Industrial Economics Researches Open Access

Autumn (2024) 8(29): 19-36
DOI: 10.30473/jier.2025.73645.1490

ORIGINAL ARTICLE

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

Azam Heidari Ayeneh[1], Zeinolabedin Sadeghi[2*], Sayyed Abdolmajid Jalaee[3]

1. Master of Energy Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Associate Professor in the Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Professor in the Department of Economics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

Corresponding Author:
Zeinolabedin Sadeghi
Email: z_sadeghi@uk.ac.ir

Received: 31 Jan 2025
Accepted: 22 May 2025

How to cite
Heidari Ayeneh, A., Sadeghi, Z. & Jalaee, S.A. (2024). Investigating the Impact of Manufacturing Agglomeration on Green Economic Efficiency of Industrial Workshops with Ten or More Employees. Industrial Economics Researches, 8(29), 19-36. (DOI: 10.30473/jier.2025.73645.1490)

ABSTRACT

With the increasing 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. The analysis of Iran's industrial efficiency during the mentioned period shows significant fluctuations in the productivity of various industries. The beverage industry has consistently shown the highest efficiency, while sectors such as clothing and metals have demonstrated weaker performance. Human capital plays a crucial role in improving the green efficiency of Iran's industries, serving as the main driving force by 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. Suitable infrastructure, by improving transportation and reducing waste, enhances energy efficiency. Ultimately, improving the green efficiency of Iran's industries needs 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

Copyright © 2024 The Authors. Published by Payame Noor University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

پژوهش‌های اقتصاد صنعتی

سال هشتم، شماره بیست‌ونهم، پاییز ۱۴۰۳ (۳۶-۱۹)

DOI: 10.30473/jier.2025.73645.1490

«مقاله پژوهشی»

بررسی تاثیر تجمع تولید بر کارایی اقتصادی سبز کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر[1]

اعظم حیدری آینه[1]، زین‌العابدین صادقی[2*]، سید عبدالمجید جلایی[3]

۱. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲. دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

نویسنده مسئول:
زین‌العابدین صادقی
رایانامه: z_sadeghi@uk.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

استناد به این مقاله:
حیدری آینه، اعظم؛ صادقی، زین‌العابدین و سید جلایی، عبدالمجید (۱۴۰۳). بررسی تاثیر تجمع تولید بر کارایی اقتصادی سبز کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر. پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۸(۲۹)، ۳۶-۱۹.
(DOI:10.30473/jier.2025.73645.1490)

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 ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ را بر کارایی سبز بررسی کرده است. تحلیل کارایی صنایع ایران در بازه مذکور نشان می‌دهد که نوسانات قابل‌توجهی 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 این‌حال، 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 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.

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

طبقه‌بندی JEL: L11, L25, Q56

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

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

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[1]) 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 به‌طور گسترده در سطح بین‌المللی مورد توجه قرار گرفته است و بسیاری از کشورها، با تدوین سیاست‌های اقتصادی سبز و اجرای اقدامات حمایتی، مسیر توسعه پایدار را دنبال کرده‌اند (وانگ و همکاران[2]، ۲۰۲۱).

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[3]، ۲۰۲۴).

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[4]، 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[5]).

در این راستا،کارائی اقتصادی سبز[6](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). براساس دیدگاه پیرس و همکاران (۲۰۱۳)، اقتصاددان برجسته بریتانیایی محیط‌زیست و توسعه اقتصادی باید هم برای محیط‌زیست و هم برای جوامع انسانی پایدار باشد؛ به‌گونه‌ای که کاهش منابع طبیعی، تداوم رشد اقتصادی را تهدید نکند. در این میان، GEF می‌تواند با درنظر 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 اقتصادی کارآمدتر برای بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش آثار زیست‌محیطی در مناطق صنعتی مؤثر باشند.

در این پژوهش، به بررسی تأثیر تجمع تولید (MA[7])[8] 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، به‌طوری‌که بخش بزرگی از تولید در اختیار تعداد کمی از شرکت‌ها یا کارخانه‌ها قرار می‌گیرد (کروگمن، ۱۹۹۱). این پژوهش تلاش می‌کند تا تأثیر تجمع

---

1. United Natins Envirnment Prgramme (UNEP)
2. Wang et al
3. Lin et al.
4. Yuan et al
5. Chen et al.
6. Green Ecnmic Efficiency
7. Manufacturing Cncentratin
8. تجمع صنعتی (Industrial Agglmeratin):
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 Cncentratin):
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.

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 زیست‌محیطی است.

۲- ادبیات موضوع

در دنیایی که به طور فزاینده‌ای به‌هم پیوسته و از نظر زیست‌محیطی آگاه‌تر می‌شود، دستیابی به رشد اقتصادی باید با الزامات پایداری زیست‌محیطی هماهنگ باشد. رشد کنترل‌نشده‌ی 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 محیط‌زیست، نیازمند توجه فوری و اقدامات عملی هستند.

