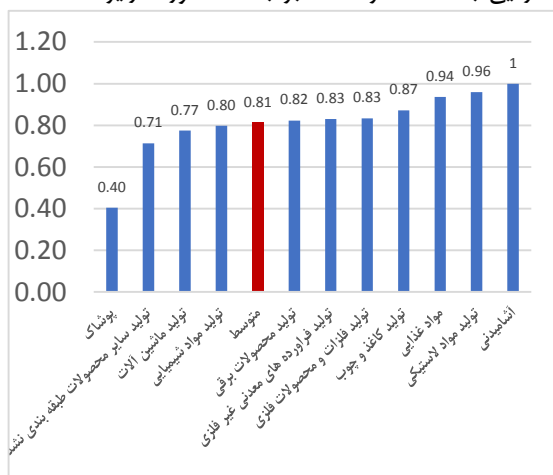
^۱ در این مطالعه برای اندازه‌گیری سرمایه انسانی بر اساس تعداد کارکنان با یک مدرک در سال‌های تحصیل سرمایه انسانی برای هر کد محاسبه شده است.

^۲ این مهم یکی از محدودیت‌های این تحقیق است.



نمودار ۱. نمودار کارایی کارگاه های ده نفر کارکن و بیشتر به تفکیک دسته
ماخذ: (محاسبات تحقیق)

بر اساس نمودار دسته آشامیدنی و تولید مواد لاستیکی در دسته های اول و دوم کارایی قرار دارند. همچنین نمودار شاخص کارایی با عملکرد سبز به صورت زیر است:



نمودار ۲. متوسط کارایی سبز طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰
ماخذ: (محاسبات تحقیق)

این نمودار نشان دهنده شاخص کارایی یا عملکرد سبز طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ را برای کارگاه صنعتی ده نفر و بیشتر کارکن را نشان می دهد. برای صنایع مختلف است. محور افقی به بخش های صنعتی اشاره دارد و محور عمودی مقادیر شاخص عملکرد (بین ۰ تا ۱) را نشان می دهد. مقدار ۱ نشان دهنده بالاترین کارایی است، و مقادیر کمتر از آن به معنای کاهش کارایی سبز در آن صنعت خاص است. تحلیل به صورت زیر ارائه می شود:

صنایع با کارایی بالا:

استفاده از شاخص آنتروپی مکان تخمین زده شده است. این روش از مزیت کاهش تأثیرات درون زناشی از تفاوت های مقیاس منطقه ای برخوردار است و توزیع MA را در ایران با دقت بیشتری توصیف می کند (ژنگ و لین، ۲۰۱۸). روش محاسبه خاص به شرح زیر است:

$$MA_{it} = \frac{ME_{it}/E_t}{\sum ME_{it}/\sum E_t} \quad (6)$$

که در آن MA_{it} سطح تجمع تولیدی کارگاه i را در دوره t نشان می دهد. ME نشان دهنده اشتغال تولیدی کارگاه i در دوره t است. E_{it} کل اشتغال کارگاه صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر در دوره t است. $\sum ME_t$ به معنای کل اشتغال تولیدی ایران در دوره t است. E کل اشتغال ایران در دوره t است. (یان و همکاران، ۲۰۲۲) در این مطالعه کارگاه های ده نفر کارکن و بیشتر در ۱۱ دسته بندی تقسیم شده است که هر دسته بندی شامل i کارگاه است که کارایی آن ها برای دوره زمانی t نیز برآورد خواهد شد.

۴. برآورد مدل

۴.۱ اندازه گیری کارایی سبز

کارایی مدل با استفاده از مدل DEA و روش SBM با کد نویسی در نرم افزار گمز برآورد شده است. در این پژوهش از دسته شامل تولید فرآورده های مواد غذایی، تولید انواع آشامیدنی ها، تولید پوشاک، تولید چوب و فرآورده های چوب، تولید کاغذ و فرآورده های کاغذی، تولید مواد شیمیایی و فرآورده های شیمیایی، تولید فرآورده های لاستیکی و پلاستیکی، تولید سایر فرآورده های معدنی غیر فلزی، تولید فلزات و محصولات فلزی ساخته شده، محصولات برقی، تولید ماشین آلات و تجهیزات طبقه بندی نشده است که کارایی هر کارگاه در هر دسته بندی به صورت سالانه بررسی شده است. در بحث کارایی بعد از برآورد سالانه کارایی، میانگین کارایی کل کارگاه ها در سال های مورد بررسی نتایج در ضمایم ارائه شده است:

زیر ساخت ها	727352.60	3367974.00
نوآوری فناوری	30220.43	63944.58
تجمع تولید	1.56	0.59
کارایی سبز	0.82	0.15
موجودی سرمایه	8709857.23	13368.812.8

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

جدول بالا آمار توصیفی متغیرهای تحقیق را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهایی مانند مصرف انرژی و میزان انتشار آلاینده‌ها دارای پراکندگی بالایی هستند، که نشان‌دهنده تفاوت زیاد بین کارگاه‌ها در این زمینه است. در مقابل، سطح تخصص شغلی و کارایی اقتصادی سبز دارای انحراف معیار پایین‌تری هستند، که بیانگر وضعیت نسبتاً مشابه کارگاه‌ها در این شاخص‌هاست. همچنین، مقررات زیست محیطی نوسان زیادی دارد، که احتمالاً ناشی از تفاوت در سیاست‌های زیست‌محیطی و توان مالی کارگاه‌ها است

قبل از برآورد مدل باید بررسی شود که آیا مدل پانل است؟ یا به عبارت دیگر آیا مدل دارای اثرات (ثابت) است یا خیر؟ بدین منظور آزمون اف‌لیمر یا چاو صورت گرفته‌است.

جدول ۳. آزمون چاو یا اف‌لیمر

آماره آزمون	درجه آزادی F	احتمال
۴۰۵۴/۸۷	F(۸,)	۰,۰۰۰

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

از آنجاکه مقدار احتمال آزمون لیمر، کوچکتر از ۰/۰ است، بنابراین، فرضیه‌ی صفر مبنی بر وجود رگرسیون پانل (رگرسیون بدون وجود اثرات ثابت) رد شده و در نتیجه، الگوی مناسب برای برآورد مدل‌های مورد بررسی، دارای اثرات ثابت بوده و به‌صورت پانل نیست. این در حالی است که براساس نتایج آزمون اف لیمر برای هر یک از فرضیه‌ها، استفاده از روش داده‌های پانل، مورد تأیید واقع شود. برای تشخیص روش مناسب (اثرات ثابت و یا اثرات تصادفی) به‌منظور برآورد مدل‌ها (تشخیص ثابت یا تصادفی بودن تفاوت‌های واحدهای مقطعی)، از آزمون هاسمن و بروش - پاگان استفاده می‌شود.

جدول ۴. نتیجه آزمون هاسمن

آماره χ^2	احتمال
۸۱۲۷/۹۹	۰/۰

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

با توجه به نتایج به‌دست آمده، مقدار احتمال آزمون هاسمن برای کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر از ۰/۰

صنعت آشامیدنی با کارایی ۱، بهترین عملکرد را در بین صنایع مورد بررسی داشته است.

صنایع تولید مواد لاستیکی (۰,۹۶) و تولید مواد غذایی (۰,۹۴) نیز کارایی بالایی دارند.

صنعت تولید کاغذ و چوب (۰,۸۷) و تولید فلزات و محصولات فلزی (۰,۸۳) نیز از سطح کارایی قابل قبولی برخوردار هستند.

صنایع با کارایی متوسط:

صنایع تولید فراورده‌های معدنی غیر فلزی، تولید محصولات برقی، تولید مواد شیمیایی و تولید ماشین آلات دارای سطح کارایی متوسطی هستند.

کارگاه‌های تولید سایر محصولات طبقه بندی نشده، کارایی نسبتاً پایینی دارد.

صنایع با کارایی پایین:

صنعت پوشاک با کارایی ۰,۴، پایین‌ترین عملکرد را در بین صنایع مورد بررسی داشته است.

میانگین کلی:

میانگین کلی کارایی کارگاه‌های صنعتی در این بازه زمانی، حدود ۰,۸۱ است. این نشان‌دهنده وجود پتانسیل برای بهبود عملکرد در بسیاری از صنایع است.