در نقطه‌ی تلاقی پیشرفت اقتصادی و حفظ محیط‌زیست، روشن است که یک تغییر اساسی در رویکرد ما ضروری است. مانع اصلی در دستیابی به تعادل پایدار میان توسعه اقتصادی و استفاده‌ی 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 محیط‌زیست محقق شود. تدوین راهکارهایی که هم رشد اقتصادی را تحریک کند و هم پایداری زیست‌محیطی 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 استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی دارد. بنابراین، ایجاد سازوکارهای نوین برای ترویج توسعه‌ی سبز، کلید دستیابی به رشد اقتصادی باکیفیت و پایدار است (چن و همکاران[1]، ۲۰۲۴) 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 درنظر می‌گیرد. به عبارت دیگر، براساس صرفه اقتصادی، با درنظر گرفتن بیشتر مصرف انرژی و زیان‌های زیست‌محیطی، بازده اقتصادی «سبز» حاصل می‌شود.(چن و همکاران[2]، ۲۰۲۴) 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.

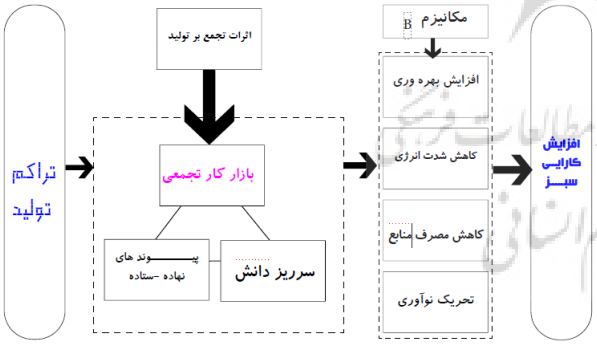
این مفهوم، ترکیبی از کارایی اقتصادی است که منابع، ورودی‌های محیطی (مانند منابع طبیعی، کیفیت هوا و آب) و خروجی‌های نامطلوب (مانند آلودگی هوا، آلودگی آب و تولید گازهای گلخانه‌ای) را به طور همزمان درنظر می‌گیرد.

۳. جنبه سوم: هدف نهایی توسعه انسانی

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

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

توسعه اقتصاد 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

1. Chen et al.

2. Chen et al.

این است که افزایش سطح تراکم صنعتی تأثیر مثبتی بر افزایش GEF دارد. مارشال[1] (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[2]، 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.

براساس نظریه‌های رشد درون‌زا (رومر،[3] ۱۹۸۶) و جغرافیای اقتصادی جدید (کروگمن، ۱۹۹۱[4])، تجمع اقتصادی مزایایی همچون افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های مبادلاتی، و ارتقای 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[5]، 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

براساس 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)[6]، 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.

٤. نقش رقابت در ارتقای بهره‌وری

براساس نظریه مزیت رقابتی (پورتر، ۱۹۹۰[7])، 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[8]). در نتیجه، این فرآیند منجر به افزایش بهره‌وری تولید و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود.

۵. تأثیر اقتصاد مقیاس

مطابق نظریه اقتصاد مقیاس (ژو و همکاران، ۲۰۱۹[9])، 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.

٦. توسعه سرمایه انسانی

بر اساس نظریه سرمایه انسانی (پان و همکاران، ۲۰۲۳[10])، 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 اینجا با تفکیک این مطالعات به دو بخش داخلی و خارجی پرداخته می‌شود.

یان[11] 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

1. Marshall
2. Ciccone and Hall
3. Rmer
4. Krugman
5. Amiti & Pissarides
6. Martin and Sunley
7. Prter
8. Dng et al.
9. Zhu
10. Pan.
11. Yuan.

تولید (MA) و کارایی اقتصادی سبز (GEF) به صورت 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[1] 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 محیط‌زیست 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 همگرایی سبز شده‌اند.

لی[2] 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 قابل‌توجهی 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[3](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[4](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 تجمیع استعدادها، توسعه مالی مناسب، تراکم جمعیتی پایین، زیرساخت‌های شبکه‌ای پیشرفته و گسترش شهری قابل‌توجه‌تر است.

لین[5] و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان «چگونه پیچیدگی اقتصادی شهری می‌تواند باعث رشد اقتصادی سبز در چین شود؟» با استفاده از مجموعه داده‌های پانل چین از سال تا، تأثیر و مکانیسم‌های پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی سبز (GEG[6]) 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. به طور خاص، افزایش یک انحراف استاندارد در پیچیدگی اقتصادی، منجر به رشد ۲.۱ درصدی در بهره‌وری کل عوامل سبز (GTFP[7]) می‌شود.

غلامی و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با این عنوان به کارایی انرژی و هزینه نهایی کاهش دی‌اکسیدکربن در نواحی شهری ایران پرداخته اند. این مطالعه از اطلاعات سری های زمانی سال‌های تا صورت گرفته است. هدف اصلی این پژوهش اندازه‌گیری کارایی انرژی و کاهش هزینه نهایی دی اکسید کربن در منطقه‌های شهری ایران است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که مناطقی که بالاترین میزان کارایی انرژی را دارند، کاهش دی‌اکسید 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 شیراز، جمع‌آوری و با بهره‌گیری از تکنیک AHP اولویت‌بندی شدند. نتایج حاصل نشان می‌دهد آرمان استفاده حداقلی از مواد اولیه مضر برای محیط‌زیست با وزن ۰/ رتبه اول، آرمان افزایش

1. Zha
2. Li.
3. Kengkan et al.
4. Chen et al.
5. Lin.
6. Green Ttal Factr Prductivity
7. Green Ecnmic Grwth

ابتکارات برای کاهش اثرات زیست‌محیطی با وزن /۰ رتبه دوم و آرمان کاهش تولید ضایعات با وزن /۰ رتبه سوم را به خود اختصاص داده‌اند.

اسلامی گیسکی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی تاثیر تراکم صنعتی بر تراکم آلودگی: رهیافت اقتصادسنجی فضایی با استفاده از شواهد آماری کشورهای منتخب منا 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 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 زین‌الدین (۱۴۰۱) در مقاله‌ای تحت عنوان سنجش کارایی اقتصادی–محیط‌زیستی 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 خراسان‌رضوی کمترین میانگین کارایی و استان‌های گیلان، سیستان‌وبلوچستان، مازندران و ایلام به ترتیب بیشترین کارایی اقتصادی–محیط‌زیستی تولید گندم را به خود اختصاص داده‌اند.

بهاءالدینی، صادقی و کریمی تکلو (۱۴۰۲) تأثیر مقررات زیست‌محیطی بر بهره‌وری سبز در ۳۱ استان ایران طی سال‌های ۱۳۹۵–۱۴۰۰ را بررسی کرده اند. با استفاده از تابع فاصله جهت‌دار غیرشعاعی و داده‌های سرمایه، نیروی کار، تولید ناخالص داخلی، آلودگی و تنظیم‌گری زیست‌محیطی، نتایج نشان داد که مقررات زیست‌محیطی 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.

فلاحتی 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 براساس 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 روش ناپارامتریک وجود دارد. روش پارامتریک با روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) معرفی شده توسط آگنر و همکاران[1] 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[2])

روش DEA یک مفهوم برنامه‌ریزی خطی براساس 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[3]، ۲۰۱۸). مدل اندازه‌گیری آن را می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: شعاعی و زاویه ای، غیرشعاعی و زاویه‌ای، شعاعی و غیر زاویه‌ای، غیر شعاعی و غیرزاویه‌ای. 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 درنظر گرفتن ورودی یا خروجی است. مدل سنتی DEA معمولا شعاعی یا زاویه‌ای است. بدون درنظر 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[4]، ۲۰۰۱).

1. Aigner
2. Walker
3. Cheng et al.
4 Tone

در حال حاضر، تفکر اصلی پشت استفاده از مدل‌های DEA برای اندازه‌گیری کارایی اقتصاد سبز و مفاهیم مرتبط با آن، گنجاندن عوامل محیطی و منابع در مدل، چه به عنوان ورودی و چه به عنوان خروجی است. این به طور خاص به دو روش زیر پردازش می‌شود:

(۱) درنظر گرفتن آلودگی زیست‌محیطی به عنوان هزینه و درنظر گرفتن آن به عنوان یک عامل ورودی.

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

۲-۳. روش تحلیل پوششی-SBM

در این مطالعه یک مدل غیرشعاعی. غیر زاویه‌ای معیار متغیر کمکی مدل اندازه گیری (SBM[1]) 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[2]).

مدل Super-SBM با درنظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب امروزه، انواع مختلفی از مدل‌های Super-SBM و مدل‌های DEA وجود دارد که خروجی‌های نامطلوب را درنظر می‌گیرند. مدل‌های سنتی DEA یا ورودی‌گرا یا خروجی‌گرا هستند، و بنابراین افزونگی درنظر گرفتن همزمان ورودی و خروجی را ندارند. به منظور کارآمدتر کردن DMUهای 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 درنظر گرفته شوند.

مدل SBM معرفی شده توسط تونی[3](۲۰۲۱) می‌تواند کاهش ورودی و افزایش خروجی را به طور همزمان پردازش کند و ورودی و خروجی نیازی به تغییر متناسب ندارند. با این‌حال، مدل‌های SBM نمی‌توانند خروجی‌های نامطلوب را مدیریت کنند، و اجتناب از وضعیت داشتن چندین DMU با بازدهی کامل (مقدار بازده ۱) در مقادیر بازده به دست آمده از مدل‌های کاربردی SBM دشوار است، بنابراین انجام ارزیابی و ارزیابی غیرممکن می‌شود. ترکیب نتایج از سوی دیگر، Super-SBM که خروجی‌های نامطلوب را درنظر می‌گیرد، کار بسیار خوبی برای حل سه مشکل ذکر شده در بالا انجام می‌دهد. با توجه به مزایای متعدد Super-SBM، مطالعه حاضر از این مدل برای انجام محاسبه کارایی اقتصادی سبز استفاده می‌کند.