در این پژوهش، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده، از روش‌های آمار توصیفی استفاده شده‌است. سپس آزمون‌های لازم همچون هاسمن، چاو و بروش - پاگان و وابستگی مقطعی انجام شده است. پس از تأیید نتایج آزمون‌ها، نتایج برآورد نهایی گزارش شده و فرضیه‌های تحقیق نیز مورد آزمون قرار گرفته و نتایج در قالب یک مدل رگرسیونی تخمین زده می‌شود. البته با توجه به این که داده‌های این تحقیق به‌صورت تابلویی و سعی شده است تا کارایی سبز را برآورد کنیم، بنابراین، با استفاده از نرم‌افزار گمز به برآورد کارایی پرداخته خواهد شد و برای برآورد مدل و آزمون‌های تشخیصی از نرم افزار استتا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲,۴. بررسی مدل پانل

آمار توصیفی متغیرهای تحقیق در جدول زیر ارائه شده‌است

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرها

انحراف استاندارد	متوسط	
490353.14	313720.20	سرمایه انسانی
0.21	0.75	سطح صنعتی شدن
2.34	6.00	تراکم جمعیت
2045567996.00	369961305.30	مصرف انرژی
68288145.00	14863290.00	مقررات زیست محیطی

برای بررسی ایستایی متغیرهای پژوهش آزمون ریشه واحد پسران در جدول زیر صورت گرفته است.

جدول ۷. آزمون ریشه واحد پسران

*** (۱٪) یعنی متغیر در سطح اطمینان ۹۹٪ مانا است.

** (۵٪) یعنی متغیر در سطح اطمینان ۹۵٪ مانا است

* (۱۰٪) یعنی متغیر در سطح اطمینان ۹۰٪ مانا است

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

با توجه به جدول بالا متغیرهای Gef, Ind, Impd, Es, En, و Nd ایستا هستند، به این معنی که میانگین و واریانس آن‌ها در طول زمان ثابت باقی می‌ماند. متغیرهای Hc, Inte, و Mae نایستا هستند، بنابراین ممکن است نیاز به تفاضل‌گیری (First Differencing) یا تبدیل‌های دیگر داشته باشند تا ایستا شوند. متغیر mae در سطح ۱۰٪ معنادار است، بنابراین می‌تواند در برخی مدل‌ها پذیرفته شود، اما بهتر است تفاضل آن بررسی شود. برای بررسی روابط بلندمدت میان متغیرهای پژوهش آزمون هم‌انباشتگی وسترلاند در جدول زیر صورت گرفته است.

جدول ۸. نتایج آزمون هم‌انباشتگی وسترلاند

آماره آزمون (Test Statistic)	مقدار p- (p-value)	تصمیم در سطح ۵٪ (Decision at 5%)
3.45	0.012	رد H0 (Reject H0)
2.78	0.045	رد H0 (Reject H0)
1.92	0.089	عدم رد H0 (Fail to reject H0)

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

آزمون اول (Test Statistic = 3.45, p-value = 0.012): مقدار p-value کمتر از ۵٪ است، بنابراین فرضیه صفر H_0 (عدم هم‌انباشتگی) رد می‌شود. این به معنای وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای مورد بررسی است.

آزمون دوم (Test Statistic = 2.78, p-value = 0.045): مقدار p-value همچنان کمتر از ۵٪ است، بنابراین فرضیه صفر رد می‌شود و هم‌انباشتگی تأیید می‌شود.

آزمون سوم (Test Statistic = 1.92, p-value = 0.089): مقدار p-value بیشتر از ۵٪ است، بنابراین فرضیه صفر رد نمی‌شود. این نشان می‌دهد که در این سطح آزمون، هم‌انباشتگی تأیید نمی‌شود.

مطابق با جدول (۸) و مقادیر احتمال، روابط بلندمدت میان

کمتر است؛ در نتیجه، فرض صفر مبنی بر اثر تصادفی رد و فرض مقابل یعنی اثر ثابت پذیرفته می‌شود.

Variable	Statistic	p-value	Lags	Cross-sections
Gef	-3.452***	0.001	2	10
Hc	-1.234	0.108	2	10
Ind	-2.789**	0.003	2	10
Inpd	-2.101*	0.018	2	10
Inte	-0.987	0.162	2	10
Mae	-1.567	0.059	2	10
Es	-2.654**	0.005	2	10
Er	-1.890*	0.029	2	10
Rd	-3.012***	0.001	2	10
C	-4.123***	0	2	10

جدول ۵. نتیجه آزمون بروش - پاگان

آماره آزمون	احتمال
LR=	***, *

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

با توجه به نتیجه آزمون بروش - پاگان و سطح معناداری به دست آمده در هر سه سطح مورد بررسی (ده درصد، ۵ درصد و یک درصد) هیچ اثری در رگرسیون وجود ندارد. به عبارت دیگر فرضیه تلفیقی بودن رگرسیون در برابر تصادفی بودن مدل پذیرفته نمی‌شود.