با توجه به مطالعه یانگ و همکاران[4](۲۰۲۰) با فرض وجود n واحد تصمیم‌گیری (DMU)، و هر DMU دارای m نوع عامل ورودی است که s1 نوع خروجی مطلوب و s2 نوع خروجی نامطلوب تولید می‌کند، و اگر از سه بردار برای بیان عوامل مرتبط وجود داشته باشد، سپس ماتریس را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n] \epsilon R^{m\times n}, Y^d = \left[y_1^d, y_2^d, \dots, y_n^d\right] \epsilon R^{s_1\times n}, Y^{ud} = \left[y_1^{ud}, y_2^{ud}, \dots, y_n^{ud}\right] \epsilon R^{s_2\times n} \quad (۱)$$

مجموعه امکان تولید[5] (PPS) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$P(x) = \{(y^d, y^{ud}) | x\ produce(y^d, y^{ud}), x \geq X\lambda, y^d \leq Y^d\lambda, y^{ud} \leq Y^{ud}\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (۲)$$

---

۱. 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 غیرشعاعی: 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 درنظر بگیرد.

• درنظر گرفتن خروجی‌های نامطلوب: مدل SBM می‌تواند خروجی‌های نامطلوب (مانند آلودگی یا ضایعات) را در تحلیل کارایی در نظر بگیرد.

• رتبه‌بندی واحدهای کارا: مدل SBM می‌تواند واحدهای کارا را براساس 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:

مدل SBM در زمینه‌های مختلفی کاربرد دارد، از جمله:

• ارزیابی عملکرد سازمان‌ها و شرکت‌ها

• تحلیل کارایی بانک‌ها و موسسات مالی

• ارزیابی عملکرد بخش‌های دولتی

• تحلیل کارایی زنجیره تامین

• ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی

2. Yuan et Al.
3. Tone
4. Yang et al.
5. prductin pssibility set

در فرمول بالا، λ بردار شدت غیرمنفی است که نشان می‌دهد تعریف فوق با شرط بازده ثابت به مقیاس مطابقت دارد. براساس PPS بالا، یک مدل SBM که خروجی‌های نامطلوب را درنظر می‌گیرد می‌تواند به صورت زیر بیان شود(یانگ و همکاران، ۲۰۲۲):

$$\beta = min \frac{1 - \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1+s_2}\left(\sum_{r=1}^{s_1}\frac{s_r^d}{y_{r0}^d} + \sum_{t=1}^{s_2}\frac{s_r^{ud}}{y_{t0}^{ud}}\right)}$$
$$\begin{cases} s.t\ x_0 = X\lambda + s^- \\ y_o^d = y^d\lambda - s^d \\ y_o^{ud} = y^{ud}\lambda - s^{ud} \\ s^- \geq 0, s^d \geq 0, s^{ud} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (۳)$$

این مقاله یک مدل ابر SBM غیر شعاعی و غیر زاویه‌ای را اندازه‌گیری کارایی اقتصاد سبز اتخاذ می‌کند. در این مطالعه از اطلاعات کارگاه صنعتی نفر کارکن و بیشتر، صنایع با کد سه رقمی براساس طبقه‌بندی ISIC به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری (DMU) برای ایجاد مرز تولید استفاده می‌شود. در دوره t صنعت i از ورودی (نهاده) m استفاده می‌کند:

$$x_{it} = (x_{1it}, \dots x_{mit}) \in R_n^+ \quad (۴)$$

برای تولید n محصول موردانتظار $y_{it}^d = (y_{1it}^d \dots . y_{nit}^d) \in R_n^+$ و g ها برای محصول غیر منتظره $y_{it}^u = (y_{1it}^u \dots y_{nit}^u)$ همه عوامل تولید و نهاد ضروری هستند و مخالف صفر می‌باشند. وزن مقادیر مشاهده شده کارگاه wi 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 درنظر گرفته شده است.

$$p^t = \begin{cases} (X_{it}, Y_{it}^d, y_{it}^u) | x_{jit} \geq \sum_{i=1}^{i} w_i^t x_{jit}, \forall j \\ y_{kit}^d \leq \sum_{i=1}^{i} w_i^t y_{kit}^d, \forall k \\ y_{rit}^u \leq \sum_{i=1}^{i} w_i^t y_{rit}^u, \forall r: w_i^t \geq 0, \forall i \end{cases} \quad (۵)$$

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

$$\rho_{0t}^* = min \frac{1 - \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{s_{jt}^-}{x_{jt0}}}{1 + \frac{1}{n+g}\left[\sum_{k=1}^{n}\frac{s_{kt}^d}{y_{kt0}^d} + \sum_{r=1}^{g}\frac{s_{rt}^g}{y_{rt0}^g}\right]}$$
$$s.t \begin{cases} x_{jt0} = \sum_{j=1}^{p} w_i^t x_{jit}^d + s_{jt}^- \\ y_{kt0}^d = \sum_{i=1}^{p} w_i^t y_{kit}^d - s_{kt}^d \\ y_{rt0}^g = \sum_{i=1}^{p} w_i^t y_{rit}^u + s_{rt}^g \\ s_{jt}^- > 0, s_{kt}^d > 0, s_{rt}^g > 0, w_i^t > 0 \end{cases} \quad (۶)$$

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

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی

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

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

با توجه به تحلیل نظری بالا، این مقاله مدل سنجش زیر را ایجاد می‌کند:

(۷)

$$GEE_{it} = a_0 + \beta_1 MA_{it} + \varphi \sum xit + u_i + v_t + \varepsilon_{it}$$

که در آن GEFit متغیر توضیحی که GEF کارگاه i را در دوره t نشان می‌دهد a_o 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.

(۸)

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

HC متغیر سرمایه انسانی است که با میانگین سال‌های تحصیل کارکنان کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر نشان داده می‌شود[۱] (لیو و

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.

همکاران، ۲۰۱۹). IND متغیر سطح صنعتی شدن است با نسبت تراکم جمعیت تولیدی در تولید ناخالص داخلی مشخص می‌شود. بخش صنعتی "تولیدکننده اصلی" انتشار آلاینده‌ها است. متغیر INPD نیز نشان‌دهنده 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 نشان‌دهنده 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)

متنغیر ER نشان‌دهنده مقررات زیست‌محیطی است، به طور جامع با اتخاذ روش آنتروپی با نرخ بهره‌برداری جامع از زباله‌های جامد صنعتی، میزان حذف دوده صنعتی، میزان حذف دی اکسید گوگرد صنعتی، نرخ تصفیه فاضلاب خانگی و نرخ تصفیه بی ضرر 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 زیان‌های 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 نشان‌دهنده سیستم نظارتی محیط‌زیست هر کشور هست علاوه بر این از اطلاعات ارزش ضایعات قابل فروش نیز استفاده شده است[1]. 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 نشان‌دهنده 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 شده‌اند؛ 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[2] 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 غیرفلزی، 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 گرداوری شده است. همچنین در این مطالعه تجمع تولیدی(MA)[3] ، که متغیر توضیحی اصلی مقاله محسوب می‌شود، با استفاده از شاخص آنتروپی مکان تخمین زده شده است. این روش از مزیت کاهش تأثیرات درون‌زا ناشی از تفاوت‌های مقیاس منطقه‌ای برخوردار است و توزیع MA را در ایران با دقت بیشتری توصیف می‌کند (ژنگ و لین، ۲۰۱۸). روش محاسبه خاص به شرح زیر است:

(۶)

$$MA_{it} = \frac{ME_{it}/E_t}{\sum ME_{it}/\sum E_t}$$

که در آن MA_{it} سطح تجمع تولیدی کارگاه i را در دوره t نشان می‌دهد .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 . ΣME_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

۱. این مهم یکی از محدودیت‌های این تحقیق است.

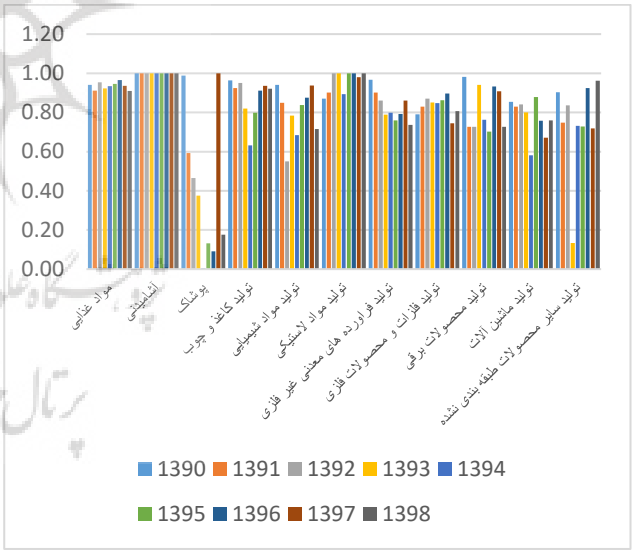
2. https://amar.rg.ir/
3. anufacturing agglmeratin (MA)

کارگاه‌های ده‌نفر کارکن و بیشتر در ۱۱ دسته‌بندی تقسیم شده است که هر دسته‌بندی شامل i کارگاه است که کارایی آن ها برای دوره زمانی t نیز براورد خواهد شد.