در نهایت از برآورد هر سه آزمون هاسمن، چاو و بروش - پاگان می‌توان نتیجه گرفت که مدل نهایی مورد بررسی یک مدل ترکیبی با اثرات ثابت است.

برای بررسی وابستگی مقطعی آزمون وابستگی مقطعی پسران در جدول زیر صورت گرفته است.

جدول ۶. آزمون وابستگی مقطعی

Null hypothesis: No cross-section dependence (correlation)			
Test	Statistic	d.f.	Prob.
Breusch-Pagan LM	24828.6	14535	0
Pesaran scaled LM	60.37331		0
Bias-corrected scaled LM	49.68581		0
Pesaran CD	-0.63713		0.524

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

با توجه به نتایج آزمون، بین مقاطع وابستگی وجود دارد که نشان می‌دهد داده‌های مقطعی مستقل از یکدیگر نیستند. این وابستگی می‌تواند ناشی از عوامل مشترک مانند سیاست‌های اقتصادی، شرایط زیست‌محیطی، فناوری‌های مشابه یا الگوهای رفتاری کارگاه‌های صنعتی باشد.

متغیرهای پژوهش تأیید می شود.

۳.۴. برآورد مدل

برآورد مدل با استفاده از روش FGLS^۱ انجام شد.

بر اساس مدل تصریح شده در معادله‌های بالا برآورد مدل انجام شده است.

مقدار احتمال ($ z < P$)	مقدار Z	خطای استاندارد (Std. Err.)	ضرایب (Coef.)	متغیر وابسته Gef
0	4.6	0.1234	0.5678	سرمایه انسانی
0.165	-1.39	0.089	-0.1234	ارزش افزوده
0.003	2.97	0.0789	0.2345	سطح صنعتی شدن
0	4.78	0.0956	0.4567	نوآوری فناوری
0.19	-1.31	0.0678	-0.089	تجمع تولید
0	3.76	0.0854	0.321	مصرف انرژی
0	5.55	0.1023	0.5678	زیر ساخت ها
0	-5.13	0.4567	-2.3456	عرض از میدا

منبع محاسبات تحقیق

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که برخی متغیرهای اقتصادی و

زیست محیطی تأثیر معناداری بر کارایی سبز دارند.

سرمایه انسانی ($\log(hc)$):

ضریب مثبت ۰.۰۰ با سطح معناداری ۰ نشان می‌دهد که افزایش سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی سبز کارگاه‌های صنعتی دارد. این نتیجه با نظریه‌های رشد اقتصادی و صنعتی همخوانی دارد، زیرا نیروی کار ماهر بهره‌وری را افزایش داده و موجب استفاده بهینه‌تر از منابع می‌شود.

ارزش افزوده ($\log(ind)$):

ضریب ارزش افزوده نامعنا است ($P\text{-Value} = 0.165$). این نتیجه ممکن است نشان دهد که در صنایع ایران، افزایش ارزش افزوده لزوماً با بهبود کارایی سبز همراه نیست، که می‌تواند ناشی از استفاده غیر بهینه از منابع یا فناوری‌های آلاینده باشد.

سطح صنعتی شدن ($\log(indp)$):

ضریب ۰.۰۰ با سطح معناداری ۰.۰۳ نشان می‌دهد که سطح صنعتی شدن تأثیر مثبت بر کارایی سبز دارد. این نتیجه می‌تواند ناشی از بهره‌گیری صنایع پیشرفته‌تر از فناوری‌های بهینه‌تر و سازگار با محیط زیست باشد.

نوآوری فناوری ($\log(inte)$):

ضریب ۰.۰۰ با معناداری ۰ تأیید می‌کند که نوآوری فناوری به طور قابل توجهی موجب افزایش کارایی سبز می‌شود. فناوری‌های نوین غالباً مصرف انرژی و آلودگی را کاهش داده و تولید را بهینه می‌کنند.

تجمع تولید ($\log(mae)$):

ضریب منفی ۰.۰۹- (نامعنا با $P = 0.19$) نشان می‌دهد که تجمع تولید تأثیر منفی بر کارایی سبز دارد. این امر می‌تواند ناشی از تمرکز صنایع آلاینده در یک منطقه و افزایش فشار زیست محیطی باشد.

مصرف انرژی ($\log(es)$):

ضریب ۰.۰۱ با معناداری ۰ نشان می‌دهد که افزایش مصرف انرژی به بهبود کارایی سبز کمک می‌کند. این ممکن است بیانگر استفاده بهینه‌تر از انرژی یا بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در کارگاه‌های صنعتی باشد.

زیرساخت‌ها ($\log(rd)$):

ضریب ۰.۰۰ با معناداری ۰ نشان می‌دهد که بهبود زیرساخت‌ها تأثیر مثبتی بر کارایی سبز دارد. زیرساخت‌های مناسب به بهینه‌سازی حمل‌ونقل، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری انرژی کمک می‌کنند.

نتایج این مطالعه را می‌توان با ادبیات مقایسه نمود. تایج این تحقیق که به بررسی کارایی صنایع ایران در بازه ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ و تأثیر عوامل مختلف بر کارایی سبز (GEF) پرداخته، با مطالعات مشابه در سایر کشورها و پژوهش‌های داخلی مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که برخی از یافته‌های تحقیق با تحقیقات پیشین همخوانی دارد، درحالی‌که برخی نتایج،

۲. خودهمبستگی (Autocorrelation) در طول زمان برای هر مقطع وجود دارد.

۳. وابستگی مقطعی (Cross-sectional correlation) بین مقاطع مختلف محتمل است.

اگر این مشکلات در داده‌های پانلی وجود داشته باشند، OLS کارا نخواهد بود و نتایج آماری (مانند آزمون‌های t و F) ممکن است معتبر نباشند. FGLS این مشکلات را اصلاح می‌کند.

¹ Feasible Generalized Least Squares

اهمیت FGLS در داده‌های پانلی عبارتند از:

در مدل‌های داده‌های پانلی (که شامل بُد مقطعی و بُد زمانی هستند)، فرضیات کلاسیک OLS معمولاً نقض می‌شوند، زیرا:

۱. ناهمسانی واریانس (Heteroskedasticity) بین مقاطع مختلف وجود دارد.

تفاوت‌هایی را به دلیل شرایط خاص اقتصادی و زیست‌محیطی ایران نشان می‌دهند.

مقایسه روند تغییرات کارایی صنایع

مطالعات مشابه در کشورهای در حال توسعه مانند چین و هند نیز نشان داده‌اند که صنایع با فناوری بالا، معمولاً کارایی بالاتری دارند، در حالی که صنایع وابسته به مواد اولیه و انرژی، کارایی کمتری از خود نشان می‌دهند. برای مثال، تحقیقات لی و همکاران (۲۰۲۰) در چین نشان می‌دهد که صنایع فناوری محور، مانند الکترونیک و داروسازی، عملکرد بهتری در زمینه کارایی دارند، در حالی که صنایع فلزی و نساجی با کاهش بهره‌وری مواجه بوده‌اند. در این تحقیق نیز مشاهده شد که صنایع آشامیدنی و مواد لاستیکی عملکرد مطلوبی داشته‌اند، در حالی که صنایع پوشاک و فلزات عملکرد ضعیف‌تری را نشان داده‌اند.

تأثیر تجمع تولید و سرمایه انسانی بر کارایی سبز (GEF)

تحقیق حاضر نشان داد که تجمع تولید ($\log(\text{mae})$) تأثیر منفی اما نامعنا بر کارایی سبز دارد. این یافته با مطالعه پنگ و همکاران (۲۰۲۱) در مورد صنایع آسیایی همسو است، که بیان می‌کند تمرکز بالای صنایع در یک منطقه منجر به افزایش آلودگی و کاهش بهره‌وری زیست‌محیطی می‌شود.

در مقابل، سرمایه انسانی ($\log(\text{hc})$) تأثیر مثبت و معناداری بر GEF دارد (ضریب ۰.۰، سطح معناداری ۰). این نتیجه مشابه یافته‌های بالتاجی و همکاران (۲۰۱۹) است که نشان دادند^۱ توسعه سرمایه انسانی موجب بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش آلودگی می‌شود.

تأثیر مقررات زیست‌محیطی و نوآوری فناوری بر کارایی سبز یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تأثیر مقررات زیست‌محیطی بر کارایی سبز معنادار نیست. این نتیجه با مطالعه ژانگ و همکاران (۲۰۱۸) در مورد صنایع چین همخوانی دارد، که نشان داد سیاست‌های زیست‌محیطی در برخی موارد، به دلیل ضعف در اجرا، تأثیر ملموسی بر بهره‌وری سبز ندارند. برخلاف برخی تحقیقات پیشین، این مطالعه تأثیر مثبت و

معناداری برای نوآوری فناوری ($\log(\text{inte})$) بر GEF یافت (ضریب ۰.۰، سطح معناداری ۰). در حالی که پژوهش چن و همکاران (۲۰۲۴) نشان داده بود که بدون حمایت‌های مناسب، نوآوری‌ها به دلیل عدم تجاری‌سازی مؤثر، تأثیر مثبتی بر بهره‌وری زیست‌محیطی نخواهند داشت.

تأثیر تراکم جمعیت و مصرف انرژی بر کارایی سبز افزایش تراکم جمعیت (INPD) در تحقیق حاضر تأثیر منفی بر GEF داشته که با یافته‌های وانگ و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی دارد. این مطالعه نشان داده بود که افزایش جمعیت در مناطق صنعتی بدون برنامه‌ریزی، باعث افزایش مصرف انرژی و کاهش بهره‌وری سبز می‌شود.

برخلاف برخی مطالعات قبلی، این تحقیق نشان می‌دهد که مصرف انرژی ($\log(\text{es})$) تأثیر مثبت و معناداری بر کارایی سبز دارد (ضریب ۰.۱، سطح معناداری ۰). این ممکن است نشان‌دهنده بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر یا استفاده بهینه‌تر از منابع انرژی در برخی صنایع ایران باشد، در حالی که مطالعات قبلی بیشتر بر تأثیر منفی وابستگی به سوخت‌های فسیلی تأکید داشتند.

۵- نتیجه‌گیری

تحلیل کارایی صنایع ایران در بازه زمانی تا نشان می‌دهد که روند تغییرات کارایی در صنایع مختلف نوسانات چشمگیری داشته است. صنایع آشامیدنی در تمام این سال‌ها بالاترین سطح کارایی (۱) را حفظ کرده‌اند، در حالی که صنایعی مانند پوشاک و فلزات عملکرد ضعیف‌تری داشته‌اند. از سوی دیگر، تولید مواد لاستیکی در بسیاری از دوره‌ها به کارایی حداکثری رسیده است. این تغییرات تحت تأثیر عوامل اقتصادی، زیست‌محیطی و مدیریتی رخ داده است، به‌طوری که برخی صنایع روندی صعودی و برخی دیگر روندی نزولی را تجربه کرده‌اند. تحلیل ارائه شده نشان می‌دهد که عوامل متعددی بر کارایی سبز کارگاه‌های صنعتی در ایران تأثیرگذار هستند. سرمایه انسانی با ضریب مثبت و معنادار، به عنوان نیروی محرکه اصلی، نقش بسزایی در بهبود عملکرد زیست‌محیطی ایفا می‌کند، زیرا نیروی کار

¹ Baltagi et al.

ماهر و آموزش دیده، قادر به استفاده بهینه از منابع و اجرای فناوری های پاک است. با این حال، ارزش افزوده، به دلیل استفاده غیربهینه از منابع یا فناوری های آلاینده، تأثیر معناداری بر کارایی سبز ندارد. در مقابل، سطح صنعتی شدن و نوآوری فناوری، با ضرایب مثبت و معنادار، نشان می دهند که صنایع پیشرفته تر و نوآوری های تکنولوژیک، نقش کلیدی در بهبود کارایی سبز دارند. تجمع تولید، با ضریب منفی و نامعنادار، بیانگر تأثیر منفی تمرکز صنایع آلاینده در یک منطقه است، در حالی که مصرف انرژی، با ضریب مثبت و معنادار، نشان می دهد که استفاده بهینه از انرژی و بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر، به بهبود کارایی سبز کمک می کند. در نهایت، زیرساخت های مناسب، با ضریب مثبت و معنادار، نقش حیاتی در بهینه سازی حمل و نقل، کاهش ضایعات و افزایش بهره وری انرژی دارند. به طور کلی، برای بهبود کارایی سبز صنایع ایران، توجه به همه این عوامل و سرمایه گذاری در سرمایه انسانی، نوآوری فناوری و زیرساخت های پایدار ضروری است.

برای بهبود کارایی سبز کارگاه های صنعتی، باید بر سرمایه انسانی (آموزش و جذب متخصصان)، نوآوری فناوری (حمایت از تحقیق و فناوری های نوین)، زیرساخت های پایدار (حمل و نقل، پسماند، انرژی تجدیدپذیر)، و مدیریت تجمع تولید (توزیع عادلانه صنایع و نظارت) تمرکز کرد. همچنین، سیاست های تشویقی (مشوق های مالیاتی) و تنبیهی (جریمه های زیست محیطی) برای ترغیب صنایع به رعایت استانداردهای سبز ضروری است. این امر نیازمند همکاری دولت، صنایع و جامعه است.

۶. منابع و مأخذ

- Amiti, M., & Pissarides, C. A. (2005). Trade and industrial location: Theory and evidence. *Review of Economic Studies*, 72(1), 77–98. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2004.09.010>.
- Bahadini, M., sadeghi, Z. and Karimi Taklo, S. (2023). Investigating the effect of environmental regulation on the green productivity of Iran's provinces. *Journal of Industrial Economics researches*, 7(26), 33-48. doi: 10.30473/jier.2024.70278.1437(In Persian).
- Baltagi, B. H., Flores-Lagunes, A., & Karatas, H. M. (2019). The effect of education on health: Evidence from the 1997 compulsory schooling reform in Turkey. *Regional Science and Urban Economics*, 77, 205-221 <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2019.05.001>.
- Chen, X., Zhang, Y., & Wang, J. (2024). Does the smart city pilot improve urban green economic efficiency: Accelerator or hindrance? *Journal of Cleaner Production*, 413, 137485. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.137485>.
- Chen, Y., Chen, C. Y., & Hsieh, T. (2011). Exploration of sustainable development by applying green economy indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 182, 279–289. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-1875-3>.
- Cheng, Z., Li, L., & Liu, J. (2018). Industrial structure, technical progress and carbon intensity in China's provinces. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2935-2946 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.103>.
- Ciccone, A., & Hall, R. E. (1993). Productivity and the Density of Economic Activity. *American Economic Review*, 86(1), 54-70 DOI 10.3386/w4313.
- Dong, B. M., Gong, J. D., & Zhao, X. (2012). FDI and environmental regulation: Pollution haven or a race to the top? *Journal of Regulatory Economics*, 41(2), 216–237. <https://doi.org/10.1007/s11149-011-9162-3>.
- Eslami Giski S, Salimifar M, Esifi A. (2022). The Effect of Industrial Agglomeration on Pollution Agglomeration: Spatial Econometric Approach. *JEPR*. 27(1), 155-176. doi:10.52547/jpbud.27.1.155(In Persian).
- falahati, A. , Baghfalaki, A. and Almasi, M. (2023). Diversification of Industrial Activities and Income Inequality in the Provinces of Iran. *Journal of Industrial Economics researches*, 7(23), 22-36. doi: 10.30473/jier.2023.67140.1375(In Persian).
- Ghiyasi, H. and Sheikhzeinoddin, A. (2022). Measurement of eco-efficiency of wheat based on water footprint. *Agricultural Economics*, 16(3), 1-31. doi: 10.22034/iaes.2022.547974.1909(In Persian).
- Gholami, N., Sadeghi, Z., & Jalaei, S. A. (2019). Energy efficiency and the abatement cost of marginal carbon dioxide emission in Iranian cities. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 8(30), 107-125(In Persian).
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499. <https://doi.org/10.1086/261763>.
- Li, C., Qi, Y., Liu, S., & Wang, X. (2022). Do carbon ETS pilots improve cities' green total factor productivity? Evidence from a quasi-natural experiment in China. *Energy Economics*, 108, 105931.
- Li, C., Qi, Y., Liu, S., & Wang, X. (2022). Do carbon ETS pilots improve cities' green total factor productivity? Evidence from a quasi-natural experiment in China. *Energy Economics*, 108, 105931.
- Lin, H.-L., Li, H.-Y., & Yang, C.-H. (2011). Agglomeration and productivity: Firm-level evidence from China's textile industry. *China Economic Review*, 22(3), 313–329. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2011.03.003>.
- Lin, S., Zhou, Z., Hu, X., Chen, S., & Huang, J. (2024). How can urban economic complexity promote green economic growth in China? *Journal of Cleaner Production*, 450, 141807 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141807>.
- Liu, W., Yang, X., Zhang, J., Wu, X., & Wan, L. (2024). The spatiotemporal evolution of the effect of industrial agglomeration on industrial green economic efficiency: Empirical evidence from pollution-intensive industries in China. *Environment, Development and Sustainability*, 26(4), 9945–9972 <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03128-w>.
- Liu, Y., & Dong, F. (2021). How technological innovation impacts urban green economy efficiency in emerging economies: A case study of 278 Chinese cities. *Resources, Conservation and*

- Recycling, 169, 105534
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105534>
[et rights and content.](#)
- Marshall, A. (1920). Principles of economics. Macmillan. London: Mac-Millan
- Martin, R., & Sunley, P. (2003). "Deconstructing clusters: Chaotic concept or policy panacea?" *Journal of Economic Geography*, 3(1), 5-35
<https://doi.org/10.1093/jeg/3.1.5>.
- Nasrollahi, M., & Fathi, M. R. (2020). Eco-innovation and cleaner production as sustainable competitive advantage antecedents: The mediating role of green performance. *International Journal of Business and Innovation Research*.
<https://doi.org/10.1504/IJBIR.2020.107978>(In Persian).
- Pan, K., Liu, R., Chen, X., & Huang, Y. (2023). How Does Industrial Agglomeration Affect Exports? Evidence from Chinese Province-Industry Panel Data. *Sustainability*, 15(13), 9902.
<https://doi.org/10.3390/su15139902>.
- Pearce, D., Barbier, E., Markandya, A., Barrett, S., Turner, R. K., & Swanson, T. (2013). *Blueprint 2: Greening the world economy*. Taylor & Francis.
<https://doi.org/10.4324/9781315070247>.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Tizhoosh, M., & Feili, A. (2020). Identifying and Ranking Green Production Ideals in the Automotive Industry with an Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach. *New Research Approaches in Management and Accounting*, 4(12), 1-16. Retrieved from
<https://majournal.ir/index.php/ma/article/view/362>
(In Persian).
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European journal of operational research*, 130(3), 498-509
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5). ♦۲
- Walker, N. L., Williams, A. P., & Styles, D. (2020). Key performance indicators to explain energy & economic efficiency across water utilities, and identifying suitable proxies. *Journal of Environmental Management*, 269, 110810
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110810>.
- Wang, Y., Guo, Z., & Han, J. (2021). The relationship between urban heat island and air pollutants and them with influencing factors in the Yangtze River Delta, China. *Ecological Indicators*, 129, 107976
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107976>.
- Yuan, H., Feng, Y., Lee, C. C., & Cen, Y. (2020). How does manufacturing agglomeration affect green economic efficiency?. *Energy Economics*, 92, 104944
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104944> .
- Yuan, H., Zhang, T., Hu, K., Feng, Y., Feng, C., & Jia, P. (2022). Influences and transmission mechanisms of financial agglomeration on environmental pollution. *Journal of Environmental Management*, 303, 114136
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114136>
6.

۷. ضمایم

میانگین کارایی کارگاه های ده نفر کارکن و بیشتر به تفکیک دسته ها و سال

	میانگین کارایی											
	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	متوسط ده ساله
دسته												
مواد غذایی	0.94	0.91	0.95	0.92	0.93	0.95	0.97	0.94	0.91	0.90	0.91	0.936
آشامیدنی	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.000
پوشاک	0.99	0.59	0.47	0.38	0	0.13	0.09	۱۰۰	0.18	0.18	0.5	13.910
تولید کاغذ و چوب	0.96	0.92	0.95	0.82	0.63	0.8	0.91	0.94	0.92	0.9	0.86	0.874
تولید مواد شیمیایی	0.94	0.85	0.55	0.78	0.68	0.84	0.88	0.94	0.72	0.68	0.6	0.769
تولید مواد لاستیکی	0.87	0.9	1	1	0.89	1	1	0.98	1	0.98	0.96	0.804
تولید فراورده های معدنی غیر فلزی	0.97	0.9	0.86	0.79	0.8	0.76	0.79	0.86	0.74	0.64	0.91	0.820
تولید فلزات و محصولات فلزی	0.79	0.83	0.87	0.85	0.85	0.86	0.9	0.74	0.81	0.76	0.77	0.821
تولید محصولات برقی	0.98	0.73	0.73	0.94	0.76	0.7	0.93	0.91	0.73	0.78	0.86	0.823
تولید ماشین آلات	0.85	0.83	0.84	0.8	0.58	0.88	0.76	0.67	0.76	0.83	0.75	0.777
تولید سایر محصولات طبقه بندی نشده	0.9	0.75	0.84	0.39	0.73	0.73	0.92	0.72	0.96	0.97	0.95	0.805

ماخذ: (محاسبات تحقیق)