٤. برآورد مدل

١.٤ اندازه‌گیری کارایی سبز

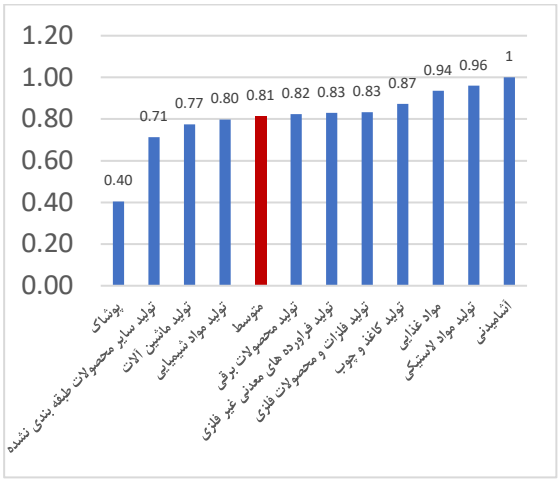
کارایی مدل با استفاده از مدل DEA و روش SBM با کدنویسی در نرم‌افزار گمز براورد شده است. در این پژوهش از دسته شامل تولید فراورده‌های مواد غذایی، تولید انواع آشامیدنی‌ها، تولید پوشاک، تولید چوب و فراورده‌های چوب، تولید کاغذ و فراورده‌های کاغذی، تولید مواد شیمیایی و فراورده‌های شیمیایی، تولید فراورده‌های لاستیکی و پلاستیکی، تولید سایر فراورده‌های معدنی غیر فلزی، تولید فلزات و محصولات فلزی ساخته شده، محصولات برقی، تولید ماشین‌آلات و تجهیزات طبقه‌بندی نشده است که کارایی هر کارگاه در هر دسته‌بندی به صورت سالانه بررسی شده است. در بحث کارآیی بعد از براورد سالانه کارایی، میانگین کارایی کل کارگاه‌ها در سال‌های مورد بررسی نتایج در ضمایم ارائه شده است:



نمودار ۱. نمودار کارایی کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر به تفکیک دسته

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

براساس نمودار دسته آشامیدنی و تولید مواد لاستیکی در دسته‌های 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 نشان‌دهنده شاخص کارایی یا عملکرد سبز طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ را برای کارگاه صنعتی ده نفر و بیشتر کارکن را نشان می‌دهد. برای صنایع مختلف است. محور افقی به بخش‌های صنعتی اشاره دارد و محور عمودی مقادیر شاخص عملکرد (بین ۰ تا ۱) را نشان می‌دهد. مقدار ۱ نشان‌دهنده بالاترین کارایی است، و مقادیر کمتر از آن به معنای کاهش کارایی سبز در آن صنعت خاص است. تحلیل به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

صنایع با کارایی بالا:

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 ماشین‌آلات دارای سطح کارایی متوسطی هستند.

کارگاه‌های تولید سایر محصولات طبقه‌بندی 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، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده، از روش‌های آمار توصیفی استفاده شده است. 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 این‌که داده‌های این تحقیق به صورت تابلویی و سعی شده است تا کارایی سبز را برآوردکنیم، بنابراین، با استفاده از نرم‌افزار گمز به برآورد کارایی پرداخته خواهد شد و برای برآورد مدل و آزمون‌های تشخیصی از نرم‌افزار استتا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲.٤. بررسی مدل پانل

آمار توصیفی متغیرهای تحقیق در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرها

	متوسط	انحراف استاندارد
سرمایه انسانی	۳۱۳۷۲۰	۴۹۰۳۵۳
سطح صنعتی شدن	۰.۷۵	۰.۲۱
تراکم جمعیت	۶	۲.۳۴
مصرف انرژی	۳۶۹۹۶۱۳۰۵	۲۰۴۵۵۶۷۹۹۶
مقررات زیست‌محیطی	۱۴۸۶۳۲۹۰	۶۸۲۸۸۱۴۵
زیرساخت‌ها	۷۲۷۳۵۲	۳۳۶۷۹۷۴
نوآوری فناوری	۳۰۲۲۰	۶۳۹۴۴
تجمع تولید	۱.۵۶	۰.۵۹
کارایی سبز	۰۸۲	۰۱۵
موجودی سرمایه	۸۷۰۹۸۵۷	۱۳۳۶۸

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 زیست‌محیطی 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 گرفته است.

جدول ۳. آزمون چاو یا اف‌لیمر

آماره آزمون	درجه آزادی F	احتمال
۴۰۵۴/۸۷	F(۸ ,)	۰.۰۰۰

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

از آنجا که مقدار احتمال آزمون لیمر، کوچک‌تر از 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 به صورت پانل نیست. این درحالی است که براساس نتایج آزمون اف لیمر برای هریک از فرضیه‌ها، استفاده از روش داده‌های پانل، مورد تأیید واقع شود. برای تشخیص روش مناسب (اثرات ثابت و یا اثرات تصادفی) به منظور 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 به دست آمده، مقدار احتمال آزمون هاسمن برای کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر از ۰/ کمتر است؛ در نتیجه، فرض صفر مبنی بر اثر تصادفی رد و فرض مقابل یعنی اثر ثابت پذیرفته می‌شود.

جدول ۵. نتیجه آزمون بروش- پاگان

آماره آزمون	احتمال
LR	۰.۰۰۰

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 دربرابر تصادفی بودن مدل پذیرفته نمی‌شود.

در نهایت از براورد 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 ازمون وابستگی مقطعی پسران در جدول زیر صورت گرفته است.

جدول ٦. آزمون وابستگی مقطعی

Null hypothesis: No cross-section dependence (correlation)			
Test	Statistic	d.f.	Prob.
Breusch-Pagan LM	۲۴۸۲۸	۱۴۵۳۵	۰
Pesaran scaled LM	۶۰		۰
Bias-corrected scaled LM	۴۹		۰
Pesaran CD	-۰.۶۳		۰.۵۲۴

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.

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

جدول ۷. آزمون ریشه واحد پسران

Cross-sections	Lags	p-value	Statistic	Variable
Gef	***-۳.۴	۰.۰۰۱	۲	۱۰
Hc	-۱.۲	۰.۱۰۸	۲	۱۰
Ind	**-۲.۸	۰.۰۰۳	۲	۱۰
Inpd	*۲-	۰.۰۱۸	۲	۱۰
Inte	۱-	۰.۱۶۸	۲	۱۰
Mae	-۱.۶	۰.۰۵۹	۲	۱۰
Es	**-۲.۶-	۰.۰۰۵	۲	۱۰
Er	*-۱.۹	۰.۰۲۹	۲	۱۰
Rd	***۳-	۰.۰۰۱	۲	۱۰
C	***۴-	۰	۲	۱۰

*** (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 ناایستا 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.

جدول۸. نتایج آزمون هم‌انباشتگی وسترلاند

آماره آزمون (Test Statistic)	مقدار p (p-value)	تصمیم در سطح ۵٪ (Decision at 5%)
۳.۴۵	۰.۱۲	H0 (Reject H0) رد
۲.۷۸	۰.۰۴۵	H0 (Reject H0) رد
۱.۹۲	۰.۰۸۹	H0 (Fail to reject H0) عدم رد

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

آزمون اول (Test Statistic = 3.45, p-value = 0.012): مقدار p-value کمتر از ۵٪ است، بنابراین فرضیه صفر $H0$ (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 متغیرهای پژوهش تایید می شود.

۳.٤. برآورد مدل

جدول ۹. تخمین مدل رگرسیون از روش **FGLS**[1]

برأساس مدل تصریح شده در معادله‌های بالا برآورد مدل انجام شده است.

متغیر وابستهGef		ضرایب (Coef.)	خطای استاندارد (Std. Err.)	مقدار Z	مقدار احتمال (P>|z|)
	معادل فارسی				
log(hc)	سرمایه انسانی	۰.۵۶	۰.۱۲	۴.۶	۰
log(ind)	ارزش افزوده	−۰.۱۲	۰.۰۸۹	−۱.۴	۰.۱۶۵
log(indp)	سطح صنعتی شدن	۰.۲۳	۰.۰۸	۳	۰.۰۰۳
log(inte)	نوآوری فناوری	۰.۴۵	۰.۰۱	۴.۷۸	۰
log(mae)	تجمع تولید	−۰.۰۸۹	۰.۰۷	−۱.۳	۰.۱۹
log(es)	مصرف انرژی	۰.۳۲	۰.۰۸	۳.۷۶	۰
log(rd)	زیر ساخت ها	۰.۵۶	۰.۱	۵.۵	۰
_cons	عرض از مبدا	−۲.۳۴	۰.۴۵	−۵.۱	۰

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که برخی متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی تأثیر معناداری بر کارایی سبز دارند.

۱. سرمایه انسانی ((log(hc)):

ضریب مثبت ۰. 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.

۲. ارزش افزوده ((log(ind)):

ضریب ارزش افزوده نامعنا است (P-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.

۳. سطح صنعتی شدن ((log(indp)):

ضریب ۰. با سطح معناداری ۰.۳ 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 محیط‌زیست باشد.

۴. نوآوری فناوری ((log(inte)):

ضریب ۰. 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.

۵. تجمع تولید ((log(mae)):

ضریب منفی −۰.۹ (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 زیست‌محیطی باشد.

۶. مصرف انرژی ((log(es)):

ضریب ۰.۱ 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.

---

1. Feasible Generalized Least Squares

اهمیت FGLS در داده‌های پانلی عبارتند از:

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

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

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.

۷. زیرساخت‌ها ((log(rd)):

ضریب ۰. 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 می توان با ادبیات مقایسه نمود نتایج 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، تفاوت‌هایی را به دلیل شرایط خاص اقتصادی و زیست‌محیطی ایران نشان می‌دهند.

مقایسه روند تغییرات کارایی صنایع

مطالعات مشابه در کشورهای درحال‌توسعه مانند چین و هند نیز نشان داده‌اند که صنایع با فناوری بالا، معمولاً کارایی بالاتری دارند، درحالی‌که 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 فناوری‌محور، مانند الکترونیک و داروسازی، عملکرد بهتری در زمینه کارایی دارند، درحالی‌که صنایع فلزی و نساجی با کاهش بهره‌وری مواجه بوده‌اند. در این تحقیق نیز مشاهده شد که صنایع آشامیدنی و مواد لاستیکی عملکرد مطلوبی داشته‌اند، درحالی‌که 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(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(hc) تأثیر مثبت و معناداری بر GEF دارد (ضریب ۰.، سطح معناداری ۰). این نتیجه مشابه یافته‌های بالتاجی و همکاران[1] (۲۰۱۹) است که نشان دادند توسعه سرمایه انسانی موجب بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش آلایندگی 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(inte) بر GEF یافت (ضریب ۰.، سطح معناداری ۰). درحالی‌که 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(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، درحالی‌که 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، درحالی‌که 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

1. Baltagi et al.

معنادار، به عنوان نیروی محرکه اصلی، نقش بسزایی در بهبود عملکرد زیست‌محیطی ایفا می‌کند، زیرا نیروی کار ماهر و آموزش‌دیده، قادر به استفاده بهینه از منابع و اجرای فناوری‌های پاک است. با این‌حال، ارزش افزوده، به دلیل استفاده غیربهینه از منابع یا فناوری‌های آلاینده، تأثیر معناداری بر کارایی سبز ندارد. در مقابل، سطح صنعتی شدن و نوآوری فناوری، با ضرایب مثبت و معنادار، نشان می‌دهند که صنایع پیشرفته‌تر و نوآوری‌های 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 می‌دهد که استفاده بهینه از انرژی و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، به بهبود کارایی سبز کمک می‌کند. در نهایت، زیرساخت‌های مناسب، با ضریب مثبت و معنادار، نقش حیاتی در بهینه‌سازی حمل‌ونقل، کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری انرژی دارند.

به طور کلی، برای بهبود کارایی سبز صنایع ایران، توجه به همه این عوامل و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، نوآوری فناوری و زیرساخت‌های پایدار ضروری است.

برای بهبود کارایی سبز کارگاه‌های صنعتی، باید بر سرمایه انسانی (آموزش و جذب متخصصان)، نوآوری فناوری (حمایت از تحقیق و فناوری‌های نوین)، زیرساخت‌های پایدار (حمل‌ونقل، پسماند، انرژی تجدیدپذیر)، و مدیریت تجمع تولید (توزیع عادلانه صنایع و نظارت) تمرکز کرد. همچنین، سیاست‌های تشویقی (مشوق‌های مالیاتی) و تنبیهی (جریمه‌های زیست‌محیطی) برای ترغیب صنایع به رعایت استانداردهای سبز ضروری است. این امر نیازمند همکاری دولت، صنایع و جامعه است.

٦. منابع و مآخذ

References

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.2021.105534Get 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), 498-509https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5.۰۲

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.

۷. ضمایم

میانگین کارایی کارگاه‌های ده نفر کارکن و بیشتر به تفکیک دسته‌ها و سال

	میانگین کارایی										
متوسط ده‌ساله	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	دسته
۰.۹۳۶	۰.۹۱	.۰.۹۰	۰.۹۱	۰.۹۴	۰.۹۷	۰.۹۵	۰.۹۳	۰.۹۲	۰.۹۵	۰.۹۱	۰.۹۴	مواد غذایی
۱.۰۰۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	آشامیدنی
۱۳.۹۱۰	۰.۵	۰.۱۸	۰.۱۸	۱۰۰	۰.۰۹	۰.۱۳	۰	۰.۳۸	۰.۴۷	۰.۵۹	۰.۹۹	پوشاک
۰.۸۷۴	۰.۸۶	۰.۹	۰.۹۲	۰.۹۴	۰.۹۱	۰.۸	۰.۶۳	۰.۸۲	۰.۹۵	۰.۹۲	۰.۹۶	تولید کاغذ و چوب
۰.۷۶۹	۰.۶	۰.۶۸	۰.۷۲	۰.۹۴	۰.۸۸	۰.۸۴	۰.۶۸	۰.۷۸	۰.۵۵	۰.۸۵	۰.۹۴	تولید مواد شیمیایی
۰.۸۰۴	۰.۹۶	.۹۸	۱	۰.۹۸	۱	۱	۰.۸۹	۱	۱	۰.۹	۰.۸۷	تولید مواد لاستیکی
۰.۸۲۰	۰.۹۱	.۰.۶۴	۰.۷۴	۰.۸۶	۰.۷۹	۰.۷۶	۰.۸	۰.۷۹	۰.۸۶	۰.۹	۰.۹۷	تولید فراورده‌های معدنی غیر فلزی
۰.۸۲۱	۰.۷۷	۰.۷۶	۰.۸۱	۰.۷۴	۰.۹	۰.۸۶	۰.۸۵	۰.۸۵	۰.۸۷	۰.۸۳	۰.۷۹	تولید فلزات و محصولات فلزی
۰.۸۲۳	۰.۸۶	۰.۷۸	۰.۷۳	۰.۹۱	۰.۹۳	۰.۷	۰.۷۶	۰.۹۴	۰.۷۳	۰.۷۳	۰.۹۸	تولید محصولات برقی
۰.۷۷۷	۰.۷۵	۰.۸۳	۰.۷۶	۰.۶۷	۰.۷۶	۰.۸۸	۰.۵۸	۰.۸	۰.۸۴	۰.۸۳	۰.۸۵	تولید ماشین‌آلات
۰.۸۰۵	۰.۹۵	۰.۹۷	۰.۹۶	۰.۷۲	۰.۹۲	۰.۷۳	۰.۷۳	۰.۳۹	۰.۸۴	۰.۷۵	۰.۹	تولید سایر محصولات طبقه‌بندی نشده

ماخذ: (محاسبات تحقیق)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی