Ind. Manag. Persp. 2024, 14(3), 212-235; doi: 10.48308/JIMP.14.3.212

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Evaluating Environmental Efficiency of Iranian Provinces Using Fuzzy Window Data Envelopment Analysis (FWDEA) with Undesirable Output

Mohammad Zarei Mahmoudabadi*
Reza Norouzi Avergani**

Extended Abstract

Introduction: Over the past three decades, environmental challenges have become a global concern due to growing worries about the irreversible consequences of environmental degradation. Consequently, addressing environmental issues has increasingly become a priority for policymakers. Today, all countries are striving to achieve a balance between environmental protection and socioeconomic stability through the development of effective policies.

Objective: This study aims to examine and evaluate the environmental efficiency of Iran's provinces over different time periods, considering the inherent uncertainty in the data. In the real world, data is not always precise and deterministic, and deviations in data can significantly alter the results of efficiency evaluations. Therefore, it is essential to employ suitable methods to address data uncertainty when assessing efficiency. In this research, a Fuzzy Window Data Envelopment Analysis (FWDEA) model is utilized to evaluate the environmental efficiency of Iran's provinces. This model effectively accounts for data uncertainty and provides more accurate and reliable results.

Methodology: The approach used in this study incorporates undesirable outputs and can be applied to various structures in fuzzy data envelopment analysis. Based on a literature review, consultations with experts in the fields of the environment and data envelopment analysis, and available data, the input variables of the study were determined to be per capita energy consumption and per capita vehicles, while the output variable was defined as per capita pollutant emissions. Given the uncertainty about whether all units operate at optimal scale, the BCC model was employed. Furthermore, since it is easier to control outputs compared to inputs, an output-oriented data envelopment analysis model with variable returns to scale was assumed. Finally, the proposed fuzzy window data envelopment analysis model was implemented for 29 provinces of Iran over four time periods from 2017 to 2020, and the results were analyzed.

Received: May. 25, 2024; Revised: Jul. 15, 2024; Accepted: Sep. 18, 2024; Published Online: Sep. 21, 2024.

* Associate Professor, Department of Industrial Management. Faculty of Humanities, Meybod University, Meybod, Iran.
Corresponding Author: zarei.m@meybod.ac.ir
** Master's student, Department of Industrial Management. Faculty of Humanities, Meybod University, Meybod, Iran.

Ind. Manag. Persp. 2024, 14(3), 212-235; doi: 10.48308/JIMP.14.3.212

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Findings: Data analysis using the proposed model revealed that East Azerbaijan province had the best environmental performance with an efficiency score of 0.837407, while Hormozgan province had the worst performance with an efficiency score of 0.332543 during the four years of the study. Examining the annual average efficiency of the provinces indicated that the trend of efficiency improvement or decline varied across provinces over the years and was not stable. Additionally, the results of the fuzzy window data envelopment analysis model showed that the efficiency of provinces varied in each consecutive time window and did not follow a fixed pattern.

Conclusion: In this study, a fuzzy DEA approach was employed to evaluate efficiency considering the ambiguous, unavailable, and imprecise nature of the data. Overall, the use of fuzzy window DEA in assessing the environmental efficiency of Iran's provinces is one of the best methods due to its high accuracy, ability to model fuzzy data, and identification of complex patterns. This approach can assist policymakers in identifying the strengths and weaknesses of provinces in terms of environmental efficiency and formulating appropriate policies to improve environmental performance. To enhance the environmental efficiency of provinces, it is necessary to develop dynamic environmental policies tailored to the specific conditions of each province. Moreover, given that environmental challenges are global, the application of similar approaches to evaluate environmental efficiency in other countries can also contribute to improving global environmental performance.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA); Window Analysis; Fuzzy Logic; Environmental Efficiency; Undesirable Output.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

How to Cite: Zarei Mahmoudabadi, Mohammad; Norouzi Avergani, Reza (2024). Evaluating Environmental Efficiency of Iranian Provinces Using Fuzzy Window Data Envelopment Analysis (FWDEA) with Undesirable Output. *Ind. Manag. Persp.*, 14(3), 212-235 *(In Persian)*.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۳، دوره ۱۴، شماره ۳، صص ۲۱۲– ۲۳۵، doi: 10.48308/JIMP.14.3.212

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی کارایی زیست محیطی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی (FWDEA) با حضور خروجی نامطلوب

محمد زارعی محمودآبادی*

رضا نوروزی آورگانی**

چکیده گسترده

مقدمه: در سه دهه اخیر، با افزایش نگرانی‌ها در مورد پیامدهای جبران‌ناپذیر تخریب محیط‌زیست، چالش‌های زیست‌محیطی به دغدغه‌ای جهانی تبدیل شده است؛ بنابراین، حل معضلات زیست‌محیطی به‌طور فزاینده‌ای در دستورکار سیاست‌گذاران قرار گرفته است. امروزه، همه کشورها در تلاش‌اند تا با تدوین سیاست‌های کارآمد، به تعادل بین حفاظت از محیط‌زیست و ثبات اجتماعی– اقتصادی دست یابند.

هدف: هدف پژوهش حاضر، بررسی و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور در دوره‌های زمانی مختلف با در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده‌ها است. در دنیای واقعی، داده‌ها همیشه دقیق و قطعی نیستند و انحرافات موجود در آنها می‌تواند نتایج ارزیابی کارایی را به‌طور قابل توجهی تغییر دهد. از این‌رو، استفاده از روش‌های مناسب برای مقابله با عدم قطعیت داده‌ها در هنگام ارزیابی کارایی ضروری است. در این پژوهش، از مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی (FWDEA) برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های ایران استفاده شده است. این مدل قادر است عدم قطعیت موجود در داده‌ها را به‌طور مؤثر در نظر بگیرد و نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری ارائه دهد.

روش‌شناسی پژوهش: رویکرد مورد استفاده در این پژوهش شامل خروجی نامطلوب نیز می‌شود و برای ساختارهای مختلف در تحلیل پوششی داده‌های فازی قابل استفاده است. با بررسی ادبیات موضوع و نیز مشورت با خبرگان حوزه زیست‌محیطی و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین براساس داده‌های موجود، متغیرهای ورودی پژوهش شامل سرانه مصرف انرژی و سرانه وسایل نقلیه و متغیر خروجی شامل سرانه گازهای آلاینده تعیین شد. باتوجه به عدم اطمینان از اینکه همه واحدها در مقیاس بهینه عمل می‌کنند یا خیر از مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس (BCC) استفاده شد. همچنین، از آنجا که امکان کنترل بر خروجی‌ها نسبت به ورودی‌های پژوهش بیشتر است، از مدل تحلیل پوششی داده‌ها با ماهیت خروجی‌محور استفاده شد. در نهایت، مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی پیشنهادی در ۲۹ استان کشور طی چهار دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ اجرا شد و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۳۱.

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

نویسنده مسئول: zarei.m@meybod.ac.ir

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

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۳، دوره ۱۴، شماره ۳، صص ۲۱۲– ۲۳۵، doi: 10.48308/JIMP.14.3.212

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: تحلیل داده‌ها با مدل پیشنهادی نشان داد که در طول ۴ سال مورد مطالعه، استان آذربایجان شرقی با کارایی ۰/۸۳۷۴۰۷ بهترین و استان هرمزگان با کارایی ۰/۳۳۲۵۴۳ بدترین عملکرد را در زمینه زیست‌محیطی داشته‌اند. بررسی میانگین کارایی سالانه استان‌ها نشان داد که روند صعودی یا نزولی کارایی در هر استان در طول سال‌ها متفاوت بوده و ثبات نداشته است. همچنین، نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی نشان داد که کارایی استان‌ها در هر پنجره زمانی متوالی سیر متفاوتی داشته و از یک الگوی ثابت پیروی نمی‌کند.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه با توجه به شرایط ابهام، در دسترس نبودن و نادقیق بودن داده‌ها از رویکرد DEA فازی برای ارزیابی کارایی استفاده شده است. در کل، استفاده از DEA فازی پنجره‌ای در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در استان‌های کشور، به دلیل دقت بالا، توانایی مدل‌سازی داده‌های فازی و شناسایی الگوهای پیچیده، یکی از بهترین روش‌ها است. این رویکرد می‌تواند به سیاستگذاران در شناسایی نقاط قوت و ضعف استان‌ها در زمینه زیست‌محیطی و تدوین سیاست‌های مناسب برای ارتقای کارایی زیست‌محیطی کمک کند. به منظور ارتقای کارایی زیست‌محیطی استان‌ها، لازم است که سیاست‌های زیست‌محیطی به صورت پویا و متناسب با شرایط هر استان تدوین و اجرا شوند. همچنین با توجه به اینکه چالش‌های زیست‌محیطی چالشی جهانی هستند، استفاده از رویکردهای مشابه برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در سایر کشورها نیز می‌تواند به ارتقای عملکرد زیست‌محیطی در سطح جهانی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)؛ تحلیل پنجره‌ای؛ منطق فازی؛ کارایی زیست‌محیطی؛ خروجی نامطلوب.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناددهی: زارعی محمودآبادی، محمد؛ نوروزی آورگانی، رضا (۱۴۰۳). ارزیابی کارایی زیست محیطی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی (FWDEA) با حضور خروجی نامطلوب. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴(۳)، ۲۱۲– ۲۳۵.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱. مقدمه

روند صنعتی شدن کشورها و ترکیب ناکارآمد سیاست‌های صنعتی و مدیریتی، ریشه بسیاری از مشکلات زیست‌محیطی کنونی است [۳۲]. امروزه، همه کشورها در تلاش‌اند تا با تدوین سیاست‌های کارآمد، به تعادلی بین حفاظت از محیط‌زیست و ثبات اجتماعی– اقتصادی دست یابند. این چالش‌ها شامل مواردی مانند مصرف انرژی، مسائل زیست‌محیطی مرتبط با کار، انباشت سرمایه، تولید ناخالص داخلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. این امر به‌طور قابل‌توجهی سیاست‌گذاری را بهبود می‌بخشد [۳۸]. گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسیدکربن تولید شده توسط فعالیت‌های اقتصادی و انسانی، به‌طور فزاینده‌ای به گرمایش جهانی و تبدیل شدن آن به یک تهدید بین‌المللی دامن می‌زند. در عین حال، این پدیده به‌طور مستقیم بر سلامت انسان نیز تأثیر منفی می‌گذارد [۳]. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی سالانه باعث مرگ ۲۵۰ هزار نفر در اثر قرار گرفتن در معرض گرما، اسهال، مالاریا و سوء تغذیه در کودکان خواهد شد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۲۱). علاوه بر این، تا سال ۲۰۳۰ هزینه‌های بهداشتی مستقیم گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی ۲ تا ۴ میلیارد دلار در سال خواهد بود؛ بنابراین، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای و بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای جلوگیری از پیامدهای زیست‌محیطی ضروری است [۴۹].

آلودگی یکی از معضلات زیست‌محیطی است که از دهه ۱۹۶۰ گریبان‌گیر بشر شده و نقشی اساسی در چالش دستیابی به توسعه پایدار ایفا می‌کند [۲۵]. هدف از توسعه پایدار در زمینه تغییر اقلیم، کاهش انتشار آلاینده‌ها و افزایش کارایی زیست‌محیطی است. کارایی زیست محیطی که تحت تأثیر عواملی مانند گسترش جمعیت، مصرف انرژی، رشد اقتصادی و عملکرد مؤسسات قرار دارد، به عنوان شاخصی از عملکرد زیست‌محیطی و راهنمای عمل در این زمینه محسوب می‌شود [۳]. بااین‌حال، پژوهش‌های کمی در مورد عوامل مؤثر برکارایی زیست محیطی وجود دارد. سازمان‌ها، فناوری‌ها، زیرساخت‌ها و صنایع، همگی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر کارایی زیست محیطی تأثیر می‌گذارند [۱۰]. در سال‌های اخیر، بحث‌های مداومی در مورد اقدامات زیست محیطی وجود داشته است. کارایی زیست‌محیطی در دهه ۱۹۹۰ معرفی و به‌عنوان "روابط تجاری با توسعه پایدار" تعریف شد [۲۳]. بعد از آن، پژوهشگران با شیوه‌های مختلف به اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی زیست محیطی توجه داشته‌اند. به‌طور خاص، مدل‌های اندازه‌گیری و ارزیابی توسط محققان تحقیق در عملیات [۲۶] و مدل‌هایی در زمینه‌های مختلف توسعه یافته‌اند [۲۵،۱۲]. مفهوم کارایی زیست‌محیطی در سطوح مختلف، از ملی گرفته تا سازمانی، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در سطح ملی، ارزیابی کارایی به منظور بررسی عملکرد کلی کشور در زمینه محیط‌زیست انجام می‌شود. در سطح صنعت یا بخش، این ارزیابی به منظور سنجش کارایی بخش‌های مختلف اقتصادی در استفاده از منابع و حفظ محیط‌زیست صورت می‌گیرد. در سطح سازمانی نیز، اندازه‌گیری کارایی به منظور بهبود عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی سازمان‌ها به کار می‌رود. صرف‌نظر از سطح ارزیابی، هدف اصلی از اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی، کاهش اثرات مخرب بر محیط‌زیست، بهینه‌سازی مصرف انرژی و ارتقای عملکرد اقتصادی است [۲۵]. در دوران مدرن، آلودگی یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی بوده است؛ بنابراین، ارزیابی کارایی زیست محیطی بسیار مهم است. در سال‌های اخیر، ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی به کانون تحقیقات در سراسر جهان تبدیل‌شده است. در سال ۱۹۷۰، برای اولین بار مفهوم «حفاظت از محیط‌زیست» معرفی شد. از آن زمان، پارامترهای مختلف و ارزیابی‌های عملکرد زیست‌محیطی توسط محققان تجزیه‌وتحلیل شده است. برخی از محققان ترجیح می‌دهند عملکرد زیست‌محیطی را با استفاده از شاخص‌های عملکرد زیست‌محیطی ارزیابی کنند [۲۴،۴۶]. ارزیابی کارایی زیست محیطی یکی از مهم‌ترین جنبه‌های توسعه پایدار است. همچنین با توجه به ضرورت فزاینده برای کاهش اثرات مخرب بر محیط‌زیست، کارایی زیست‌محیطی به موضوع مهمی در سطح جهانی تبدیل شده است [۳۶]. کارایی زیست‌محیطی به بررسی و سنجش اثرات توسعه اقتصادی بر محیط‌زیست می‌پردازد. هدف این مفهوم، ایجاد تعادل و هماهنگی بین حفاظت از محیط‌زیست و توسعه اقتصادی است [۲۵]؛ بنابراین دولت‌ها و سازمان‌های مختلف به دنبال راهبردها و اقدامات کاهشی و یا پیشگیری برای اجتناب و کاهش این اثرات زیست‌محیطی هستند [۴۳]. انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی در ایران نیز رو به افزایش است، به‌طوری‌که انتشار گاز CO_2 ناشی از مصرف انرژی کشور از حدود ۲۴۰ میلیون تن در سال ۱۳۷۵ به ۶۶۰ میلیون تن در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است (ترازنامه ملی انرژی، ۲۰۱۸).

از طرفی، روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] (DEA) یکی از مؤثرترین و گسترده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که می‌توان از آن برای دستیابی به اهداف ارزیابی کارایی استفاده کرد [۱۸،۳۴]. تحلیل پوششی داده‌ها یک رویکرد ناپارامتریک مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی است که برای نخستین بار در رساله دکترای ادوارد رودز و به راهنمائی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶، در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش، علاوه بر روش تحلیل پوششی داده‌ها، از دو رویکرد پرکاربرد دیگر نیز استفاده شده است. اولین رویکرد، روش تحلیل پنجره‌ای[2] است و دیگری، منطق فازی است که برای مواجهه با عدم قطعیت داده‌ها استفاده می‌شود [۴۳]. باتوجه به اینکه عدم اطمینان اجتناب‌ناپذیر است؛ بنابراین، ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها و مفاهیم فازی در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، فرصتی برای ارزیابی عملکرد کارایی در حضور داده‌های مبهم فراهم می‌کند. استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی، در نظر گرفتن خروجی نامطلوب، تحلیل دوره‌های زمانی مختلف و توجه به سیاست‌گذاری از جمله وجوه تمایز این پژوهش است که در ادامه بیشتر توضیح داده خواهد شد.

برای تبیین جایگاه موضوع ارزیابی کارایی زیست محیطی استان‌ها در اسناد بالادستی کشور، می‌توان به چندین سند و برنامه کلان اشاره کرد که از اهمیت و اعتبار بالایی برخوردار هستند. این اسناد شامل برنامه‌های توسعه کشور، سیاست‌های کلی نظام و سند تحول دولت مردمی می‌باشند. در ادامه به تشریح جایگاه این موضوع در هر یک از این اسناد پرداخته می‌شود:

۱. برنامه‌های توسعه کشور: این پژوهش در راستای اهداف توسعه پایدار و بهبود کیفیت محیط زیست قرار دارد که در برنامه‌های توسعه پنج‌ساله کشور به آن پرداخته شده است. این برنامه‌ها بر اهمیت مدیریت منابع طبیعی و کاهش آلودگی‌ها تأکید دارند. برنامه‌های توسعه پنج‌ساله کشور ایران همواره به مسأله حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار توجه داشته‌اند.

۲. سیاست‌های کلی نظام: سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران بر حفظ محیط زیست و بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی تأکید دارند. این سیاست‌ها شامل کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است و بر لزوم ایجاد سازوکارهای کارآمد برای مدیریت زیست‌محیطی و استفاده بهینه از منابع تأکید دارند. سیاست‌های کلی نظام توسط مقام معظم رهبری تعیین و ابلاغ می‌شوند و نقش راهبردی در مدیریت کلان کشور دارند. در این سیاست‌ها نیز به اهمیت مسائل زیست‌محیطی اشاره شده است.

۳. سند تحول دولت مردمی: سند تحول دولت مردمی بر مبنای اصول انقلاب اسلامی و با هدف ایجاد تحولی بنیادین در حوزه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تدوین شده است. این سند نیز به بهبود کارایی زیست‌محیطی و توسعه پایدار اشاره دارد. در این سند، توجه به محیط زیست و کاهش اثرات منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست از اولویت‌های اصلی است. همچنین برنامه‌های اجرایی این سند در بخش محیط زیست، تدوین و اجرای برنامه‌های جامع برای کاهش آلاینده‌ها و بهینه‌سازی مصرف منابع است.

۴. سیاست‌های کلی محیط زیست: در بندهایی از سیاست‌های کلی محیط زیست ابلاغی مقام معظم رهبری به "ارتقای کارایی در استفاده از منابع طبیعی و انرژی" و "بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی‌های محیط زیست" تأکید شده است. این پژوهش به‌طور مستقیم با این سیاست‌ها مرتبط است و می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی و پایش تحقق این سیاست‌ها در استان‌های مختلف عمل کند.

در نتیجه موضوع ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور در راستای اهداف و سیاست‌های کلان کشور قرار دارد و می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای تحقق اهداف زیست‌محیطی در اسناد بالادستی کشور مورد استفاده قرار گیرد. ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها با این روش می‌تواند به بهبود مدیریت و نظارت زیست‌محیطی، کاهش آلودگی‌ها و ارتقای بهره‌وری منابع طبیعی کمک کند. این موضوع در راستای اهداف ملی در زمینه حفاظت از محیط زیست، کاهش آلودگی‌ها و ارتقای بهره‌وری منابع قرار دارد و می‌تواند به عنوان ابزاری برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در این زمینه مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس توضیحات ارائه شده، هدف این پژوهش ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی است. لازم به ذکر است که سؤالات اصلی پژوهش عبارتند از:

- مدل ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی چگونه است؟
- عوامل مؤثر بر عملکرد زیست‌محیطی استان‌های کشور کدامند؟

1. Data Envelopment Analysis (DEA)
2. Window Analysis

- عملکرد زیست‌محیطی استان‌ها در سال‌های مختلف چگونه است؟
- میانگین کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور چقدر است؟

مسأله اصلی این تحقیق، شناسایی و تحلیل چالش‌های زیست‌محیطی استان‌های کشور است که به دلیل ناکارآمدی در استفاده از منابع طبیعی و مدیریت آلودگی‌ها به وجود آمده‌اند. در واقع، این تحقیق به دنبال پاسخ به این سؤال است که "چگونه می‌توان کارایی زیست‌محیطی استان‌ها را بهبود بخشید و موانع موجود در این زمینه را شناسایی کرد؟". همچنین مسأله تحقیق شامل موارد زیر است:

- **شکاف در اطلاعات:** بسیاری از استان‌ها به دلیل عدم دسترسی به داده‌های دقیق و معتبر در مورد کارایی زیست‌محیطی خود، نمی‌توانند به درستی نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی کنند. این تحقیق با استفاده از رویکرد DEA پنجره‌ای فازی، به این شکاف اطلاعاتی پاسخ می‌دهد.
- **مدیریت ناکارآمد منابع**: استان‌هایی که کارایی پایین‌تری دارند، معمولاً در مدیریت منابع طبیعی و کاهش آلودگی‌ها ناکام هستند. این تحقیق به شناسایی این استان‌ها و ارائه راهکارهایی برای بهبود کارایی آنها می‌پردازد.
- **تأثیرات زیست‌محیطی:** آلودگی و تخریب محیط زیست به عنوان یک مانع جدی برای توسعه پایدار در کشور مطرح است. این تحقیق به دنبال شناسایی عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی و ارائه راهکارهایی برای کاهش این تأثیرات است.

این پژوهش به دنبال اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور است، به‌گونه‌ای که خروجی‌های نامطلوب (مانند آلودگی‌ها) نیز در تحلیل لحاظ شوند؛ همچنین شناسایی استان‌هایی که در استفاده از منابع و تولیدات زیست‌محیطی کارا هستند و استان‌هایی که ناکارآمد عمل می‌کنند. استفاده از رویکرد پیشنهادی این امکان را فراهم می‌کند که در یک چارچوب زمانی مشخص، تغییرات کارایی زیست‌محیطی استان‌ها مورد بررسی قرار گیرد و عدم قطعیت‌ها و نوسانات موجود در داده‌ها نیز مدیریت شود. در خصوص اهمیت اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی استان‌ها باید اشاره کرد که اندازه‌گیری کارایی واحدهای استانی مسائل مختلفی از جمله موارد زیر را حل می‌کند:

۱. شناسایی نقاط قوت و ضعف: با ارزیابی کارایی زیست‌محیطی، استان‌هایی که عملکرد مطلوبی دارند و استان‌هایی که نیاز به بهبود دارند، شناسایی می‌شوند. این اطلاعات می‌تواند به مسئولان و مدیران استانی کمک کند تا استراتژی‌های مناسبی برای بهبود کارایی و کاهش آلودگی‌ها اتخاذ کنند.

۲. تخصیص بهینه منابع: داده‌های حاصل از ارزیابی کارایی می‌توانند در تخصیص منابع دولتی و سرمایه‌گذاری‌ها به کار گرفته شوند. استان‌هایی که کارایی بالایی دارند می‌توانند الگویی برای سایر استان‌ها باشند و منابع به‌طور مؤثرتری به بخش‌های نیازمند تخصیص یابد.

۳. تصمیم‌گیری بهتر در سیاست‌گذاری: نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا برنامه‌ها و سیاست‌های زیست‌محیطی مؤثرتری تدوین کنند. به‌ویژه، این تحلیل می‌تواند مشخص کند که کدام استان‌ها نیاز به توجه بیشتری دارند و کدام اقدامات می‌توانند بیشترین تاثیر را در بهبود کارایی زیست‌محیطی داشته باشند.

۴. افزایش آگاهی عمومی: ارزیابی کارایی زیست‌محیطی می‌تواند آگاهی عمومی را در مورد اهمیت مسائل زیست‌محیطی افزایش دهد و باعث مشارکت بیشتر جامعه در حفاظت از محیط زیست شود.

۵. پایش و ارزیابی مستمر: این تحقیق می‌تواند پایه‌ای برای ارزیابی‌های دوره‌ای باشد، که به پایش مستمر کارایی زیست‌محیطی استان‌ها و ارزیابی تأثیر سیاست‌ها و برنامه‌ها کمک می‌کند.

بنابراین، این پژوهش نه تنها به شناسایی وضعیت فعلی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان ابزاری برای سیاست‌گذاران و مدیران در تصمیم‌گیری‌های مؤثر و بهبود مدیریت زیست‌محیطی در سطح ملی عمل کند.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

کارایی. کارایی نشان می‌دهد که یک سازمان تا چه حد از منابع خود برای تولید (در مقایسه با بهترین عملکرد در یک زمان خاص) به خوبی استفاده کرده است. به عبارت دیگر، کارایی را می‌توان به عنوان نسبت خروجی به ورودی یا میزان استفاده از منابع برای دستیابی به اهداف تعریف کرد [۲۲].

کارایی زیست‌محیطی. اصطلاح کارایی زیست‌محیطی برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ مطرح شد. با این‌حال، در سال ۱۹۹۱ بود که شورای تجارت جهانی برای توسعه پایدار[1] (WBCSD) مسئول معرفی یکی از مفاهیم اصلی کارایی زیست‌محیطی به جهان بود. کارایی زیست محیطی به معنای تولید کالاها و خدمات رقابتی اقتصادی است که نیازهای جامعه را از نظر کیفیت زندگی برآورده کند. در عین حال، کل فرآیند تولید و مصرف این کالاها و خدمات، از ابتدای تولید تا پایان عمر مفید آنها، باید کمترین آسیب را به محیطزیست وارد کند [۲۵]. در چشم‌انداز بهبود کارایی زیست‌محیطی بیان می‌شود که افزایش بهره‌وری اقتصادی غالباً با کاهش سطح زیست‌محیطی همراه است. در مقابل، با استفاده از رویکرد کارایی زیست‌محیطی، می‌توان بدون آسیب به محیطزیست، به رشد و توسعه اقتصادی دست یافت [۳۵]. در حالی که دیدگاه‌های مختلفی در مورد کارایی زیست‌محیطی در محافل دانشگاهی وجود دارد، اصطلاحات به‌کار رفته برای بیان این دیدگاه‌ها همیشه یکسان نیستند. برای تعریف دقیق کارایی زیست‌محیطی و انجام یک تحلیل درست، باید آن را به عنوان نسبت ورودی‌های اندازه‌گیری شده (پس از در نظر گرفتن عوامل انرژی و زیست‌محیطی در فعالیت‌های تولیدی) به خروجی‌های یک شرکت، صنعت، منطقه یا کشور تعریف کرد [۲۶]. مفهوم عملکرد زیست‌محیطی از مفهوم توسعه پایدار کسب‌وکار نشأت گرفته است. این مفهوم توسط شورای تجارت جهانی برای توسعه پایدار ارائه شده و در سطح بین‌المللی مورد پذیرش قرار گرفته است. عملکرد زیست‌محیطی مفهومی ترکیبی از اکولوژی، اقتصاد و کارایی است. این اصل نظری در بسیاری از شرکت‌های تجاری به کار گرفته می‌شود و توسعه اقتصادی را با توسعه پایدار پیوند می‌دهد. عملکرد زیست‌محیطی به عنوان ابزاری رایج در مدیریت استراتژیک توسط شرکت‌ها برای دستیابی به منافع اقتصادی و زیست‌محیطی به کار می‌رود. WBCSD کارایی زیست‌محیطی را به عنوان توانایی تولید و ارائه خدمات برای برآوردن نیازهای انسانی و ارتقای کیفیت زندگی، با در نظر گرفتن تأثیرات بر اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی، تعریف می‌کند [۱۲].

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتری بر پایه برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری با نهاده‌ها و ستانده‌های چندگانه است [۲۸،۶۴]. تحلیل پوششی داده‌ها که اولین بار توسط چارنز، کوپر و رودز در سال ۱۹۷۸ مطرح شد [۲] کارایی نسبی را اندازه‌گیری می‌کند. عدد کارایی هر واحد از مقایسه عملکرد آن واحد با سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید [۴۱]. اغلب DEA را به‌عنوان ابزاری برای شناسایی بهترین عملکردها در زمانی که معیار یا معیارهای عملکردی متعدد برای سازمان‌ها وجود دارد، توصیف می‌کنند [۲۵]. DEA یک رویکرد جامع و پذیرفته‌شده برای ارزیابی عملکرد است. محبوبیت این رویکرد عمدتاً به دلیل ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد موجود در این مدل و مناسب بودن آن برای بررسی روابط غیرخطی در تحلیل‌ها است [۲۶].

با فرض اینکه u_r: وزن ستانده r ام، v_i: وزن نهاده i ام، y_{rj}: مقدار خروجی r ام از واحد j ام، x_{ij} مقدار ورودی i ام از واحد j ام، y_{r0}: مقدار خروجی r ام از واحد تحت بررسی، x_{i0}: مقدار ورودی i ام از واحد تحت بررسی، m: تعداد نهاده‌ها و s: تعداد ستانده‌ها باشد، رابطه (۱) مدل مضربی بازده متغیر نسبت به مقیاس (BCC) با گرایش خروجی‌محور را ارائه می‌دهد و تنها تفاوت آن با مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس (CCR) در وجود متغیر آزاد در عملیات w_0 است؛ در مدل BCC علامت متغیر w_0، نوع بازده به مقیاس را برای هر واحد می‌تواند مشخص کند [۲۹].

1. World Trade Council for Sustainable Development

$$
\begin{aligned}
e_0 = Min \ & \sum_i v_i x_{i0} + w_0 \\
s.t. \ & \sum_i u_r y_{r0} = 1 \\
& \sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} - w_0 \le 0, \quad \forall j \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad all\ r, i. \\
& w_0 : Free\ in\ Sign
\end{aligned}
$$

رابطه (۱)

تحلیل پنجره‌ای. تحلیل پنجره‌ای بر اساس اصل میانگین‌های متحرک عمل می‌کند و برای یافتن روندهای کارایی یک واحد در طول زمان مفید است. تحلیل پنجره‌ای مدلی است که به‌موجب آن سطح کارایی برای مدل‌هایی که حجم نمونه کوچکی در طول زمان دارند اندازه‌گیری می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای اندازه‌گیری کارایی از طریق مقاطع مقطعی و داده‌های متغیر در طول زمان در نظر گرفته شده است. تحلیل پنجره‌ای به‌طور کلی عملکرد یک DMU را در طول زمان با در نظر گرفتن آن به‌عنوان یک موجودیت متفاوت در هر دوره ارزیابی می‌کند [۲۷].

پیشینه پژوهش.

در این بخش برخی از تحقیقات مهم داخلی و بین‌المللی در زمینه به‌کارگیری تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مطرح شده است.

الصباح[1] و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی کارایی بیمارستان‌های دولتی در کویت با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای پرداختند [۶]. پیکانی و همکاران (۲۰۲۲) عملکرد پویای بیمارستان‌ها را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی ارزیابی کردند. الخارس[2] و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی کاربردهای DEA پنجره‌ای پرداختند [۵]. پیکانی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی و تحلیل کتاب‌سنجی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای پرداختند. ژو[3] و همکاران (۲۰۲۱) کارایی زیست‌محیطی صنعت هواپیمایی ایالات‌متحده را با استفاده از رویکرد DEA تابع فاصله جهت‌دار ارزیابی کردند [۴۸]. مشفق و رستمی مالخلیفه (۲۰۲۱) با مدل تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی کارایی زیست‌محیطی کشورها پرداختند [۳۲]. وانگ[4] و همکاران (a۲۰۲۰) کارایی پویای اقتصاد سبز منطقه‌ای چین را با رویکرد DEA پنجره‌ای ارزیابی کردند [۴۵]. لی[5] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی صنعت خمیر و کاغذ ایالات‌متحده با استفاده از مدل SBM-DEA پرداختند [۲۴]. ون و لی[6] (۲۰۱۹) بر اساس مدل DEA سه مرحله‌ای کارایی زیست‌محیطی صنعت پتروشیمی چین را ارزیابی کردند [۳۸]. لاکو و حاجدووا[7] (۲۰۱۸) در مطالعه خود به بررسی عوامل تعیین‌کننده کارایی زیست‌محیطی کشورهای اتحادیه اروپا با استفاده از رویکرد DEA پنجره‌ای پرداختند. همچنین برخی از مهمترین مطالعات انجام شده در حوزه ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در جدول ۱ خلاصه شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

1. Alsabah
2. Alkhars
3. Zhou
4. Wang
5. Li
6. Wen & Li
7. Lacko & Hajduová

جدول ۱. مطالعات پیشین در زمینه اندازه‌گیری کارایی زیست محیطی به روش DEA

عنوان	پژوهشگر و سال	نوع مدل	ورودی‌ها	خروجی‌ها
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در صنعت سیمان چین	(وانگ و همکاران، ۲۰۲۳)	BCC و CCR	– مصرف انرژی – تولید کلین‌کر	– انتشار CO_2 و آلودگی هوا
تجزیه‌وتحلیل کارایی زیست‌محیطی در چین	(ژانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۳)	SBM	– نیروی کار – سرمایه – منابع طبیعی	– تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی ایالت‌ها در ایالات‌متحده: تحلیل ناپارامتریک دومرحله‌ای	(دمیرال و ساغلام[2]، ۲۰۲۱)	CCR و BCC	– سرمایه – مصرف انرژی – اشتغال	– تولید ناخالص داخلی
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی بخش‌های صنعتی چین: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا (DNDEA)	(وانگ و همکاران، ۲۰۲۱)	DEA پویا	– تعداد کل کارکنان – دارایی‌های ثابت – مصرف انرژی – ارزش افزوده	– انتشار دی‌اکسید گوگرد – دی‌اکسید نیتروژن
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها: مورد کشورهای اروپایی	(ماتسوموتو[3] و همکاران، ۲۰۲۰)	تحلیل پنجره‌ای و مالمکوئیست	– جمعیت – سرمایه – مصرف انرژی	– دی‌اکسید کربن – تولید ناخالص داخلی
کارایی زیست‌محیطی منطقه‌ای در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای	(رن[4] و همکاران، ۲۰۲۰)	DEA شبکه‌ای	– سرمایه – مصرف انرژی – مصرف آب	– تولید ناخالص داخلی
اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی در مناطق اروپایی: شواهدی از چشم‌انداز سرزمینی	(بیانچی[5] و همکاران، ۲۰۲۰)	DEA فرامرزی	– نرخ اشتغال – مصرف سرانه مواد داخلی	– تولید ناخالص داخلی (GDP)
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استانی در چین: مدل بهبود یافته تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با خروجی‌های نامطلوب	(یو[6] و همکاران، ۲۰۲۰)	DEA شبکه‌ای	– سرانه درآمد قابل‌تصرف داخلی – سرمایه گذاری داخلی – مصرف انرژی – دارایی‌های ثابت	– دی‌اکسید گوگرد – دی‌اکسید کربن – پسماند صنعتی
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی ۲۸ کشور عضو اتحادیه اروپا با رویکرد DEA	(هالکاس و پترو[7]، ۲۰۱۹)	BCC	– جمعیت – سرمایه – تراکم جمعیت	– تولید ناخالص داخلی – اکسید کربن – اکسید نیتروژن
ارزیابی کارایی زیست‌محیطی منطقه‌ای در چین با تشخیص خروجی‌های نامطلوب	(پیاو[8] و همکاران، ۲۰۱۹)	CCR و مالمکوئیست	– جمعیت – سرمایه – مصرف انرژی – مصرف آب	– دی‌اکسید کربن – تولید ناخالص داخلی – دی‌اکسید نیتروژن
ارزیابی کارایی انرژی کشورهای اتحادیه اروپا با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پویا	(لو و لو[9]، ۲۰۱۹)	DEA پویا	– نیروی کار – موجودی سرمایه واقعی – مصرف انرژی	– انتشار CO_2 – سوخت فسیلی
کارایی زیست‌محیطی صنایع فعال در شهر تهران با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای	امید و همکاران (۱۴۰۰)	DEA شبکه‌ای	– ضریب آلایندگی هوا، آب و خاک	– هزینه‌های زیست‌محیطی

1. Zhang
2. Demiral & Sağlam
3. Matsumoto
4. Ren
5. Bianchi
6. Yu
7. Halkos & Petrou
8. Piao
9. Lu & Lu

همان‌طور که در بررسی ادبیات این بخش مشاهده شد، تاکنون از روش تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای غیرقطعی برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استفاده نشده است. تمرکز بر این موضوع در تحقیقات آینده می‌تواند حائز اهمیت باشد. استفاده از داده‌های نادقیق و در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در آنها، اعتبار و پایایی نتایج تحلیل عملکرد را افزایش خواهد داد. وجه تمایز این پژوهش نسبت به سایر تحقیقات قبلی در چندین جنبه قابل توجه است:

– **استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی:** این پژوهش به جای استفاده از روش‌های سنتی، از مدل FWDEA بهره می‌برد که قادر است عدم قطعیت موجود در داده‌ها را به‌طور مؤثر در نظر بگیرد. این ویژگی به پژوهش امکان می‌دهد تا نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری ارائه دهد، در حالی که بسیاری از مطالعات قبلی به تحلیل‌های خطی و بدون توجه به عدم قطعیت پرداخته‌اند.

– **در نظر گرفتن خروجی نامطلوب:** این پژوهش به‌طور خاص به ارزیابی خروجی‌های نامطلوب (مانند گازهای آلاینده) پرداخته است که در بسیاری از مطالعات پیشین نادیده گرفته شده یا کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این رویکرد به ما این امکان را می‌دهد که تصویر جامع‌تری از کارایی زیست‌محیطی استان‌ها ارائه دهیم.

– **تحلیل دوره‌های زمانی مختلف:** بررسی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها در چهار دوره زمانی و تحلیل روندهای سالانه، این امکان را می‌دهد که تغییرات و نوسانات کارایی را به دقت بررسی کنیم. این جنبه از پژوهش می‌تواند به شناسایی الگوهای خاص در کارایی زیست‌محیطی کمک کند که در تحقیقات قبلی کمتر به آن پرداخته شده است.

– **توجه به سیاست‌گذاری:** نتیجه‌گیری این پژوهش بر اساس یافته‌ها، به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف استان‌ها را شناسایی کنند و سیاست‌های مناسبی برای ارتقای کارایی زیست‌محیطی تدوین کنند. این تمرکز بر کاربرد عملی نتایج، وجه تمایز دیگری نسبت به دیگر مطالعات است که ممکن است بیشتر به تحلیل‌های نظری محدود شوند.

به طور کلی، استفاده از روش‌های نوین و توجه به ابعاد مختلف کارایی زیست‌محیطی، این پژوهش را از سایر مطالعات متمایز می‌کند.

مدل‌سازی عوامل نامطلوب: متغیرهای معمول در تحلیل پوششی داده‌ها به‌گونه‌ای هستند که مقدار بیشتر برای خروجی‌ها و مقدار کمتر برای ورودی‌ها باعث بهبود کارایی و عملکرد می‌شوند. در برخی از وضعیت‌ها یک عامل می‌تواند برخلاف این عمل کند؛ برای مثال آلودگی هوا به‌عنوان یکی از خروجی‌های نامطلوب است که مقادیر کمتر آن مطلوب‌تر است [۴۰].

اگر y_{rj}^{g} نشان‌دهنده خروجی مطلوب (خوب) و y_{rj}^{b} نشان‌دهنده خروجی نامطلوب (بد) باشد، خواهان افزایش y_{rj}^{g} و کاهش y_{rj}^{b} برای بهبود عملکرد هستیم؛ بااین‌وجود در مدل‌های متعارف تحلیل پوششی داده‌ها هر دو خروجی خوب و بد افزایش داده می‌شود در اینجا به‌منظور افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی نامطلوب ابتدا خروجی‌های نامطلوب را در منفی یک، ضرب کرده و مقدار t_r را به‌تمامی خروجی‌های نامطلوب اضافه می‌کنیم تا مقدار آن‌ها مثبت شود. مقدار t_r را می‌توان از رابطه $Max\{y_{rj}^{b}\}+1$ به دست آورد. سایر خروجی‌های مطلوب را با همان صورت قبل می‌توان وارد مدل کرد [۸،۴۲].

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. روش مورد استفاده در این پژوهش، روش توصیفی– تحلیلی است. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای پژوهش با استفاده از انواع روش‌های میدانی (مشاهده، پرسشنامه و بعضاً مصاحبه) و کتابخانه‌ای (گزارشات مستند مرکز آمار ایران، ترازنامه انرژی کشور، سالنامه آماری کشور و جست‌وجو در اینترنت) به دست آمده است. جامعه آماری این پژوهش باتوجه به در دسترس نبودن اطلاعات دو استان، شامل ۲۹ استان کشور است.

به‌طور کلی در علم تحقیق در عملیات برای اجرای تجربه عملی از مدل‌سازی و عمدتاً از مدل‌های ریاضی استفاده می‌شود. مدل، عبارتی در قالب ریاضی یا شبه ریاضی است که در معرفی موضوع مورد بحث آن را به‌صورت واقعیت تشریح می‌کند. به‌منظور مقابله با داده‌های کیفی یا نامشخص، همچنین با توجه به در دسترس نبودن، ابهام در داده‌ها و نادقیق بودن داده‌ها از منطق فازی برای ارزیابی کارایی استفاده شده است. برای حل و تحلیل مدل‌ها در این پژوهش از نرم‌افزار LINGO استفاده شده است.

مدل پیشنهادی پژوهش.

در پژوهش حاضر جهت انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌های مربوطه از مرور گسترده ادبیات پژوهش و مطالعات پیشین و نظرسنجی از خبرگان موضوع و بررسی پیشینه‌های داخلی و خارجی بهره برده شده است. بر اساس رویکرد منتخب برای اندازه‌گیری کارایی در این پژوهش، از آنجایی‌که مطمئن نیستیم که همه واحدها در مقیاس بهینه‌عمل می‌کنند یا خیر؛ بنابراین مدل با بازده متغیر نسبت به مقیاس (BCC) انتخاب شد [۲۳]. همچنین اگر امکان کنترل بیشتری بر ورودی‌های واحدهای تحت بررسی وجود داشته باشد، مدل ورودی‌محور و در صورتی که امکان کنترل بیشتری بر خروجی‌ها باشد، مدل خروجی‌محور مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به مطالب گفته شده و با لحاظ کردن ورودی‌ها و خروجی‌های تحت بررسی در این تحقیق و از آنجا که امکان کنترل بر خروجی‌های پژوهش نسبت به ورودی‌های پژوهش بیشتر است، از ماهیت خروجی‌محور در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس استفاده شده است تا کارایی نسبی تمامی استان‌های کشور در بخش زیست‌محیطی در سال‌های ۱۳۹۶–۱۳۹۹ اندازه‌گیری شود. سپس استان‌های کارا و ناکارا مشخص می‌شود و در نهایت با استفاده از روش تحلیل پنجره‌ای، کارایی نهایی استان‌ها مشخص خواهد شد.

ارزیابی کارایی با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها. در این مرحله به ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در جامعه آماری مورد مطالعه پرداخته شده است. همان‌طور که بیان شد واحدهای تصمیم‌گیری در این پژوهش شامل ۲۹ استان کشور است. محدوده زمانی در نظر گرفته شده برای پژوهش نیز سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ است.

تشریح مدل جهت سنجش کارایی واحدها. هدف از این بخش استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده است. مدل‌های مورداستفاده در این تحقیق از نوع خروجی‌محور و بازده به مقیاس متغیر می‌باشند. همچنین با توجه به اینکه انتشار گازهای آلاینده روند رو به رشد دارد و برای بهبود کارایی زیست‌محیطی باید اقداماتی برای کاهش دی‌اکسید کربن انجام داد، بنابراین کاملاً روشن است که باید به فکر کاهش در مقدار این خروجی بود. در این مطالعه به‌منظور مقابله با داده‌های کیفی یا نامشخص، همچنین با توجه به شرایط ابهام و نادقیق بودن داده‌ها از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی برای ارزیابی کارایی استفاده شده است؛ در کل، استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی پنجره‌ای در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در استان‌های کشور، به دلیل دقت بالا، توانایی مدل‌سازی داده‌های فازی و شناسایی الگوهای پیچیده، یکی از بهترین روش‌ها است [۴۳].

تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای. تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای بر اساس دیدگاهی پویا بنا شده است، به این صورت که یک واحد تصمیم‌گیری (DMU) با امکان‌پذیر ساختن ترکیب مشاهدات در سری‌های زمانی و مقطعی تا حدودی مشکل ناکافی بودن مشاهدات را در ارزیابی‌های زمانی برطرف می‌کند [۴۴]. در تحلیل پنجره‌ای برای تعیین کارایی نسبی هر DMU از روش میانگین متحرک برای انتخاب مجموعه مرجع استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، هنگامی که پنجره مجموعه یک بار جابجا می‌شود، اولین دوره از هر پنجره حذف و یک دوره جدید به آن اضافه می‌شود. مزیت این روش، توصیف جامع تغییرات پویای کارایی هرDMU، به صورت افقی و عمودی است. نکته مهم‌تر اینکه، با استفاده از این روش تعداد واحدهای تصمیم‌گیری افزایش می‌یابد و در نتیجه، با افزایش تعداد DMUها، قدرت تفکیک‌پذیری در شرایطی که تعداد محدودی DMU در دسترس است، تقویت می‌شود [۴۵]. فرض کنید مجموعه‌ای از N (N=1, …, n) واحد تصمیم‌گیری (DMU) در بازه زمانی T (T=1, …, t) وجود داشته باشد. هر DMU دارای m نوع ورودی و s نوع خروجی است. فرض کنید DMU_n^t واحد تصمیم‌گیری n در دوره زمانی t را نشان دهد، در این صورت بردار ورودی x_n^t و بردار خروجی y_n^t به صورت زیر نمایش داده می‌شوند [۴۶].

رابطه (۲)

$$(x_n^t = x_n^{1t} \dots \dots)$$
$$(y_n^t = y_n^{1t} \dots \dots)$$

با فرض اینکه تحلیل پنجره در زمان $k(1 \le k \le t)$ شروع می‌شود و طول پنجره (تعداد پنجره‌ها) $w(1 \le k \le t-k)$ است، ورودی‌ها و خروجی‌ها را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد [۴۷].

رابطه (۳)

$$x_{k+w} = \begin{vmatrix} x_1^k & x_2^k & x_n^k \\ x_1^{k+1} & x_2^{k+2} & x_n^{k+1} \\ x_1^{k+w} & x_2^{k+w} & x_n^{k+w} \end{vmatrix} \qquad y_{k+w} = \begin{vmatrix} y_1^k & y_2^k & y_n^k \\ y_1^{k+1} & y_2^{k+2} & y_n^{k+1} \\ y_1^{k+w} & y_2^{k+w} & y_n^{k+w} \end{vmatrix}$$

در این روش، هر استان در هرسال به‌عنوان DMU متفاوت در نظر گرفته می‌شود. دوره زمانی مورد بررسی از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ است؛ بنابراین، تعداد کل DMU ها (۲۹ استان × ۴ سال) است. در اینجا، DEA یک معیار خروجی را در نظر می‌گیرد، یعنی سرانه گازهای آلاینده و دو معیار ورودی. از آنجایی‌که برای یک مدل W-DEA، امتیاز کارایی را می‌توان از طریق عرض‌های مختلف پنجره‌ها (w) تفسیر کرد، کارایی فنی را می‌توان به روش‌های مختلف با تغییر این پارامتر ارزیابی کرد؛ بنابراین، w به‌عنوان ۴ مقدار مختلف انتخاب شد ($w = 1.2.3.4$) که در آن $w = 1$ یک DMU را در هر دوره ارزیابی می‌کند (هر پنجره شامل ۲۹ DMU است). با توجه به پیشینه پژوهش، تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی قبلاً برای اندازه‌گیری کارایی زیست‌محیطی استان‌ها استفاده نشده است؛ بنابراین بر اساس همه ورودی‌ها و خروجی‌ها کارایی را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی محاسبه و سپس برای هر امتیاز کارایی متفاوت در هر پنجره، نسبت کارایی زیست محیطی را محاسبه می‌کنیم؛ بنابراین هر چه نسبت کارایی این پنجره بیشتر باشد، کارایی زیست‌محیطی استان بیشتر خواهد بود [۴۴].

مدل تحلیل پنجره‌ای امکان مشاهده روند تغییر کارایی را در طول زمان فراهم می‌آورد. از این ویژگی می‌توان برای فهم این موضوع استفاده کرد که آیا استان‌ها در جهت افزایش کارایی عمل کرده‌اند یا خیر. برای نمایش فرمولی این موضوع فرض کنید که N واحد تصمیم‌گیرنده در دوره زمانی T (T=1, …, t) وجود دارد و همه DMUها از m نهاده برای تولید s ستانده استفاده می‌کنند؛ بنابراین نمونه شامل T×N مشاهده خواهد بود و واحد تصمیم‌گیرنده n در دوره t یعنی DMU_n^t دارای یک بردار m بعدی از نهاده‌ها ($x_n^{1t}.x_n^{2t}.\dots.x_n^{mt}$) و همچنین یک بردار s بعدی از ستانده‌ها ($y_n^{1t}.y_n^{2t}.\dots.y_n^{st}$) است. پنجره که از زمان k شروع می‌شود ($1 \le k \le t$) و دارای عرض W ($1 \le W \le T - K$) است با kw مشخص می‌شود و دارای N×K مشاهده است. ماتریس نهاده‌ها و ستانده‌ها برای تحلیل پنجره‌ای را می‌توان به ترتیب در بردارهای زیر مشاهده کرد؛ بنابراین ماتریس ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌صورت رابطه (۴) است [۴۶،۴۷].

$$x_{kw} = (x_1^k.x_2^k.\dots.x_n^k.x_1^{k+1}.\dots.x_n^{k+W}) \qquad Y_{kw} = (Y_1^k.Y_2^k.\dots.Y_n^k.Y_1^{k+1}.\dots.Y_n^{k+W}) \qquad \text{رابطه (۴)}$$

تحلیل پوششی داده‌های فازی. تحلیل پوششی داده‌ها دارای سه مزیت اصلی است: (۱) این روش یک مدل غیرپارامتری است و اصل مدل‌سازی شهودی و مستقیم می‌باشد. (۲) مدل مربوطه را می‌توان به برنامه‌ریزی خطی تبدیل کرد؛ بنابراین، مقادیر بهینه را می‌توان به‌راحتی به دست آورد؛ و (۳) این روش می‌تواند برای تجزیه و تحلیل کارایی استفاده شود؛ بنابراین، DEA مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته و در بسیاری از زمینه‌های عملی استفاده شده است. به دلیل پیچیدگی دنیای واقعی، مقادیر مشاهده شده در مسائل زندگی واقعی اغلب مبهم هستند و گاهی اوقات به دست آوردن مستقیم مقدار دقیق داده‌های ورودی و خروجی دشوار است. داده‌های نادقیق اغلب برحسب فواصل مرزی، داده‌های توصیفی یا ترتیبی یا اعداد فازی بیان می‌شوند [۵۰]. برای پرداختن به این موضوع، تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA) را بر اساس برنامه‌ریزی ریاضی فازی پیشنهاد کردند [۴۸]؛ بنابراین، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با دقت و اطمینان بیشتری اطلاعات ارزیابی را ارائه دهند. به این دلیل، FDEA توجه تحقیقات زیادی را به خود جلب کرده است. در سال‌های اخیر، محققان چندین مدل از FDEA را برای مقابله با موقعیت‌هایی که برخی از داده‌های ورودی یا خروجی نادقیق یا مبهم هستند، فرموله کرده‌اند. به‌طور کلی، روش‌های DEA فازی را می‌توان به چهار دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: (۱) رویکرد تحمل [۳۸]؛ (۲) رویکرد مبتنی بر سطح α [۳۰،۱۹]؛ (۳) رویکرد رتبه‌بندی فازی [۱۵] و (۴) رویکرد امکان [۳۰]. علیرغم وجود انواع مختلف رویکردهای فازی برای بررسی ابهام و عدم قطعیت در مدل DEA که اکثر آن‌ها دارای پیچیدگی محاسباتی و منطق ضعیف هستند، در این مطالعه از یک مدل FDEA قابل‌درک مبتنی بر عملیات جبری فازی استفاده شده است. عملیاتی که از پیچیدگی محاسباتی بسیار کمتر و منطق قوی‌تری نسبت به سایر مدل‌های فازی DEA برخوردار است [۱۴]. با معرفی متغیرهای ورودی و خروجی فازی، مدل‌های DEA فازی زیر برای اندازه‌گیری کارایی فازی DMU تحت بررسی استفاده می‌شوند [۵۳].

$$Min\ \theta_0^l = \sum_{r=1}^{s} v_i x_{i0}^l$$

$$s.t: \quad \sum_{i=1}^{m} u_r y_{r0}^u = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj}^u - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^l \le 0 \qquad (j = 1.2.\ldots.n)$$

$$u_r\,.\,v_i \ge 0. \qquad (i = 1.\cdots.\mathrm{m};\ \mathrm{r} = 1.\cdots.\mathrm{s})$$

رابطه (۵). مدل حد پایین کارایی

$$Min\ \theta_0^m = \sum_{r=1}^{s} v_i x_{i0}^m$$

$$s.t: \quad \sum_{i=1}^{m} u_r y_{r0}^m = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj}^u - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^l \le 0 \qquad (j = 1.2.\ldots.n)$$

$$u_r\,.\,v_i \ge 0. \qquad (i = 1.\cdots.\mathrm{m};\ \mathrm{r} = 1.\cdots.\mathrm{s})$$

رابطه (۶). مدل حد وسط کارایی

$$Min\ \theta_0^u = \sum_{r=1}^{s} v_i x_{i0}^u$$

$$s.t: \quad \sum_{i=1}^{m} u_r y_{r0}^l = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r\, y_{rj}^u - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^l \le 0 \qquad (j = 1.2.\ldots.n)$$

$$u_r\,.\,v_i \ge 0. \qquad (i = 1.\cdots.\mathrm{m};\ \mathrm{r} = 1.\cdots.\mathrm{s})$$

رابطه (۷). مدل حد بالای کارایی

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

مرحله اول: شناسایی و معرفی شاخص‌های ورودی و خروجی. در این تحقیق، سه شاخص اصلی شامل سرانه مصرف انرژی، سرانه وسایل نقلیه و سرانه گازهای آلاینده انتخاب شده‌اند. در خصوص انتخاب متغیرها، موارد زیر لحاظ شدند:

۱. بررسی ادبیات موضوع و احصای متغیرهای ورودی و خروجی: در مقالات مشابه، معمولاً شاخص‌های ورودی و خروجی متنوعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، اما بسیاری از آن‌ها بر روی متغیرهای مرتبط با مصرف انرژی و حمل و نقل تمرکز داشته‌اند. به عنوان مثال، در تحقیقاتی که به بررسی کارایی زیست‌محیطی در کشورهای مختلف پرداخته‌اند، متغیرهایی مانند مصرف انرژی، تعداد وسایل نقلیه و میزان آلاینده‌ها به عنوان شاخص‌های کلیدی در نظر گرفته شده‌اند. این روند، نشان‌دهنده اهمیت این متغیرها در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی است. در این تحقیق، مقالات متعددی که به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی پرداخته‌اند، مورد بررسی قرار گرفتند. به عنوان مثال ال‌وی و شانگ[1] (۲۰۲۳) به بررسی اثرات سیستم‌های حمل‌ونقل بر حفظ انرژی و کاهش انتشار سیستم‌های حمل‌ونقل پرداختند. خان[2] و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در چین پرداختند. لی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود به ارزیابی تأثیر مصرف انرژی و تخصیص عوامل بر آلودگی هوای چین پرداختند. پودنکس[3] (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر سیاست‌های حمل‌ونقل بر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای از حمل‌ونقل مسافر شهری پرداخت. ناظمی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه خود به بررسی کارایی انرژی در استان‌های ایران با استفاده از متغیرهای مشابه پرداختند. کریمی دهکردی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به

1. Lv & Shang
2. Khan
3. Poudenx

ارزیابی کارایی انرژی در استان‌های منتخب ایران با استفاده از متغیرهای مشابه پرداختند. این مطالعات نشان می‌دهند که متغیرهای مرتبط با مصرف انرژی و حمل و نقل به‌طور مکرر به عنوان شاخص‌های کلیدی در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی انتخاب شده‌اند.

۲. انتخاب متغیرها بر اساس داده‌های در دسترس و ارتباط مستقیم آنها با تولید آلاینده‌ها:

سرانه مصرف انرژی: این متغیر به عنوان یکی از ورودی‌های اصلی، به میزان مصرف انرژی در هر استان اشاره دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که افزایش مصرف انرژی به‌طور مستقیم با افزایش تولید گازهای آلاینده مرتبط است. به عنوان مثال، در تحقیقاتی که به بررسی تأثیر مصرف انرژی بر آلودگی هوا پرداخته‌اند، مشخص شده است که هر چه سرانه مصرف انرژی بیشتر باشد، میزان آلاینده‌های تولید شده نیز افزایش می‌یابد. این ارتباط قوی، انتخاب این متغیر را توجیه می‌کند.

سرانه وسایل نقلیه: تعداد وسایل نقلیه در هر استان نیز به عنوان ورودی دیگر، تأثیر مستقیمی بر میزان آلاینده‌ها دارد. افزایش تعداد وسایل نقلیه به معنای افزایش ترافیک و در نتیجه افزایش انتشار گازهای آلاینده است. در بسیاری از مقالات مشابه، این متغیر به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است.

سرانه گازهای آلاینده: این شاخص به عنوان خروجی اصلی، به ارزیابی مستقیم تأثیرات منفی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر محیط زیست می‌پردازد.

۳. تأیید متغیرهای ورودی و خروجی توسط خبرگان: انتخاب این سه شاخص (سرانه مصرف انرژی، سرانه وسایل نقلیه و سرانه گازهای آلاینده) بر اساس نظرات ۱۰ کارشناس خبره در حوزه زیست‌محیطی و انرژی انجام شده است. این کارشناسان شامل دانشگاهیان، محققان و مدیران دولتی با تجربه در زمینه‌های مربوطه بودند. اجماع نظر میان آنها از طریق یک روش دلفی انجام شد که شامل چندین دور پرسش و پاسخ بود. این روش به ما این امکان را داد که به یک توافق کلی در مورد انتخاب شاخص‌ها برسیم.

در نهایت، با بررسی ادبیات موضوع و نیز مصاحبه با خبرگان حوزه زیست‌محیطی و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و همچنین براساس داده‌های موجود، متغیرها انتخاب شدند که عبارتند از ۲ متغیر ورودی شامل سرانه مصرف انرژی (x_n^{1t}: سرانه مصرف انرژی استان n ($DMU_n: n = 1.2. \dots .29$) در دوره t ($t = 1.2.3.4$)) (این متغیر نشان‌دهنده میزان مصرف انرژی در هر استان به ازای هر نفر است) و سرانه وسایل نقلیه (x_n^{2t}: سرانه وسایل نقلیه استان n ($DMU_n: n = 1.2. \dots .29$) در دوره t ($t = 1.2.3.4$)) (این متغیر به میزان وسایل نقلیه و استفاده از آن‌ها در هر استان اشاره دارد) و ۱ متغیر خروجی شامل سرانه گازهای آلاینده (y_n^t: سرانه گازهای آلاینده استان n ($DMU_n: n = 1.2. \dots .29$) در دوره t ($t = 1.2.3.4$)) (این متغیر به میزان آلاینده‌های تولید شده به ازای هر نفر در هر استان اشاره دارد. این خروجی به عنوان نماینده‌ای از تأثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی در نظر گرفته شده است).

مرحله دوم: جمع‌آوری داده‌ها. داده‌های مربوط به ورودی و خروجی‌های استان‌ها طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ از سالنامه آماری کشور جمع‌آوری شده است.

مرحله سوم: تبدیل خروجی‌های نامطلوب به مطلوب. در این مرحله، با استفاده از روش بیان شده در بخش مدل‌سازی عوامل نامطلوب، خروجی نامطلوب (سرانه گازهای آلاینده) به خروجی مطلوب تبدیل شده است.

مرحله چهارم: اجرای مدل مورد استفاده در پژوهش. در این مرحله، برای هر یک از استان‌ها در هر سال یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی از نوع BCC خروجی‌محور به‌طور جداگانه مدل‌سازی شد.

مرحله پنجم: اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای. هدف از اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای این است که عملکرد هر یک از DMUها (استان‌ها) در یک دوره زمانی را با عملکرد همان واحد (استان) در دوره‌های زمانی دیگر مقایسه کنیم تا بتوانیم به مرز کارایی دقیق‌تری دست پیدا کنیم. همچنین از آنجایی‌که تحلیل پنجره‌ای یک واحد تصمیم‌گیری را در هرسال با هویتی متفاوت ارزیابی می‌کند، سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ شامل سه پنجره دو ساله است و هر پنجره برای ۲۹ استان معادل ۵۸ واحد تصمیم‌گیری است و چون ۳ پنجره در هر مدل وجود دارد به تعداد ۱۷۴ مدل با نرم‌افزار لینگو حل شد. نتایج حاصل از اجرای مدل‌های پژوهش در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۲. نتایج اجرای مدل تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای.

استان	سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	میانگین کارایی
آذربایجان شرقی	پنجره ۱	(۰/۶۷۹۲۸۲.۰/۶۷۹۲۸۷.۰/۶۷۹۲۹۲)	(۰/۹۳۳۱۹۳.۰/۹۳۳۱۹۹.۰/۹۳۳۲۰۴)			(۰/۸۰۶۲۳۷۵.۰/۸۰۶۲۴۳۱.۰/۸۰۶۲۴۸۳)
	پنجره ۲		(۰/۹۳۲۸۵۸.۰/۹۳۲۸۶۴.۰/۹۳۲۸۶۹)	(۰/۸۹۳۳۱۰.۰/۸۹۳۳۱۴.۰/۸۹۳۳۱۹)		(۰/۹۱۳۰۸۴۳.۰/۹۱۳۰۸۸۹.۰/۹۱۳۰۹۳۹)
	پنجره ۳			(۰/۷۵۸۵۴۱.۰/۷۵۸۵۴۵.۰/۷۵۸۵۴۹)	(۰/۸۲۷۲۲۲.۰/۸۲۷۲۲۶.۰/۸۲۷۲۲۹)	(۰/۷۹۲۸۸۱۷.۰/۷۹۲۸۸۵۱.۰/۷۹۲۸۸۸۹)
	میانگین	(۰/۶۷۹۲۸۲.۰/۶۷۹۲۸۷.۰/۶۷۹۲۹۲)	(۰/۹۳۳۰۲۵۶.۰/۹۳۳۰۳۱۲.۰/۹۳۳۰۳۶۵)	(۰/۸۲۵۹۲۵۷.۰/۸۲۵۹۲۹۴.۰/۸۲۵۹۳۳۸)	(۰/۸۲۷۲۲۲.۰/۸۲۷۲۲۶.۰/۸۲۷۲۲۹)	(۰/۸۳۷۴۰۱۲.۰/۸۳۷۴۰۵۷.۰/۸۳۷۴۱۰۳)
آذربایجان غربی	پنجره ۱	(۰/۵۵۵۹۶۹.۰/۵۵۵۹۷۳.۰/۵۵۵۹۷۷)	(۰/۸۶۸۷۱۷.۰/۸۶۸۷۲۴.۰/۸۶۸۷۳۰)			(۰/۷۱۲۳۴۳۰.۰/۷۱۲۳۴۸۴.۰/۷۱۲۳۵۳۴)
	پنجره ۲		(۰/۸۶۸۲۲۲.۰/۸۶۸۲۲۹.۰/۸۶۸۲۳۶)	(۰/۷۳۰۷۴۳.۰/۷۳۰۷۴۷.۰/۷۳۰۷۵۲)		(۰/۷۹۹۴۸۲۳.۰/۷۹۹۴۸۸۱.۰/۷۹۹۴۹۳۹)
	پنجره ۳			(۰/۶۷۷۱۹۷.۰/۶۷۷۲۰۱.۰/۶۷۷۲۰۶)	(۰/۶۲۶۹۱۲.۰/۶۲۶۹۱۷.۰/۶۲۶۹۲۱)	(۰/۶۵۲۰۵۴۸.۰/۶۵۲۰۵۹۰.۰/۶۵۲۰۶۳۵)
	میانگین	(۰/۵۵۵۹۶۹.۰/۵۵۵۹۷۳.۰/۵۵۵۹۷۷)	(۰/۸۶۸۴۶۹۵.۰/۸۶۸۴۷۶۳.۰/۸۶۸۴۸۲۷)	(۰/۷۰۳۹۶۹۸.۰/۷۰۳۹۷۴۳.۰/۷۰۳۹۷۹۲)	(۰/۶۲۶۹۱۲.۰/۶۲۶۹۱۷.۰/۶۲۶۹۲۱)	(۰/۷۲۱۲۹۳۴.۰/۷۲۱۲۹۸۵.۰/۷۲۱۳۰۳۶)
اردبیل	پنجره ۱	(۰/۶۶۱۰۸۳.۰/۶۶۱۱۰۰.۰/۶۶۱۱۱۵)	(۰/۸۶۸۸۸۱.۰/۸۶۸۹۰۰.۰/۸۶۸۹۱۵)			(۰/۷۶۴۹۸۲۱.۰/۷۶۴۹۹۹۷.۰/۷۶۵۰۱۵۲)
	پنجره ۲		(۰/۸۶۸۲۱۷.۰/۸۶۸۲۳۴.۰/۸۶۸۲۵۰)	(۰/۸۳۴۷۴۲.۰/۸۳۴۷۵۴.۰/۸۳۴۷۶۷)		(۰/۸۵۱۴۷۹۴.۰/۸۵۱۴۹۴۰.۰/۸۵۱۵۰۸۵)
	پنجره ۳			(۰/۷۶۳۵۹۰.۰/۷۶۳۶۰۰.۰/۷۶۳۶۱۲)	(۰/۸۱۹۸۲۰.۰/۸۱۹۸۳۱.۰/۸۱۹۸۴۱)	(۰/۷۹۱۷۰۴۸.۰/۷۹۱۷۱۵۴.۰/۷۹۱۷۲۶۶)
	میانگین	(۰/۶۶۱۰۸۳.۰/۶۶۱۱۰۰.۰/۶۶۱۱۱۵)	(۰/۸۶۸۵۴۹۱.۰/۸۶۸۵۶۶۹.۰/۸۶۸۵۸۲۷)	(۰/۷۹۹۱۶۵۸.۰/۷۹۹۱۷۷۰.۰/۷۹۹۱۸۹۷)	(۰/۸۱۹۸۲۰.۰/۸۱۹۸۳۱.۰/۸۱۹۸۴۱)	(۰/۸۰۲۷۲۲۱.۰/۸۰۲۷۳۶۴.۰/۸۰۲۷۵۰۱)
اصفهان	پنجره ۱	(۰/۵۵۵۹۶۹.۰/۵۵۵۹۷۳.۰/۵۵۵۹۷۷) ۵	(۰/۸۱۱۳۲۰.۰/۸۱۱۳۲۴.۰/۸۱۱۳۲۸)		.	(۰/۶۸۳۶۴۴۳.۰/۶۸۳۶۴۸۶.۰/۶۸۳۶۵۲۶)
	پنجره ۲		(۰/۸۱۰۲۳۹.۰/۸۱۰۲۴۳.۰/۸۱۰۲۴۷)	(۰/۸۷۷۲۰۱.۰/۸۷۷۲۰۵.۰/۸۷۷۲۱۱)		(۰/۸۴۳۷۱۹۸.۰/۸۴۳۷۲۳۶.۰/۸۴۳۷۲۹۱)
	پنجره ۳			(۱/۱۴۶۴۹۶.۱/۱۳۹۹۶۲.۱.۱۳۹۹۷۶)	(۰/۸۲۶۸۶۲.۰/۸۲۶۸۶۸.۰/۸۲۶۸۷۳)	(۰/۹۸۶۶۷۹۰.۰/۹۸۳۴۱۴۸.۰/۹۸۳۴۲۴۴)
	میانگین	(۰/۵۵۵۹۶۹.۰/۵۵۵۹۷۳.۰/۵۵۵۹۷۷)	۰(/۸۱۰۷۷۹۲.۰/۸۱۰۷۸۳۵.۰/۸۱۰۷۸۷۴	۱/۰۱۱۸۴۸۱.۱/۰۰۸۵۸۳۱.۱/۰۰۸۵۹۳۷	(۰/۸۲۶۸۶۲.۰/۸۲۶۸۶۸.۰/۸۲۶۸۷۳)	(۰/۸۳۶۹۱۴۴.۰/۸۳۶۹۲۹۰.۰/۸۳۶۹۳۵۴)
البرز	پنجره ۱	(۰/۶۸۶۵۵۲.۰/۶۸۶۵۵۹.۰/۶۸۶۵۶۷)	(۰/۱۵۷۷۳۲.۰/۱۵۷۷۲۳.۰/۱۵۷۷۳۹)			(۰/۴۲۲۱۳۷۷.۰/۴۲۲۱۴۵۶.۰/۴۲۲۱۵۳۱)
	پنجره ۲		(۰/۱۵۶۸۳۶.۰/۱۵۶۸۴۴.۰/۱۵۶۸۵۱)	(۰/۸۲۴۱۸۱.۰/۸۲۴۱۸۶.۰/۸۲۴۱۹۲)		(۰/۴۹۰۵۰۸۳.۰/۴۹۰۵۱۵۱.۰/۴۹۰۵۲۱۹)
	پنجره ۳			(۰/۷۵۷۵۴۰.۰/۷۵۷۵۴۵.۰/۷۵۷۵۵۱)	۰/۸۷۵۲۱۰.۰/۸۷۵۲۳۴.۰/۸۷۵۲۵۷	(۰/۸۱۶۳۷۵۱.۰/۸۱۶۳۸۹۹.۰/۸۱۶۴۰۳۹)
	میانگین	(۰/۶۸۶۵۵۲.۰/۶۸۶۵۵۹.۰/۶۸۶۵۶۷)	(۰/۱۵۷۲۷۹۶.۰/۱۵۷۲۸۷۹.۰/۱۵۷۲۹۵۴)	(۰/۷۹۰۸۶۰۵.۰/۷۹۰۸۶۵۸.۰/۷۹۰۸۷۱۷)	۰/۸۷۵۲۱۰.۰/۸۷۵۲۳۴.۰/۸۷۵۲۵۷	(۰/۵۷۶۳۴۰۳.۰/۵۷۶۳۵۰۲.۰/۵۷۶۳۵۹۶)
ایلام	پنجره ۱	(۰/۹۹۹۹۸۰.۰/۹۹۹۹۸۵.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۸۷۸۸۰۳.۰/۸۷۸۸۴۱.۰/۸۷۸۸۷۷)			(۰/۹۳۹۳۹۱۳.۰/۹۳۹۴۱۳۱.۰/۹۳۹۴۳۸۴)
	پنجره ۲		(۰/۸۷۸۰۷۰.۰/۸۷۸۱۰۹.۰/۸۷۸۱۴۴)	(۰/۷۶۹۰۵۴.۰/۷۶۹۰۷۸.۰/۷۶۹۱۰۸)		(۰/۸۲۳۵۶۲۱.۰/۸۲۳۵۹۳۵.۰/۸۲۳۶۲۶۰)
	پنجره ۳			(۰/۷۱۱۰۰۳.۰/۷۱۱۰۲۶.۰/۷۱۱۰۵۲)	(۰/۴۹۸۷۹۷.۰/۴۹۸۸۰۹۰.۰/۴۹۸۸۲۰)	(۰/۶۰۴۹۰۰۰.۰/۶۰۴۹۱۷۴.۰/۶۰۴۹۳۶۴)
	میانگین	(۰/۹۹۹۹۸۰.۰/۹۹۹۹۸۵.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۸۷۸۴۳۶۴.۰/۸۷۸۴۷۵۰.۰/۸۷۸۵۱۰۵)	(۰/۷۴۰۰۲۸۴.۰/۷۴۰۰۵۱۹.۰/۷۴۰۰۸۰۱)	(۰.۴۹۸۷۹۷.۰/۴۹۸۸۰۹۰.۰/۴۹۸۸۲۰)	(۰/۷۸۹۲۸۴۵.۰/۷۸۹۳۰۸۰.۰/۷۸۹۳۳۳۶)
بوشهر	پنجره ۱	(۰/۴۷۳۴۷۴.۰/۴۷۳۷۹۲.۰/۴۷۳۸۰۹)	(۰/۶۹۳۲۲۷.۰/۶۹۳۲۴۶.۰/۶۹۳۲۶۴)			(۰/۵۸۳۵۰۰۳.۰/۵۸۳۵۱۹۰.۰/۵۸۳۵۳۶۳)
	پنجره ۲		(۰/۶۹۱۷۲۷.۰/۶۹۱۷۴۷.۰/۶۹۱۷۶۴)	(۰/۵۳۵۰۷۶.۰/۵۳۵۰۸۸.۰/۵۳۵۱۰۲)		(۰/۶۱۳۴۰۱۷.۰/۶۱۳۴۱۷۲.۰/۶۱۳۴۱۳۳۲)
	پنجره ۳			(۰/۴۹۹۹۳۴.۰/۴۹۹۹۳۵.۰/۴۹۹۹۴۹)	(۰/۸۱۴۱۵۱.۰/۸۱۴۱۵۳۱.۰/۸۱۴۱۵۳۲)	(۰/۶۵۷۰۳۷۵.۰/۶۵۷۰۴۳۸.۰/۶۵۷۰۵۱۰)
	میانگین	(۰/۴۷۳۴۷۴.۰/۴۷۳۷۹۲.۰/۴۷۳۸۰۹)	(۰/۶۹۲۴۷۷۲.۰/۶۹۲۴۹۶۴.۰/۶۹۲۵۱۳۹)	(۰/۵۱۷۴۹۸.۰/۵۱۷۵۱۱۴.۰/۵۱۷۵۲۵۶)	(۰/۸۱۴۱۵۱.۰/۸۱۴۱۵۳۱.۰/۸۱۴۱۵۳۲)	(۰/۶۱۷۹۷۹۸۰.۰/۶۱۷۹۹۳۳.۰/۶۱۸۰۰۶۸)
تهران	پنجره ۱	(/۶۸۵۵۷۵.۰/۶۸۵۵۷۷.۰/۶۸۵۵۷۸)	(۰/۹۲۷۲۸۴.۰/۹۲۷۲۸۶.۰/۹۲۷۲۸۸)			(۰/۸۰۶۴۲۹۵.۰/۸۰۶۴۳۱۳.۰/۸۰۶۴۳۲۹)
	پنجره ۲		(۰/۹۲۶۷۲۲.۰/۹۲۶۷۲۴.۰/۹۲۶۷۲۶)	(۰/۸۰۷۱۴۵.۰/۸۰۷۱۴۷.۰/۸۰۷۱۴۸)		(۰/۸۶۶۹۳۳۹.۰/۸۶۶۹۳۵۴.۰/۸۶۶۹۳۶۹)
	پنجره ۳			(۰/۷۴۷۳۴۷.۰/۷۴۷۳۵۱.۰/۷۴۷۳۵۵)	(۰/۸۴۹۹۴۸.۰/۸۴۹۹۶۳.۰/۸۴۹۹۷۷)	(۰/۷۹۸۶۴۷۶.۰/۷۹۸۶۵۷۰.۰/۷۹۸۶۶۵۹)
	میانگین	(۰/۶۸۵۵۷۵.۰/۶۸۵۵۷۷.۰/۶۸۵۵۷۸)	(۰/۹۲۷۰۰۳۲.۰/۹۲۷۰۰۴۹.۰/۹۲۷۰۰۶۷)	(۰/۷۷۷۲۴۶۱.۰/۷۷۷۲۴۹۰/۷۷۷۲۵۱۲)	(۰/۸۴۹۹۴۸.۰/۸۴۹۹۶۳.۰/۸۴۹۹۷۷)	(۰/۸۲۴۰۰۳۷.۰/۸۲۴۰۰۷۹.۰/۸۲۴۰۱۱۹)
چهارمحال و بختیاری	پنجره ۱	(۰/۶۹۰۸۹۹.۰/۶۹۰۹۲۱.۰/۶۹۰۹۴۱)	(۰/۹۴۰۰۴۳.۰/۹۴۰۰۶۷.۰/۹۴۰۰۸۸)			(۰/۸۱۵۴۷۱۰.۰/۸۱۵۴۹۳۹.۰/۸۱۵۵۱۴۷)
	پنجره ۲		(۰/۹۳۹۶۳۹.۰/۹۳۹۶۶۲.۰/۹۳۹۶۸۴)	(۰/۸۷۷۲۰۰۰.۰/۸۷۷۲۱۹)		(۰/۹۰۸۴۱۱۵.۰/۹۰۸۴۳۱۲.۰/۹۰۸۴۵۱۴)
	پنجره ۳			(۰/۷۶۶۰۲۴.۰/۷۶۶۰۴۸.۰/۷۶۶۰۵۴)	(۰/۷۱۳۴۸۵.۰/۷۱۳۴۸۷.۰/۷۱۳۴۹۰)	(۰/۷۳۹۷۵۴۳.۰/۷۳۹۷۶۷۶.۰/۷۳۹۷۷۱۸)
	میانگین	(۰/۶۹۰۸۹۹.۰/۶۹۰۹۲۱.۰/۶۹۰۹۴۱)	(۰/۹۳۹۸۴۰۸.۰/۹۳۹۸۶۴۷.۰/۹۳۹۸۸۵۴)	(۰/۸۲۱۶۰۴۳.۰/۸۲۱۶۲۴۰.۰/۸۲۱۶۳۶۶)	(۰/۷۱۳۴۸۵.۰/۷۱۳۴۸۷.۰/۷۱۳۴۹۰)	(۰/۸۲۱۲۱۲۳.۰/۸۲۱۲۳۳۰۹.۰/۸۲۱۲۴۶۰)
خراسان رضوی	پنجره ۱	(۰/۶۳۰۲۲۹.۰/۶۳۰۲۲۷.۰/۶۳۰۲۲۹)	(۰/۸۶۵۹۷۵.۰/۸۶۵۹۷۸.۰/۸۶۵۹۸۰)			(۰/۷۴۸۰۹۸۰/۷۴۸۱۰۲۲۰.۰/۷۴۸۱۰۴۷)
	پنجره ۲		(۰/۸۶۵۴۰۸.۰/۸۶۵۴۱۱.۰/۸۶۵۴۱۳)	(۰/۷۰۲۹۳۶.۰/۷۰۲۹۳۹.۰/۷۰۲۹۴۱)		(۰/۷۸۴۱۷۲۳.۰/۷۸۴۱۷۵۰.۰/۷۸۴۱۷۷۴)
	پنجره ۳			(۰.۶۴۸۳۴۲.۰.۶۴۸۳۴۸.۰.۶۴۸۳۵۱)	(۰/۷۳۲۷۱۲.۰/۷۳۲۷۱۵.۰/۷۳۲۷۱۷)	(۰/۶۹۰۵۲۶۹.۰/۶۹۰۵۳۱۴.۰/۶۹۰۵۳۴۰)
	میانگین	(۰/۶۳۰۲۲۹.۰/۶۳۰۲۲۷.۰/۶۳۰۲۲۹)	(۰/۸۶۵۶۹۱۵.۰/۸۶۵۶۹۴۵.۰/۸۶۵۶۹۶۸)	(۰.۶۷۵۶۳۸۶.۰.۶۷۵۶۴۳۳.۰.۶۷۵۶۴۶۰)	(۰/۷۳۲۷۱۲.۰/۷۳۲۷۱۵.۰/۷۳۲۷۱۷)	(۰/۷۴۰۹۳۲۷.۰/۷۴۰۹۳۶۲.۰/۷۴۰۹۳۸۷)
خراسان شمالی	پنجره ۱	(۰/۶۳۸۱۱۱.۰/۶۳۸۱۲۷.۰/۶۳۸۱۶۷)	(۰/۹۰۵۳۳۵.۰/۹۰۵۳۵۹.۰/۹۰۵۳۷۷)			(۰/۷۷۱۷۲۲۷.۰/۷۷۱۷۷۲۹.۰/۷۷۱۷۷۲۳)
	پنجره ۲		(۰/۹۰۴۸۰۰.۰/۹۰۴۸۲۴.۰/۹۰۴۸۴۱)	(۰/۷۳۹۰۲۱.۰/۷۳۹۰۴۰.۰/۷۳۹۰۶۹)		(۰/۸۲۱۹۱۰۲.۰/۸۲۱۹۳۲۳.۰/۸۲۱۹۵۵۱)
	پنجره ۳			(۰/۶۶۶۳۴۷.۰/۶۶۶۴۴۹.۰/۶۶۶۴۶۷)	(۰/۷۳۹۰۷۲.۰/۷۳۹۰۷۴.۰/۷۳۹۰۷۴)	(۰/۷۰۲۷۰۹۲.۰/۷۰۲۷۶۱۶.۰/۷۰۲۷۷۰۵)
	میانگین	(۰/۶۳۸۱۱۱.۰/۶۳۸۱۲۷.۰/۶۳۸۱۶۷)	(۰/۹۰۵۰۶۷۱.۰/۹۰۵۰۹۱۷.۰/۹۰۵۱۰۹۳)	(۰/۷۰۲۶۸۳۸.۰/۷۰۲۷۴۷۴.۰/۷۰۲۷۶۷۸)	(۰/۷۳۹۰۷۲.۰/۷۳۹۰۷۴.۰/۷۳۹۰۷۴)	(۰/۷۶۵۴۴۷۴.۰/۷۶۵۴۷۹۰.۰/۷۶۵۴۹۹۳)
خوز	پنجره ۱	(۰/۶۵۴۵۴۹.۰/۶۵۴۵۵۲.۰/۶۵۴۵۵۹)	(۰/۸۸۳۴۴۵.۰.۸۸۳۴۵۰.۰.۸۸۳۴۵۳)			(۰/۷۶۸۹۹۷۳.۰/۷۶۹۰۰۰۹.۰/۷۶۹۰۰۶۳)

استان	سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	میانگین کارایی
	پنجره ۲		(۰/۸۸۲۷۳۴)،(۰/۸۸۲۷۳۱)،(۰/۸۸۲۷۲۶)	(۰/۹۹۹۹۹۷)،(۰/۹۹۹۹۹۹)،(۰/۰۰۰۰۰)		(۰/۹۴۱۳۶۷۰)،(۰/۹۴۱۳۶۵۰)،(۰/۹۴۱۳۶۱۶)
	پنجره ۳			(۰/۹۳۴۳۹۲)،(۰/۹۳۴۳۸۰)،(۰/۹۳۴۳۳۱)	(۰/۶۶۷۱۵۹)،(۰/۶۶۷۱۵۶)،(۰/۶۶۷۱۵۵)	(۰/۸۰۰۷۳۵۶)،(۰/۸۰۰۷۳۴۱)،(۰/۸۰۰۷۳۲۸)
	میانگین	(۰/۶۵۴۵۵۹)،(۰/۶۵۴۵۵۲)،(۰/۶۵۴۵۴۹)	(۰/۸۸۳۰۹۳۶)،(۰/۸۸۳۰۹۰۵)،(۰/۸۸۳۰۸۵۸)	(۰/۹۶۷۱۵۶۱)،(۰/۹۶۷۱۵۳۴)،(۰/۹۶۷۱۱۴۰)	(۰/۶۶۷۱۵۹)،(۰/۶۶۷۱۵۶)،(۰/۶۶۷۱۵۵)	(۰/۸۳۷۰۳۶۳)،(۰/۸۳۷۰۳۲۷)،(۰/۸۳۷۰۵۰۶)
زنجان	پنجره ۱	(۰/۵۸۶۸۷۰)،(۰/۵۸۶۸۳۶)،(۰/۵۸۶۸۲۳)	(۰/۸۲۹۵۸۳)،(۰/۸۲۹۵۶۸)،(۰/۸۲۹۵۴۹)			(۰/۷۰۸۲۲۶۳)،(۰/۷۰۸۲۰۲۳)،(۰/۷۰۸۱۸۵۸)
	پنجره ۲		(۰/۸۲۸۷۰۱)،(۰/۸۲۸۶۸۶)،(۰/۸۲۸۶۶۷)	(۰/۶۶۷۶۲۷)،(۰/۶۶۷۶۰۴)،(۰/۶۶۷۵۹۱)		(۰/۷۴۸۱۶۳۸)،(۰/۷۴۸۱۴۵۵)،(۰/۷۴۸۱۲۸۸)
	پنجره ۳			(۰/۶۲۳۶۶۰)،(۰/۶۲۳۶۵۸)،(۰/۶۲۳۶۵۶)	(۰/۵۴۶۳۷۵)،(۰/۵۴۶۳۷۳)،(۰/۵۴۶۳۷۱)	(۰/۵۸۵۰۱۷۶)،(۰/۵۸۵۰۱۵۸)،(۰/۵۸۵۰۱۳۵)
	میانگین	(۰/۵۸۶۸۷۰)،(۰/۵۸۶۸۳۶)،(۰/۵۸۶۸۲۳)	(۰/۸۲۹۱۴۱۹)،(۰/۸۲۹۱۲۷۵)،(۰/۸۲۹۱۰۷۵)	(۰/۶۴۵۶۴۳)،(۰/۶۴۵۶۳۱)،(۰/۶۴۵۶۳۳)	(۰/۵۴۶۳۷۵)،(۰/۵۴۶۳۷۳)،(۰/۵۴۶۳۷۱)	(۰/۶۸۰۴۶۹۲)،(۰/۶۸۰۴۵۴۵)،(۰/۶۸۰۴۴۲۷)
سمنان	پنجره ۱	(۰/۳۸۸۳۹۸)،(۰/۳۸۸۳۴۸)،(۰/۳۸۸۳۲۸)	(۰/۶۴۵۴۵۴)،(۰/۶۴۵۳۳۲)،(۰/۶۴۵۳۰۲)			(۰/۵۱۶۸۷۶۱)،(۰/۵۱۶۸۴۰۰)،(۰/۵۱۶۸۱۵۱)
	پنجره ۲		(۰/۶۴۳۷۸۶)،(۰/۶۴۳۷۶۵)،(۰/۶۴۳۷۳۴)	(۰/۵۱۲۸۸۴)،(۰/۵۱۲۸۵۰)،(۰/۵۱۲۸۱۵)		(۰/۵۷۸۳۳۵۵)،(۰/۵۷۸۳۰۷۵)،(۰/۵۷۸۱۷۴۴)
	پنجره ۳			(۰/۴۷۹۱۹۰)،(۰/۴۷۹۱۸۹)،(۰/۴۷۹۱۸۶)	(۰/۷۵۵۵۷۶)،(۰/۷۵۵۵۷۱)،(۰/۷۵۵۵۶۹)	(۰/۶۱۷۳۷۸۳۰)،(۰/۶۱۷۳۷۹۹)،(۰/۶۱۷۳۷۷۵)
	میانگین	(۰/۳۸۸۳۹۸)،(۰/۳۸۸۳۴۸)،(۰/۳۸۸۳۲۸)	(۰/۶۴۴۵۴۸۳)،(۰/۶۴۴۵۱۸۱)	(۰/۴۹۶۰۳۷)،(۰/۴۹۶۰۱۹)،(۰/۴۹۶۰۳۰)	(۰/۷۵۵۵۷۶)،(۰/۷۵۵۵۷۱)،(۰/۷۵۵۵۶۹)	(۰/۵۷۰۸۴۴۹)،(۰/۵۷۰۸۴۲۵)،(۰/۵۷۱۱۲۲۳)
سیستان و بلوچستان	پنجره ۱	(۰/۳۷۸۰۶۴)،(۰/۳۷۸۰۵۱)،(۰/۳۷۸۰۴۶)	(۰/۸۳۳۲۵۳)،(۰/۸۳۳۲۴۵)			(۰/۶۰۵۶۵۸۲)،(۰/۶۰۵۶۴۵۱۹)،(۰/۶۰۵۶۴۵۷)
	پنجره ۲		(۰/۸۳۲۷۹۵)،(۰/۸۳۲۷۸۲)	(۰/۷۲۴۶۱۹)،(۰/۷۲۴۶۱۰)،(۰/۷۲۴۶۰۴)		(۰/۷۷۸۷۰۷۱)،(۰/۷۷۸۷۰۰۲)،(۰/۷۷۸۶۹۳۲)
	پنجره ۳			(۰/۶۶۵۶۴۲)،(۰/۶۶۵۶۴۱)،(۰/۶۶۵۶۳۸)	(۰/۷۱۲۷۴۱)،(۰/۷۱۲۷۳۹)،(۰/۷۱۲۷۳۷)	(۰/۶۸۹۱۹۱۵)،(۰/۶۸۹۱۸۹۶)،(۰/۶۸۹۱۸۷۳)
	میانگین	(۰/۳۷۸۰۶۴)،(۰/۳۷۸۰۵۱)،(۰/۳۷۸۰۴۶)	(۰/۸۳۳۰۲۴۱)،(۰/۸۳۳۰۲۱۴)،(۰/۸۳۳۰۱۳۷)	(۰/۶۹۵۱۳۰۶)،(۰/۶۹۵۱۲۵۵)،(۰/۶۹۵۱۲۱۱)	(۰/۷۱۲۷۴۱)،(۰/۷۱۲۷۳۹)،(۰/۷۱۲۷۳۷)	(۰/۶۹۱۱۸۵۶)،(۰/۶۹۱۱۸۰۶)،(۰/۶۹۱۱۷۵۴)
فارس	پنجره ۱	(۰/۶۱۲۶۱۹)،(۰/۶۱۲۶۱۲)،(۰/۶۱۲۶۰۹)	(۰/۸۵۸۶۹۳)،(۰/۸۵۸۶۹۰)،(۰/۸۵۸۶۸۶)			(۰/۷۳۵۶۵۶۲)،(۰/۷۳۵۶۵۱۲)،(۰/۷۳۵۶۴۷۴)
	پنجره ۲		(۰/۸۵۷۸۴۷)،(۰/۸۵۷۸۴۴)،(۰/۸۵۷۸۴۰)	(۰/۹۹۴۴۶۵)،(۰/۹۹۴۴۷۰)،(۰/۰۰۰۰۰۰)		(۰/۷۷۶۱۵۸۳)،(۰/۷۷۶۱۵۴۴)،(۰/۷۷۶۱۵۰۳)
	پنجره ۳			(۰/۶۴۷۶۲۶)،(۰/۶۴۷۶۲۴)،(۰/۶۴۷۶۲۲)	(۰/۴۳۰۶۵۸)،(۰/۴۳۰۶۵۷)،(۰/۴۳۰۶۵۶)	(۰/۵۳۹۱۴۱۷)،(۰/۵۳۹۱۴۰۲)،(۰/۵۳۹۱۳۸۷)
	میانگین	(۰/۶۱۲۶۱۹)،(۰/۶۱۲۶۱۲)،(۰/۶۱۲۶۰۹)	(۰/۸۵۸۲۷۰۲)،(۰/۸۵۸۲۶۷۳)،(۰/۸۵۸۲۶۲۹)	(۰/۶۷۱۰۴۷۶)،(۰/۶۷۱۰۴۴۱)،(۰/۶۷۱۰۴۲۹)	(۰/۴۳۰۶۵۸)،(۰/۴۳۰۶۵۷)،(۰/۴۳۰۶۵۶)	(۰/۶۸۳۶۵۲۱)،(۰/۶۸۳۶۴۸۶)،(۰/۶۸۳۶۴۵۴)
قزوین	پنجره ۱	(۰/۳۳۸۱۷۶)،(۰/۳۶۸۱۴۸)،(۰/۳۳۸۱۳۷)	(۰/۶۸۲۱۹۰)،(۰/۶۸۲۱۷۸)،(۰/۶۸۲۱۶۲)			(۰/۵۱۰۱۸۲۹)،(۰/۵۱۰۱۶۳۲)،(۰/۵۱۰۱۴۹۴)
	پنجره ۲		(۰/۶۹۱۰۰۸)،(۰/۶۸۰۹۹۶)،(۰/۶۸۰۹۷۹)	(۰/۴۷۷۵۵۰)،(۰/۴۷۷۵۸۱)،(۰/۴۷۷۵۵۵)		(۰/۵۷۹۲۶۷۲)،(۰/۵۷۹۲۸۸۶)،(۰/۵۷۹۲۶۷۳)
	پنجره ۳			(۰/۴۴۶۲۲۴)،(۰/۴۴۶۲۲۱)،(۰/۴۴۶۲۲۲)	(۰/۶۲۶۸۶۷)،(۰/۶۲۶۸۶۵)،(۰/۶۲۶۸۶۳)	(۰/۵۳۶۵۴۵۴)،(۰/۵۳۶۵۴۳۷)،(۰/۵۳۶۵۴۱۹)
	میانگین	(۰/۳۳۸۱۷۶)،(۰/۳۶۸۱۴۸)،(۰/۳۳۸۱۳۷)	(۰/۶۸۱۵۹۹۲)،(۰/۶۸۱۵۸۷۳)،(۰/۶۸۱۵۷۰۶)	(۰/۷۱۱۹۰۱۶)،(۰/۷۱۱۹۰۱۴)،(۰/۷۱۱۹۱۱۶)	(۰/۶۲۶۸۶۷)،(۰/۶۲۶۸۶۵)،(۰/۶۲۶۸۶۳)	(۰/۵۴۲۰۱۰۸)،(۰/۵۴۱۹۹۸۵)،(۰/۶۲۵۱۵۲۸)
قم	پنجره ۱	(۰/۵۴۷۷۹۱)،(۰/۵۴۷۷۶۳)،(۰/۵۴۷۷۵۲)	(۰/۷۷۵۷۸۲)،(۰/۷۷۵۷۷۰)،(۰/۷۷۵۷۵۳)			(۰/۶۶۱۷۸۶۳)،(۰/۶۶۱۷۶۶۳)،(۰/۶۶۱۷۵۲۳)
	پنجره ۲		(۰/۷۷۴۵۷۱)،(۰/۷۷۴۵۵۹)،(۰/۷۷۴۵۴۲)	(۰/۶۵۲۵۳۱)،(۰/۶۵۲۵۱۲)،(۰/۶۵۳۴۹۹)		(۰/۷۱۳۵۵۰۹)،(۰/۷۱۳۵۳۵۵)،(۰/۷۱۳۵۲۰۵)
	پنجره ۳			(۰/۶۰۸۸۸۵)،(۰/۶۰۸۸۸۲)،(۰/۶۰۸۸۸۰)	(۰/۷۹۲۹۴۶)،(۰/۷۹۲۹۷۷)،(۰/۷۹۲۹۸۰)	(۰/۷۰۰۹۳۲۳)،(۰/۷۰۰۹۲۹۶)،(۰/۷۰۰۹۱۲۷)
	میانگین	(۰/۵۴۷۷۹۱)،(۰/۵۴۷۷۶۳)،(۰/۵۴۷۷۵۲)	(۰/۷۷۵۱۷۶۵)،(۰/۷۷۵۱۶۴۲)،(۰/۷۷۵۱۴۷۴)	(۰/۷۷۴۳۰۴۲)،(۰/۷۷۴۲۸۸۶)،(۰/۷۷۴۲۶۷۴)	(۰/۷۹۲۹۴۶)،(۰/۷۹۲۹۷۷)،(۰/۷۹۲۹۸۰)	(۰/۶۹۲۰۸۹۸)،(۰/۶۹۲۰۷۷۱)،(۰/۶۹۲۰۶۱۸)
کردستان	پنجره ۱	(۰/۶۴۹۰۹۲)،(۰/۶۴۹۰۷۰)،(۰/۶۴۹۰۶۱)	(۰/۹۰۸۱۳۹)،(۰/۹۰۸۱۳۰)،(۰/۹۰۸۱۱۷)			(۰/۷۷۸۶۱۵۴)،(۰/۷۷۸۵۸۹۹۷)،(۰/۷۷۸۵۸۸۹)
	پنجره ۲		(۰/۹۰۷۶۰۷)،(۰/۹۰۷۵۹۳)،(۰/۹۰۷۶۱۶)	(۰/۵۹۳۱۶۳)،(۰/۵۹۳۱۵۶)،(۰/۵۹۳۱۵۰)		(۰/۸۶۶۷۷۷۷)،(۰/۸۶۶۷۶۵۳)،(۰/۸۶۶۷۵۲۹)
	پنجره ۳			(۰/۵۵۳۱۶۴)،(۰/۵۵۳۱۶۲)،(۰/۵۵۳۱۶۰)	(۰/۶۳۶۸۱۹)،(۰/۶۳۶۸۱۷)،(۰/۶۳۶۸۱۶)	(۰/۶۷۹۷۴۳۸)،(۰/۶۷۹۷۳۵۲)،(۰/۶۷۹۷۱۸۷)
	میانگین	(۰/۶۴۹۰۹۲)،(۰/۶۴۹۰۷۰)،(۰/۶۴۹۰۶۱)	(۰/۹۰۷۸۶۸۳)،(۰/۹۰۷۸۵۴۷)،(۰/۹۰۷۸۷۷۳)	(۰/۵۷۳۱۶۳۴)،(۰/۵۵۳۱۶۲۰)،(۰/۵۷۳۱۵۵۲)	(۰/۶۳۶۸۱۹)،(۰/۶۳۶۸۱۷)،(۰/۶۳۶۸۱۶)	(۰/۷۷۵۰۴۵۷)،(۰/۷۷۵۰۳۳۴)،(۰/۷۷۵۰۲۰۲)
کرمان	پنجره ۱	(۰/۵۱۲۲۲۶)،(۰/۵۱۲۲۱۵)،(۰/۵۱۲۲۱۱)	(۰/۷۰۹۴۷۸)،(۰/۷۰۹۴۷۰)،(۰/۷۰۹۴۶۳)			(۰/۶۱۰۸۵۲۳)،(۰/۶۱۰۸۴۲۵)،(۰/۶۱۰۸۳۷۰)
	پنجره ۲		(۰/۷۰۸۱۷۷)،(۰/۷۰۸۱۶۸)،(۰/۷۰۸۱۶۱)	(۰/۸۱۸۷۲۴)،(۰/۸۱۸۷۲۱)،(۰/۸۱۸۷۱۲)		(۰/۶۵۰۶۹۹)،(۰/۶۵۰۶۶۱۷)،(۰/۶۵۰۶۵۵۸)
	پنجره ۳			(۰/۷۱۸۸۸۳)،(۰/۷۱۸۸۸۰)،(۰/۷۱۸۸۱۷)	(۰/۷۹۳۶۴۴)،(۰/۷۹۳۶۶۳)،(۰/۷۹۳۷۰۷)	(۰/۶۷۳۴۳۵۶)،(۰/۶۷۳۴۱۲۶)،(۰/۶۷۳۴۰۲۳)
	میانگین	(۰/۵۱۲۲۲۶)،(۰/۵۱۲۲۱۵)،(۰/۵۱۲۲۱۱)	(۰/۷۰۸۸۲۷۶)،(۰/۷۰۸۸۱۸۸)،(۰/۷۰۸۸۱۲۳)	(۰/۷۶۸۸۰۸۷)،(۰/۷۶۸۸۰۰۸)،(۰/۷۶۸۷۹۴۳)	(۰/۷۹۳۶۴۴)،(۰/۷۹۳۶۶۳)،(۰/۷۹۳۷۰۷)	(۰/۶۴۴۹۸۵۹)،(۰/۶۴۴۹۷۲۳)،(۰/۶۴۴۹۶۵۰)
کرمانشاه	پنجره ۱	(۰/۴۸۴۷۴۳)،(۰/۴۸۴۷۲۹)،(۰/۴۸۴۷۰۵)	(۰/۶۷۸۷۲۸)،(۰/۶۷۸۷۱۴)،(۰/۶۷۸۷۰۶)			(۰/۵۸۱۷۳۵۴)،(۰/۵۸۱۷۲۱۸)،(۰/۵۸۱۷۰۵۵)
	پنجره ۲		(۰/۶۷۸۱۱۱)،(۰/۶۷۸۰۹۷)،(۰/۶۷۸۰۸۹)	(۰/۸۱۸۷۲۴)،(۰/۸۱۸۷۲۱)،(۰/۸۱۸۷۱۲)		(۰/۷۴۸۴۲۲۴)،(۰/۷۴۸۴۰۸۹)،(۰/۷۴۸۴۰۰۳)
	پنجره ۳			(۰/۷۱۸۸۸۳)،(۰/۷۱۸۸۷۷)،(۰/۷۱۸۸۷۰)	(۰/۷۱۵۰۴۳)،(۰/۷۱۵۰۱۰)،(۰/۷۱۵۰۳۶)	(۰/۷۱۶۹۶۳۱)،(۰/۷۱۶۹۶۰۵)،(۰/۷۱۶۹۵۴۴)
	میانگین	(۰/۴۸۴۷۴۳)،(۰/۴۸۴۷۲۹)،(۰/۴۸۴۷۰۵)	(۰/۶۷۸۴۱۹۵)،(۰/۶۷۸۴۰۵۵)،(۰/۶۷۸۳۹۷۴)	(۰/۷۶۸۸۰۸۷)،(۰/۷۶۸۸۰۰۸)،(۰/۷۶۸۷۹۴۳)	(۰/۷۱۵۰۴۳)،(۰/۷۱۵۰۱۰)،(۰/۷۱۵۰۳۶)	(۰/۶۸۲۳۷۳۶)،(۰/۶۸۲۳۶۳۷)،(۰/۶۸۲۳۵۴۱)
کهگیلویه و بویراحمد	پنجره ۱	(۰/۷۰۹۴۹۷)،(۰/۷۰۹۴۶۰)،(۰/۷۰۹۳۹۴)	(۰/۹۹۹۹۹۸)،(۰/۹۹۹۹۶۸)،(۰/۰۰۰۰۰۰)			(۰/۸۵۴۷۴۸۳)،(۰/۸۵۴۷۱۴۲)،(۰/۸۵۴۶۷۱۷)
	پنجره ۲		(۰/۹۹۹۹۹۸)،(۰/۹۹۹۹۶۸)،(۰/۹۹۹۹۴۹)	(۰/۷۸۵۲۷۲)،(۰/۷۸۵۲۳۶)،(۰/۷۸۵۲۱۰)		(۰/۸۹۲۵۷۹۷)،(۰/۸۹۲۶۳۶۰)،(۰/۸۹۲۶۲۰۲)
	پنجره ۳			(۰/۶۶۶۴۶۴)،(۰/۶۶۶۴۷۱)،(۰/۶۶۶۴۷۲)	(۰/۸۲۳۸۱۵)،(۰/۸۲۳۸۰۸)،(۰/۸۲۳۸۰۳)	(۰/۷۴۵۱۴۳۲)،(۰/۷۴۵۱۳۹۴۰)،(۰/۷۴۵۱۳۳۵)
	میانگین	(۰/۷۰۹۴۹۷)،(۰/۷۰۹۴۶۰)،(۰/۷۰۹۳۹۴)	(۰/۹۹۹۹۹۸)،(۰/۹۹۹۹۶۸)،(۰/۹۹۹۹۴۹)	(۰/۸۷۲۵۸۷۱۸)،(۰/۷۲۵۸۵۳۵)،(۰/۷۲۵۸۳۷۰)	(۰/۸۲۳۸۱۵)،(۰/۸۲۳۸۰۸)،(۰/۸۲۳۸۰۳)	(۰/۸۳۰۸۴۲۵)،(۰/۸۳۰۸۱۸۶)،(۰/۸۳۰۷۹۵۰)
گلستان	پنجره ۱	(۰/۷۰۲۴۵۶)،(۰/۷۰۲۴۴۲)،(۰/۷۰۲۴۱۶)	(۰/۹۵۱۳۵۹)،(۰/۹۵۱۳۴۴)،(۰/۹۵۱۳۳۶)			(۰/۸۲۶۸۷۶۳)،(۰/۸۲۶۸۹۳۲)،(۰/۸۲۶۹۰۷۴)
	پنجره ۲		(۰/۹۵۱۰۴۲)،(۰/۹۵۱۰۲۸)،(۰/۹۵۱۰۲۰)	(۰/۸۱۲۱۳۰)،(۰/۸۱۲۱۱۷)،(۰/۸۱۲۱۰۸)		(۰/۸۸۱۵۸۶۱)،(۰/۸۸۱۵۷۲۳)،(۰/۸۸۱۵۶۳۹)
	پنجره ۳			(۰/۷۴۶۸۰۳)،(۰/۷۴۶۷۹۹)،(۰/۷۴۶۷۹۸)	(۰/۷۲۵۳۶۴)،(۰/۷۲۵۳۶۲)،(۰/۷۲۵۳۵۹)	(۰/۷۳۶۰۸۳۳)،(۰/۷۳۶۰۸۰۳)،(۰/۷۳۶۰۷۸۵)

استان	سال	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	میانگین کارایی
	میانگین	(۰/۷۰۲۴۱۶.۰/۷۰۲۴۴۲.۰/۷۰۲۴۵۶)	(۰/۹۵۱۱۷۸.۰/۹۵۱۱۸۶۱.۰/۹۵۱۲۰۰۶)	(۰/۷۷۹۴۵۲۹.۰/۷۷۹۴۵۷۷.۰/۷۷۹۴۶۶۳)	(۰/۷۲۵۳۵۹.۰/۷۲۵۳۶۲.۰/۷۲۵۳۶۴)	(۰/۸۱۴۸۳۹۶.۰/۸۱۴۸۴۸۶.۰/۸۱۴۸۵۸۹)
گیلان	پنجره ۱	(۰/۹۹۹۹۵۱.۰/۹۹۹۹۸۲.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۸۳۷۲۳۳.۰/۸۳۷۲۴۰.۰/۸۳۷۲۵۰)			(۰/۹۱۸۵۹۲۲.۰/۹۱۸۶۱۰۹.۰/۹۱۸۶۲۵۱)
	پنجره ۲		(۰/۸۳۶۲۶۶.۰/۸۳۶۲۲۷.۰/۸۳۶۲۸۳)	(۰/۷۴۴۴۸۶.۰/۷۴۴۴۹۴.۰/۷۴۴۴۵۰۴)		(۰/۷۹۰۳۷۶۱.۰/۷۹۰۳۸۲۸.۰/۷۹۰۳۹۳۱)
	پنجره ۳			(۰/۶۵۳۱۶۹.۰/۶۵۳۱۷۱.۰/۶۵۳۱۷۳)	(۰/۸۵۰۹۰۱.۰/۸۵۰۹۰۹.۰/۸۵۰۹۰۱۵)	(۰/۷۵۲۰۳۴۸.۰/۷۵۲۰۴۰۱۰/۷۵۲۰۴۳۶)
	میانگین	(۰/۹۹۹۹۵۱.۰/۹۹۹۹۸۲.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۸۳۶۷۴۹۶.۰/۸۳۶۷۵۵۹.۰/۸۳۶۷۶۶۴)	(۰/۶۹۸۸۲۷۵.۰/۶۹۸۸۳۲۴.۰/۶۹۸۸۳۸۰)	(۰/۸۵۰۹۰۱.۰/۸۵۰۹۰۹.۰/۸۵۰۹۰۱۵)	(۰/۸۲۰۳۳۴۴.۰/۸۲۰۳۴۴۶.۰/۸۲۰۳۵۳۹)
لرستان	پنجره ۱	(۰/۶۸۷۳۳۵.۰/۶۸۷۳۶۱.۰/۶۸۷۳۷۵)	(۰/۹۲۳۸۷۰.۰/۹۲۳۸۸۰.۰/۹۲۳۸۹۵)			(۰/۸۰۵۶۰۲۸.۰/۸۰۵۶۲۰۳.۰/۸۰۵۶۳۴۸)
	پنجره ۲		(۰/۹۲۳۴۳۸.۰/۹۲۳۴۴۷.۰/۹۲۳۴۶۳)	(۰/۸۲۱۸۰۲.۰/۸۲۱۸۱۲.۰/۸۲۱۸۲۵)		(۰/۸۷۲۶۱۹۹.۰/۸۷۲۶۲۹۳.۰/۸۷۲۶۴۳۸)
	پنجره ۳			(۰/۷۵۶۹۳۱.۰/۷۵۶۹۳۵.۰/۷۵۶۹۳۹)	(۰/۶۸۴۸۶۶.۰۶۸۴۸۷۰.۰۶۸۴۸۷۱)	(۰/۷۲۰۸۹۸۵.۰/۷۲۰۹۰۲۴.۰/۷۲۰۹۰۴۶)
	میانگین	(۰/۶۸۷۳۳۵.۰/۶۸۷۳۶۱.۰/۶۸۷۳۷۵)	(۰/۹۲۳۶۵۴.۰/۹۲۳۶۶۳.۰/۹۲۳۶۷۸)	(۰/۷۸۹۳۶۶۴.۰/۷۸۹۳۷۳۴.۰/۷۸۹۳۸۱۹)	(۰/۶۸۴۸۶۶.۰/۶۸۴۸۷۰.۰/۶۸۴۸۷۱)	(۰/۷۹۹۷۰۷۱.۰/۷۹۹۷۱۷۳.۰/۷۹۹۷۲۷۷)
مازندران	پنجره ۱	(۰/۴۵۷۰۱۳.۰/۴۵۷۰۲۷.۰/۴۵۷۰۳۵)	(۰/۸۱۰۴۴۰.۰/۸۱۰۴۴۵.۰/۸۱۰۴۵۴)			(۰/۶۳۳۷۲۶۷.۰/۶۳۳۷۳۶۲.۰/۶۳۳۷۴۴)
	پنجره ۲		(۰/۸۱۰۱۶۳.۰/۸۱۰۱۶۹.۰/۸۱۰۱۷۶)	(۰/۷۳۶۹۵۰.۰/۷۳۶۹۵۷.۰/۷۳۶۹۶۲)		(۰/۷۷۳۵۵۶۷.۰/۷۷۳۵۶۲۶.۰/۳۸۴۷۱۶۸)
	پنجره ۳		(۰/۶۳۷۱۰۰.۰/۶۳۷۱۰۲.۰/۶۳۷۱۰۴)	(۰/۶۳۷۱۰۰.۰/۶۳۷۱۰۲.۰/۶۳۷۱۰۴)	(۰/۱۳۲۳۱۱.۰/۱۳۲۳۲۱.۰/۱۳۲۳۲۹)	(۰/۳۸۴۷۰۵۶.۰/۳۸۴۷۱۱۲۰.۰/۳۸۴۷۱۶۸)
	میانگین	(۰/۴۵۷۰۱۳.۰/۴۵۷۰۲۷.۰/۴۵۷۰۳۵)	(۰/۸۱۰۳۰۱۹.۰/۸۱۰۳۰۶۸.۰/۸۱۰۳۱۵۰)	(۰/۶۸۷۰۲۵۱.۰/۶۸۷۰۲۹۲.۰/۶۸۷۰۳۳۱)	(۰/۱۳۲۳۱۱.۰/۱۳۲۳۲۱.۰/۱۳۲۳۲۹)	(۰/۵۹۷۲۲۹۷.۰/۵۹۷۲۳۶۷.۰/۵۹۷۲۳۴۳۵)
هرمزگان	پنجره ۱	(۰/۱۵۷۷۲۳.۰/۱۵۷۷۵۰.۰/۱۵۷۷۶۴)	(۰/۲۸۱۲۹۴.۰/۲۸۱۳۰۳.۰/۲۸۱۳۱۸)			(۰/۲۱۹۵۰۸۸.۰/۲۱۹۵۲۶۵.۰/۲۱۹۵۴۱۴)
	پنجره ۲		(۰/۲۸۰۲۶۹.۰/۲۸۰۲۷۸.۰/۲۸۰۲۹۳)	(۰/۱۴۳۵۸۷.۰/۱۴۳۵۹۹.۰/۱۴۳۶۰۸)		(۰/۲۱۱۹۲۸۱.۰/۲۱۱۹۳۸۲.۰/۲۱۱۹۵۰۶)
	پنجره ۳			(۰/۱۳۲۳۳۰.۰/۱۳۲۳۳۱.۰/۱۳۲۳۳۲)	(۰/۹۹۹۹۹۸.۰/۹۹۹۹۹۹.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۵۶۶۱۶۴۲.۰/۵۶۶۱۶۴۷.۰/۵۶۶۱۶۵۲)
	میانگین	(۰/۱۵۷۷۲۳.۰/۱۵۷۷۵۰.۰/۱۵۷۷۶۴)	(۰/۲۸۰۷۸۱۵.۰/۲۸۰۷۹۰۳.۰/۲۸۰۰۸۰۵۶)	(۰/۱۳۷۹۵۸۹.۰/۱۳۷۹۶۴۶.۰/۱۳۷۹۶۹۴)	(۰/۹۹۹۹۹۸.۰/۹۹۹۹۹۹.۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۳۳۲۵۳۳۷.۰/۳۳۲۵۵۴۳۱.۰/۳۳۲۵۵۵۲۴)
همدان	پنجره ۱	(۰/۴۵۵۱۸۷.۰/۴۵۵۲۱۵.۰/۴۵۵۲۳۰)	(۰/۷۰۷۷۴۸.۰/۷۰۷۷۵۸.۰/۷۰۷۷۷۳)			(۰/۵۸۱۴۶۷۸.۰/۵۸۱۴۸۶۱.۰/۵۸۱۵۰۱۵)
	پنجره ۲		(۰/۷۰۷۲۲۱.۰/۷۰۷۲۳۰.۰/۷۰۷۲۴۶)	(۰/۶۱۴۵۷۶.۰/۶۱۴۵۸۸.۰/۶۱۴۵۹۸)		(۰/۶۰۸۹۸۳.۰/۶۶۰۹۰۸۷.۰/۶۶۰۹۲۱۶)
	پنجره ۳			(۰/۵۶۷۸۵۳.۰/۵۶۷۸۵۵.۰/۵۶۷۸۵۷)	(۰/۴۰۶۰۵۳.۰/۴۰۶۰۶۸.۰/۴۰۶۰۸۲)	(۰/۴۸۶۹۵۳۲.۰/۴۸۶۹۶۱۷.۰/۴۸۶۹۶۹۴)
	میانگین	(۰/۴۵۵۱۸۷.۰/۴۵۵۲۱۵.۰/۴۵۵۲۳۰)	(۰/۷۰۷۴۸۴۰.۰/۷۰۷۴۹۳۶.۰/۷۰۷۵۰۹۴)	(۰/۵۹۱۲۱۴۷.۰/۵۹۱۲۲۱۵.۰/۵۹۱۲۲۷۲)	(۰/۴۰۶۰۵۳.۰/۴۰۶۰۶۸.۰/۴۰۶۰۸۲)	(۰/۵۷۶۴۳۹۸.۰/۵۷۶۴۵۲۲.۰/۵۷۶۴۴۲)
یزد	پنجره ۱	(۰/۳۳۴۱۶۱.۰/۳۳۴۲۰۳.۰/۳۳۴۲۲۶)	(۰/۴۸۶۸۰۴.۰/۴۸۶۸۱۸.۰/۴۸۶۸۴۳)			(۰/۴۱۰۴۸۲۹.۰/۴۱۰۵۱۰۷.۰/۴۱۰۵۳۴۳)
	پنجره ۲		(۰/۴۸۵۱۲۳.۰/۴۸۵۱۳۷.۰/۴۸۵۱۶۱)	(۰/۳۲۳۵۱۵.۰/۳۲۳۵۳۳.۰/۳۲۳۵۴۸)		(۰/۴۰۴۳۱۹۲.۰/۴۰۴۳۳۴۹.۰/۴۰۴۳۵۴۵)
	پنجره ۳			(۰/۳۰۲۲۸۲.۰/۳۰۲۲۸۶.۰/۳۰۲۲۹۲)	(۰/۳۰۷۳۰۳.۰/۳۰۷۳۰۳۱.۰/۳۰۷۳۰۳۲)	(۰/۳۰۴۷۹۲۷.۰/۳۰۴۷۹۴۹.۰/۳۰۴۷۹۷۴)
	میانگین	(۰.۳۳۴۱۶۱.۰.۳۳۴۲۰۳.۰.۳۳۴۲۲۶)	(۰/۴۸۵۹۶۳۹.۰/۴۸۵۹۷۷۹.۰/۴۸۶۰۰۲۰)	(۰/۳۱۲۸۹۸.۰/۳۱۲۹۰۹۵.۰/۳۱۲۹۱۹۸)	(۰/۳۰۷۳۰۳.۰/۳۰۷۳۰۳۱.۰/۳۰۷۳۰۳۲)	(۰/۳۷۳۱۹۸۲.۰/۳۷۳۲۱۳۵.۰/۳۷۳۲۲۸۷)

مرحله ششم: شناسایی واحدهای کارا و ناکارا. پس از تشکیل مدل‌های مربوطه با استفاده از داده‌های هر استان در هر سال و حل مدل‌ها با نرم‌افزار Lingo کارایی زیست‌محیطی استان‌ها به دست آمد. پارامترهای کارایی برای سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ در جداول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. پارامترهای کارایی برای استان‌ها به تفکیک سال

پارامترهای کارایی	سال ۹۶	سال ۹۷	سال ۹۸	سال ۹۹
میانگین کارایی	(۰/۵۸۳۲۰۱.۰/۵۸۳۲۱۷. ۰/۵۸۳۲۳۴)	(۰/۷۶۷۳۵۸.۰/۷۶۷۳۷۰ , ۰/۷۶۷۳۸۳)	(۰/۷۲۵۵۴۹ ۰/۷۱۸۸۴۰.۰/۷۰۸۲۹.۰/۷۱۸۸۴۰. ۰/۷۲۵۵۴۹)	(۰/۶۷۱۳۴۷.۰/۶۷۱۲۴۷, ۰/۶۷۱۲۴۱)
کمترین کارایی	(۰/۱۵۷۷۲۳.۰/۱۵۷۷۳۲. ۰/۱۵۷۷۳۹)	(۰/۱۵۶۸۳۶.۰/،۱۵۶۸۴۴. ۰/۱۵۶۸۵۱)	(۰/۱۴۳۵۸۷.۰/،۱۴۳۵۹۹. ۰/۱۴۳۶۰۸)	(۰/۱۳۲۳۱۱.۰/۱۳۲۳۲۱ ۰/۱۳۲۳۲۹)
بیشترین کارایی	(۰/۹۹۹۹۵۱.۰/۹۹۹۹۸۲ .۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۹۹۹۹۴۹.۰/۹۹۹۹۶۸. ۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۹۹۹۹۴۹.۰/۹۹۹۹۶۸ .۱/۰۰۰۰۰)	(۰/۹۹۹۹۹۸.۰/۹۹۹۹۹۹ .۱/۰۰۰۰۰)

میانگین کارایی هر استان در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹ با در نظر گرفتن طول دو سال برای هر پنجره به صورت جدول ۴ به دست آمدند.

جدول ۴. نتایج کارایی استان‌ها در هر پنجره در مدل BCC خروجی‌محور.

استان‌ها	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۳۹۶-۱۳۹۷
آذربایجان شرقی	(۰/۷۹۲۸۸۱۷.۰/۷۹۲۸۸۵۱.۰/۷۹۲۸۸۸۹)	(۰/۹۱۳۰۸۴۳.۰/۹۱۳۰۸۸۹.۰/۹۱۳۰۹۳۹)	(۰/۸۰۶۲۳۷۵.۰/۸۰۶۲۴۳۱.۰/۸۰۶۲۴۸۳)
آذربایجان غربی	(۰/۶۵۲۰۵۴۸.۰/۶۵۲۰۵۹۰.۰/۶۵۲۰۶۳۵)	(۰/۷۹۹۴۸۲۳.۰/۷۹۹۴۸۸۱.۰/۷۹۹۴۹۳۹)	(۰/۷۱۲۳۴۳۰.۰/۷۱۲۳۴۸۴.۰/۷۱۲۳۵۳۴)
اردبیل	(۰/۷۹۱۷۰۴۸.۰/۷۹۱۷۱۵۴.۰/۷۹۱۷۲۶۶)	(۰/۸۵۱۴۷۹۴.۰/۸۵۱۴۹۴۰.۰/۸۵۱۵۰۸۵)	(۰/۷۶۴۹۸۲۱.۰/۷۶۴۹۹۹۷.۰/۷۶۵۰۱۵۲)

استان‌ها	۱۳۹۸–۱۳۹۹	۱۳۹۷–۱۳۹۸	۱۳۹۶–۱۳۹۷
اصفهان	(۰/۹۸۶۶۷۹۰،۰/۹۸۳۴۱۴۸،۰/۹۸۳۴۲۴۴)	(۰/۸۴۳۷۱۹۸،۰/۸۴۳۷۲۳۶،۰/۸۴۳۷۲۹۱)	(۰/۶۸۳۶۴۴۳،۰/۶۸۳۶۴۸۶،۰/۶۸۳۶۵۲۶)
البرز	(۰/۸۱۶۳۷۵۱،۰/۸۱۶۳۸۹۹،۰/۸۱۶۴۰۳۹)	(۰/۴۹۰۵۰۸۳،۰/۴۹۰۵۱۵۱،۰/۴۹۰۵۲۱۹)	(۰/۴۲۲۱۳۷۷،۰/۴۲۲۱۴۵۶،۰/۴۲۲۱۵۳۱)
ایلام	(۰/۶۰۴۹۰۰۰،۰/۶۰۴۹۱۷۴،۰/۶۰۴۹۳۶۴)	(۰/۸۲۳۵۶۲۱،۰/۸۲۳۵۹۳۵،۰/۸۲۳۶۲۶۰)	(۰/۹۳۹۳۹۱۳،۰/۹۳۹۴۱۳۱،۰/۹۳۹۴۳۸۴)
بوشهر	(۰/۶۵۷۰۳۷۵،۰/۶۵۷۰۴۳۸،۰/۶۵۷۰۵۱۰)	(۰/۶۱۳۴۰۱۷،۰/۶۱۳۴۱۷۲،۰/۶۱۳۴۱۹۲)	(۰/۵۸۳۵۰۰۳،۰/۵۸۳۵۱۹۰،۰/۵۸۳۵۳۶۳)
تهران	(۰/۷۹۸۶۴۷۶،۰/۷۹۸۶۵۷۰،۰/۷۹۸۶۶۵۹)	(۰/۸۶۶۹۳۳۹،۰/۸۶۶۹۳۵۴،۰/۸۶۶۹۳۶۹)	(۰/۸۰۶۴۲۹۵،۰/۸۰۶۴۳۱۳،۰/۸۰۶۴۳۲۹)
چهارمحال‌وبختیاری	(۰/۷۳۹۷۵۴۳،۰/۷۳۹۷۶۷۶،۰/۷۳۹۷۷۱۸)	(۰/۹۰۸۴۱۱۵،۰/۹۰۸۴۳۱۲،۰/۹۰۸۴۵۱۴)	(۰/۸۱۵۴۷۱۰،۰/۸۱۵۴۹۳۹،۰/۸۱۵۵۱۴۷)
خراسان رضوی	(۰/۶۹۰۵۲۶۹،۰/۶۹۰۵۳۱۴،۰/۶۹۰۵۳۴۰)	(۰/۷۸۴۱۷۲۳،۰/۷۸۴۱۷۵۰،۰/۷۸۴۱۷۷۴)	(۰/۷۴۸۰۹۸،۰/۷۴۸۱۰۲۲۰،۰/۷۴۸۱۰۴۷)
خراسان شمالی	(۰/۷۰۲۷۰۹۲،۰/۷۰۲۷۶۱۶،۰/۷۰۲۷۷۰۵)	(۰/۸۲۱۹۱۰۲،۰/۸۲۱۹۳۲۳،۰/۸۲۱۹۵۵۱)	(۰/۷۷۱۷۲۲۷،۰/۷۷۱۷۴۲۹،۰/۷۷۱۷۷۲۳)
خوزستان	(۰/۸۰۰۷۳۲۸،۰/۸۰۰۷۳۴۱،۰/۸۰۰۷۳۵۶)	(۰/۹۴۱۳۶۱۶،۰/۹۴۱۳۶۵۰،۰/۹۴۱۳۶۷۰)	(۰/۷۶۸۹۹۷۳،۰/۷۶۹۰۰۰۹،۰/۷۶۹۰۰۶۳)
زنجان	(۰/۵۸۵۰۱۳۵،۰/۵۸۵۰۱۵۸،۰/۵۸۵۰۱۷۶)	(۰/۷۴۸۱۲۸۸،۰/۷۴۸۱۴۵۵،۰/۷۴۸۱۶۳۸)	(۰/۷۰۸۱۸۵۸،۰/۷۰۸۲۰۲۳،۰/۷۰۸۲۲۶۳)
سمنان	(۰/۶۱۷۳۷۷۵،۰/۶۱۷۳۷۹۹،۰/۶۱۷۳۸۳۰)	(۰/۵۷۸۱۷۴۴،۰/۵۷۸۳۰۷۵،۰/۵۷۸۳۳۵۵)	(۰/۵۱۶۸۱۵۱،۰/۵۱۶۸۴۰۰،۰/۵۱۶۸۷۶۱)
سیستان و بلوچستان	(۰/۶۸۹۱۸۷۳،۰/۶۸۹۱۸۹۶،۰/۶۸۹۱۹۱۵)	(۰/۷۷۸۶۹۳۲،۰/۷۷۸۷۰۰۲،۰/۷۷۸۷۰۷۱)	(۰/۶۰۵۶۴۵۷،۰/۶۰۵۶۴۵۱۹،۰/۶۰۵۶۵۸۲)
فارس	(۰/۵۳۹۱۳۸۷،۰/۵۳۹۱۴۰۲،۰/۵۳۹۱۴۱۷)	(۰/۷۷۶۱۵۰۳،۰/۷۷۶۱۵۴۴،۰/۷۷۶۱۵۸۳)	(۰/۷۳۵۶۴۷۴،۰/۷۳۵۶۵۱۲،۰/۷۳۵۶۵۶۲)
قزوین	(۰/۵۳۶۵۴۱۹،۰/۵۳۶۵۴۳۷،۰/۵۳۶۵۴۵۴)	(۰/۵۷۹۲۶۷۲،۰/۵۷۹۲۸۸۶،۰/۵۷۹۳۰۳۹)	(۰/۵۱۰۱۴۹۴،۰/۵۱۰۱۶۳۲،۰/۵۱۰۱۸۲۹)
قم	(۰/۷۰۰۹۱۲۷،۰/۷۰۰۹۲۹۶،۰/۷۰۰۹۳۲۳)	(۰/۷۱۳۵۲۰۵،۰/۷۱۳۵۳۵۵،۰/۷۱۳۵۵۰۹)	(۰/۶۶۱۷۵۲۳،۰/۶۶۱۷۶۶۳،۰/۶۶۱۷۸۶۳)
کردستان	(۰/۶۷۹۷۱۸۷،۰/۶۷۹۷۳۵۲،۰/۶۷۹۷۴۳۸)	(۰/۸۶۶۷۵۲۹،۰/۸۶۶۷۶۵۳،۰/۸۶۶۷۷۷۷)	(۰/۷۷۸۵۸۸۹،۰/۷۷۸۵۹۹۷،۰/۷۷۸۶۱۵۴)
کرمان	(۰/۶۷۳۴۰۲۳،۰/۶۷۳۴۱۲۶،۰/۶۷۳۴۳۵۶)	(۰/۶۵۰۶۵۷۰،۰/۶۵۰۶۶۱۰،۰/۶۵۰۶۹۹۰)	(۰/۶۱۰۸۳۷۰،۰/۶۱۰۸۴۲۵،۰/۶۱۰۸۵۲۳)
کرمانشاه	(۰/۷۱۶۹۵۶۴،۰/۷۱۶۹۶۰۵،۰/۷۱۶۹۶۳۱)	(۰/۷۴۸۴۰۰۳،۰/۷۴۸۴۰۸۹،۰/۷۴۸۴۲۲۴)	(۰/۵۸۱۷۰۵۵،۰/۵۸۱۷۲۱۸،۰/۵۸۱۷۳۵۴)
کهگیلویه‌و بویراحمد	(۰/۷۴۵۱۳۳۵،۰/۷۴۵۱۳۹۴،۰/۷۴۵۱۴۳۲)	(۰/۸۹۲۵۷۹۷،۰/۸۹۲۶۰۲۲،۰/۸۹۲۶۳۶۰)	(۰/۸۵۴۶۷۱۷،۰/۸۵۴۷۱۴۲،۰/۸۵۴۷۴۸۳)
گلستان	(۰/۷۳۶۰۷۸۵،۰/۷۳۶۰۸۰۳،۰/۷۳۶۰۸۳۳)	(۰/۸۸۱۵۶۳۹،۰/۸۸۱۵۷۲۳،۰/۸۸۱۵۸۶۱)	(۰/۸۲۶۸۷۶۳،۰/۸۲۶۸۹۳۲،۰/۸۲۶۹۰۷۴)
گیلان	(۰/۷۵۲۰۳۴۸،۰/۷۵۲۰۴۰۱۰،۰/۷۵۲۰۴۳۶)	(۰/۷۹۰۳۷۶۱،۰/۷۹۰۳۸۲۸،۰/۷۹۰۳۹۳۱)	(۰/۹۱۸۵۹۲۲،۰/۹۱۸۶۱۰۹،۰/۹۱۸۶۲۵۱)
لرستان	(۰/۷۲۰۸۹۸۵،۰/۷۲۰۹۰۲۴،۰/۷۲۰۹۰۴۶)	(۰/۸۷۲۶۱۹۹،۰/۸۷۲۶۲۹۳،۰/۸۷۲۶۴۳۸)	(۰/۸۰۵۶۰۲۸،۰/۸۰۵۶۲۰۳،۰/۸۰۵۶۳۴۸)
مازندران	(۰/۳۸۴۷۰۵۶،۰/۳۸۴۷۱۱۲۰،۰/۳۸۴۷۱۶۸)	(۰/۷۷۳۵۵۶۷،۰/۷۷۳۵۶۲۶،۰/۳۸۴۷۱۶۸)	(۰/۶۳۳۷۲۶۷،۰/۶۳۳۷۳۶۲،۰/۶۳۳۷۴۴)
هرمزگان	(۰/۵۶۶۱۶۴۲،۰/۵۶۶۱۶۴۷،۰/۵۶۶۱۶۵۲)	(۰/۲۱۱۹۲۸۱،۰/۲۱۱۹۳۸۲،۰/۲۱۱۹۵۰۶)	(۰/۲۱۹۵۰۸۸،۰/۲۱۹۵۲۶۵،۰/۲۱۹۵۴۱۴)
همدان	(۰/۴۸۶۹۵۳۲،۰/۴۸۶۹۶۱۷،۰/۴۸۶۹۶۹۴)	(۰/۶۰۸۹۸۳،۰/۶۶۰۹۰۸۷،۰/۶۶۰۹۲۱۶)	(۰/۵۸۱۴۶۷۸،۰/۵۸۱۴۸۶۱،۰/۵۸۱۵۰۱۵)
یزد	(۰/۳۰۴۷۹۲۷،۰/۳۰۴۷۹۴۹،۰/۳۰۴۷۹۷۴)	(۰/۴۰۴۳۱۹۲،۰/۴۰۴۳۳۴۹،۰/۴۰۴۳۵۴۵)	(۰/۴۱۰۴۸۲۹،۰/۴۱۰۵۱۰۷،۰/۴۱۰۵۳۴۳)

مرحله هفتم: رتبه‌بندی استان‌ها بر حسب میانگین کارایی پنجره‌ای. در این مرحله برای رتبه‌بندی کامل DMUها، روش فازی‌زدایی با استفاده از تابع بتا (رابطه ۸) استفاده شده است [۵۳]. با استفاده از رابطه (۸) کارایی قطعی استان‌ها در هر پنجره محاسبه شده و به همراه رتبه‌بندی کامل استان‌ها در جدول ۵ ارائه شده است، همچنین نمایش کارآیی سالانه هر استان در هر پنجره در شکل ۱ نمایش داده شده است.

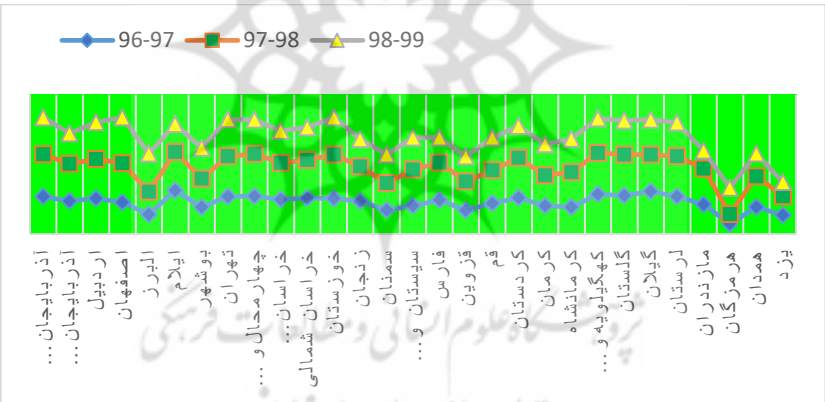
$$\theta = \frac{\tilde{\theta}_L + 4\tilde{\theta}_M + \tilde{\theta}_U}{6}$$

رابطه (۸)

جدول ۵. کارایی قطعی در هر پنجره و رتبه‌بندی استان ها برحسب میانگین کارایی پنجره‌ای

استان‌ها	پنجره ۹۶ –۹۷	پنجره ۹۷–۹۸	پنجره ۹۸–۹۹	میانگین کارایی	رتبه
آذربایجان شرقی	۰/۸۰۶۲۴۸	۰/۹۱۳۰۸۸۹	۰/۷۹۲۸۸۵۱	۰/۸۳۷۴۰۷	۱
آذربایجان غربی	۰/۷۱۲۳۴۸۴	۰/۷۹۹۴۸۸۱	۰/۶۵۲۰۵۹۰	۰/۷۲۱۲۹۸۵	۱۵
اردبیل	۰/۷۶۴۹۹۹۷	۰/۸۵۱۴۹۴۰	۰/۷۹۱۷۱۵۴	۰/۸۰۲۷۳۶۴	۹
اصفهان	۰/۶۸۳۶۴۸۶	۰/۸۴۳۷۲۳۶	۰/۹۸۳۴۱۴۸	۰/۸۳۶۹۲۹۰	۳
البرز	۰/۴۲۲۱۴۵۶	۰/۴۹۰۵۱۵۱	۰/۸۱۶۳۸۹۹	۰/۵۷۶۳۵۰۲	۲۵
ایلام	۰/۹۳۹۴۱۳۱	۰/۸۲۳۵۹۳۵	۰/۶۰۴۹۱۷۴	۰/۷۸۹۳۰۸۰	۱۱
بوشهر	۰/۵۸۳۵۱۹۰	۰/۶۱۳۴۱۷۲	۰/۶۵۷۰۴۳۸	۰/۶۱۷۹۹۳۳	۲۲
تهران	۰/۸۰۶۴۳۱۳	۰/۸۶۶۹۳۵۴	۰/۷۹۸۶۵۷۰	۰/۸۲۴۰۰۷۹	۵

استان‌ها	پنجره ۹۶ -۹۷	پنجره ۹۷-۹۸	پنجره ۹۸-۹۹	میانگین کارایی	رتبه
چهارمحال‌وبختیاری	۰/۸۱۵۴۹۳۹	۰/۹۰۸۴۳۱۲	۰/۷۳۹۷۶۷۶	۰/۸۲۱۲۳۰۹	۶
خراسان رضوی	۰/۷۴۸۱۰۲۲۰	۰/۷۸۴۱۷۵۰	۰/۶۹۰۵۳۱۴	۰/۷۴۰۹۳۶۲	۱۴
خراسان شمالی	۰/۷۷۱۷۴۲۹	۰/۸۲۱۹۳۲۳	۰/۷۰۲۷۶۱۶	۰/۷۶۵۴۷۹۰	۱۳
خوزستان	۰/۷۶۹۰۰۰۹	۰/۹۴۱۳۶۵۰	۰/۸۰۰۷۳۴۱	۰/۸۳۷۰۳۲۷	۲
زنجان	۰/۷۰۸۲۰۲۳	۰/۷۴۸۱۴۵۵	۰/۵۸۵۰۱۵۸	۰/۶۸۰۴۵۴۵	۲۰
سمنان	۰/۵۱۶۸۴۰۰	۰/۵۷۸۳۰۷۵	۰/۶۱۷۳۷۹۹	۰/۵۷۰۸۴۲۵	۲۶
سیستان و بلوچستان	۰/۶۰۵۶۴۵۱۹	۰/۷۷۸۷۰۰۲	۰/۶۹۱۱۸۹۶	۰/۶۹۱۱۸۰۶	۱۷
فارس	۰/۷۳۵۶۵۱۲	۰/۷۷۶۱۵۴۴	۰/۵۳۹۱۴۰۲	۰/۶۸۳۶۴۸۶	۱۸
قزوین	۰/۵۱۰۱۶۳۲	۰/۵۷۹۲۸۸۶	۰/۵۳۶۵۴۳۷	۰/۵۴۱۹۹۸۵	۲۷
قم	۰/۶۶۱۷۶۶۳	۰/۷۱۳۵۳۵۵	۰/۷۰۰۹۲۹۶	۰/۶۹۲۰۷۷۱	۱۶
کردستان	۰/۷۷۸۵۹۹۷	۰/۸۶۶۷۶۵۳	۰/۶۷۹۷۳۵۲	۰/۷۷۵۰۳۳۴	۱۲
کرمان	۰/۶۱۰۸۴۲۵	۰/۶۵۰۶۶۱۷	۰/۶۷۳۴۱۲۶	۰/۶۴۴۹۷۲۳	۲۱
کرمانشاه	۰/۵۸۱۷۲۱۸	۰/۷۴۸۴۰۸۹	۰/۷۱۶۹۶۰۵	۰/۶۸۲۳۶۳۷	۱۹
کهگیلویه‌و بویراحمد	۰/۸۵۴۷۱۴۲	۰/۸۹۲۶۰۲۲	۰/۷۱۶۹۶۰۵	۰/۸۳۰۸۱۸۶	۴
گلستان	۰/۸۲۶۸۹۳۲	۰/۸۸۱۵۷۲۳	۰/۷۴۵۱۳۹	۰/۸۱۴۸۴۸۶	۸
گیلان	۰/۹۱۸۶۱۰۹	۰/۷۹۰۳۸۲۸	۰/۷۳۶۰۸۰۳	۰/۸۲۰۳۴۴۶	۷
لرستان	۰/۸۰۵۶۲۰۳	۰/۸۷۲۶۲۹۳	۰/۷۵۲۰۴۰۱۰	۰/۷۹۹۷۱۷۳	۱۰
مازندران	۰/۶۳۳۷۳۶۲	۰/۷۷۳۵۶۲۶	۰/۷۲۰۹۰۲۴	۰/۵۹۷۳۳۶۷	۲۳
هرمزگان	۰/۲۱۹۵۲۶۵	۰/۲۱۱۹۳۸۲	۰/۵۶۶۱۶۴۷	۰/۳۳۲۵۴۳۱	۲۹
همدان	۰/۵۸۱۴۸۶۱	۰/۶۶۰۹۰۸۷	۰/۴۸۶۹۶۱۷	۰/۵۷۶۴۵۲۲	۲۴
یزد	۰/۴۱۰۵۱۰۷	۰/۴۰۴۳۳۴۹	۰/۳۰۴۷۹۴۹	۰/۳۷۳۲۱۳۵	۲۸



شکل ۱. نمایش کارآیی سالانه هر استان در هر پنجره

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌های کشور از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها از نوع BCC خروجی‌محور استفاده شد. در این مطالعه به‌منظور مقابله با داده‌های کیفی یا نامشخص، همچنین با توجه به شرایط ابهام و در دسترس نبودن و نادقیق بودن داده‌ها از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی برای ارزیابی کارایی استفاده شده است. در کل، استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی پنجره‌ای در ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در استان‌های کشور، به دلیل دقت بالا، توانایی مدل‌سازی داده‌های فازی و شناسایی الگوهای پیچیده، یکی از بهترین روش‌ها است. همچنین بر اساس نتایج حاصل از پژوهش مشخص شد که در طی ۴ سال مورد بررسی، استان آذربایجان شرقی بهترین کارایی (۰/۸۳۷۴۰۷) و استان هرمزگان (۰/۳۳۲۵۴۳) بدترین کارایی را دارا بوده است. همچنین میانگین کارایی سالانه استان‌ها نشان داد که روند صعودی یا نزولی کارایی در هر استان در طول سال‌ها متفاوت بوده و ثباتی نداشته است. همچنین، نتایج

مدل پیشنهادی نشان داد که کارایی استان‌ها در هر پنجره زمانی متوالی سیر متفاوتی داشته و از یک الگوی ثابت پیروی نمی‌کند. در ادامه به سوالات پژوهش پاسخ داده می‌شود.

بر اساس یافته‌های این مطالعه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها ابزاری مناسب و کارآمد است. این رویکرد می‌تواند به سیاستگذاران در شناسایی نقاط قوت و ضعف استان‌ها در زمینه زیست‌محیطی و تدوین سیاست‌های مناسب برای ارتقای کارایی زیست‌محیطی کمک کند. به منظور ارتقای کارایی زیست‌محیطی استان‌ها، لازم است که سیاست‌های زیست‌محیطی به صورت پویا و متناسب با شرایط هر استان تدوین و اجرا شوند. همچنین، لازم است که عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی استان‌ها به طور دقیق شناسایی و مورد بررسی قرار گیرند. علاوه بر این، یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای سایر کشورها نیز مفید باشد. با توجه به اینکه چالش‌های زیست‌محیطی چالشی جهانی هستند، استفاده از رویکردهای مشابه برای ارزیابی کارایی زیست‌محیطی در سایر کشورها نیز می‌تواند به ارتقای عملکرد زیست‌محیطی در سطح جهانی کمک کند. در نهایت مهم‌ترین دستاوردهای پژوهشی این تحقیق را می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پنجره‌ای فازی: این پژوهش با بهره‌گیری از مدل FWDEA، امکان ارزیابی کارایی زیست‌محیطی با در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در داده‌ها را فراهم آورده است. این رویکرد نوآورانه، به جای استفاده از روش‌های سنتی، به نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری منجر شده است و خلأ موجود در سایر تحقیقات که عمدتاً به تحلیل‌های خطی و بدون توجه به عدم قطعیت پرداخته‌اند را پر کرده است.

۲. در نظر گرفتن خروجی نامطلوب: این پژوهش به طور خاص به ارزیابی خروجی‌های نامطلوب (گازهای آلاینده) پرداخته است. این رویکرد در مقایسه با بسیاری از مطالعات پیشین که یا به این موضوع نپرداخته‌اند یا کمتر به آن توجه کرده‌اند، تصویر جامع‌تری از کارایی زیست‌محیطی استان‌ها ارائه می‌دهد و خلأ موجود در این زمینه را پر می‌کند. به عنوان مثال مطالعه اروال[1] و همکاران (۲۰۱۹) نیز به ارزیابی کارایی انرژی استان‌های ترکیه با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداخت، اما خروجی‌های نامطلوب را در نظر نگرفت.

۳. تحلیل دوره‌های زمانی مختلف: این پژوهش با بررسی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها در چهار دوره زمانی متوالی، امکان تحلیل روندها و الگوهای زمانی را فراهم آورده است. این رویکرد در مقایسه با مطالعات قبلی که عمدتاً به یک دوره زمانی محدود شده بودند، امکان شناسایی تغییرات و نوسانات کارایی را در طول زمان فراهم می‌کند

همچنین مهم‌ترین دستاوردهای کاربردی این پژوهش برای مدیران کشور را می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. شناسایی نقاط قوت و ضعف استان‌ها: نتایج این پژوهش به مدیران و سیاست‌گذاران کشور کمک می‌کند تا نقاط قوت و ضعف هر استان در زمینه کارایی زیست‌محیطی را شناسایی کنند. این شناخت می‌تواند به تدوین سیاست‌های هدفمند و متناسب با شرایط هر استان منجر شود و به تحقق اهداف زیست‌محیطی در اسناد بالادستی کمک کند. به عنوان مثال، بندهایی از برنامه ششم و هفتم توسعه به کاهش آلودگی‌ها و بهبود کیفیت محیط زیست تأکید دارد که نتایج این تحقیق می‌تواند به تحقق این اهداف در سطح استانی کمک کند.

۲. ارائه الگوی ارزیابی کارایی زیست‌محیطی: این پژوهش با ارائه یک مدل ارزیابی کارایی زیست‌محیطی مبتنی بر FWDEA، به مدیران کشور این امکان را می‌دهد تا به طور مستمر و با استفاده از داده‌های موجود، کارایی زیست‌محیطی استان‌ها را ارزیابی کنند. این الگو می‌تواند به عنوان یک ابزار مفید در تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد و به تحقق اهداف سند تحول دولت مردمی در زمینه بهبود وضعیت زیست‌محیطی کمک کند.

در مجموع، این تحقیق با ارائه رویکردی نوآورانه و جامع به ارزیابی کارایی زیست‌محیطی استان‌ها، خلأ موجود در سایر تحقیقات را پر کرده و نتایج کاربردی مهمی برای مدیران کشور در زمینه سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری زیست‌محیطی ارائه می‌دهد که به تحقق اهداف زیست‌محیطی در اسناد بالادستی کمک می‌کند.

در ادامه، برخی از پیشنهادات برای پژوهش‌های آینده و همچنین رسیدگی به خلأ تحقیق اشاره می‌شود:

- استفاده از مدل‌های چندمرحله‌ای، شبکه‌ای و پویا و همچنین به‌کارگیری متغیرهای ناقل؛

1. Ervural

- بررسی عوامل مؤثر بر کارایی زیست‌محیطی استان‌ها با متغیرهای بیشتر؛
- بررسی مقایسه‌ای کارایی زیست‌محیطی ایران با سایر کشورها؛
- ارائه مدل‌های جدید برای ارتقای کارایی زیست‌محیطی استان‌ها.

در نهایت؛ امیدواریم که این مطالعه گامی در جهت ارتقای کارایی زیست‌محیطی کشور باشد.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

1. Al-Refaie, A., Wu, C.-W., & Sawalheh, M. (2019). DEA window analysis for assessing efficiency of blistering process in a pharmaceutical industry. *Neural Computing and Applications, 31*, 3703-3717.
2. Alayya, U., & Rani, L. N. (2019). Intertemporal Efficiency Analysis of Indonesian Sharia Commercial Bank after Spin off Period 2013-2017: Data Envelopment Analysis (Window Analysis). *KnE Social Sciences*, 330–345-330–345.
3. Appiah-Twum, F., & Long, X. (2023). Human Capital, Trade Competitiveness and Environmental Efficiency Convergence Across Asia Pacific Countries. *Environmental and Resource Economics*, 1-24.
4. Appiah, M., Onifade, S. T., & Gyamfi, B. A. (2022). Building critical infrastructures: Evaluating the roles of governance and institutions in infrastructural developments in Sub-Sahara African countries. *Evaluation Review,* 46(4), 391-415.
5. AlKhars, M. A., Alnasser, A. H., & AlFaraj, T. (2022). A Survey of DEA Window Analysis Applications. *Processes, 10(9),* 1836.
6. Alsabah, A. M., Alatawi, A. D., & Koornneef, E. (2023). Efficiency evaluation of public hospitals in Kuwait: an application of data envelopment analysis.
7. Alayya, U., & Rani, L. N. (2019). Intertemporal efficiency analysis of Indonesian sharia commercial bank after spin off period 2013-2017: Data Envelopment Analysis (Window Analysis). *KnE Social Sciences,* 330–345.
8. Azar, A., mohebbi, H., Khadivar, A., & Heydari, A. (2017). A New Mathematical Model to Solve the Assignment Problems Caused by Multiple Heterogeneous Inputs and Outputs. *Industrial Management Journal*, *9*(1), 1-18.
9. Bahizire, G. M., Fanglin, L., Appiah, M., & Xicang, Z. (2022). Research on the advance role of institutional quality on achieving environmental efficiency in Sub Sahara Africa. *Frontiers in Environmental Science*, 10:845433.
10. Banna, H., Mia, M. A., Nourani, M., & Yarovaya, L. (2022). Fintech-based financial inclusion and risk-taking of microfinance institutions (MFIs): Evidence from Sub-Saharan Africa. *Finance Research Letters, 45*, 102-149.
11. Caiado, R. G. G., Heymann, M. C., da Silveira, C. L. R., Meza, L. A., & Quelhas, O. L. G. (2020). Measuring the eco-efficiency of Brazilian energy companies using DEA and directional distance function. *IEEE Latin America Transactions, 18(11),* 1844-1852
12. Caiado, R. G. G., de Freitas Dias, R., Mattos, L. V., Quelhas, O. L. G., & Leal Filho, W. (2017). Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency-A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production, 165*, 890-904 .
13. Cao, M., Zhang, D., Wang, Y., Lu, Y., Zhu, X., Li, Y., . . . Sun, Y. (2020). Clinical features of patients infected with the 2019 novel coronavirus (Candia & Pirlone) in Shanghai, China. MedRxiv, 2020.2003. 2004.20030395.
14. Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2013). *Performance measurement with fuzzy data envelopment analysis*, Springer.
15. Guo, P., & Tanaka, H. (2001). Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method. Fuzzy sets and Systems, 119(1), 149-160.
16. Hua, Y., Xie, R., & Su, Y. (2018). Fiscal spending and air pollution in Chinese cities: Identifying composition and technique effects. *China Economic Review, 47*, 156-169.
17. Hosseinzadeh Lotfi, F., Ebrahimnejad, A., Vaez-Ghasemi, M., Moghaddas, Z., Hosseinzadeh Lotfi, F., Ebrahimnejad, A., Moghaddas, Z. (2020) Introduction to data envelopment analysis and fuzzy sets. *Data Envelopment Analysis with R*, 1-17 .
18. Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2009). Exploring the existence of Kuznets curve in countries' environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics, 68*(7), 2168-2176.

19. Hatami-Marbini, A., Saati, S., & Tavana, M. (2010). An ideal-seeking fuzzy data envelopment analysis framework. *Applied Soft Computing, 10(4),* 1062-1070.
20. Halkos, G., & Petrou, K. N. (2019). Treating undesirable outputs in DEA: A critical review. *Economic Analysis and Policy, 62*, 97-104.
21. Jia, T., & Yuan, H. (2017). The application of DEA (Data Envelopment Analysis) window analysis in the assessment of influence on operational efficiencies after the establishment of branched hospitals. *BMC health services research, 17*, 1-8.
22. Jauhar, S. K., Singh, N., Rajeev, A., & Pant, M. (2022). Measuring paper industry's ecological performance in an imprecise and vague scenario: a fuzzy DEA-based analytical framework. *Benchmarking: an International Journal,* 29(8), 2494-2471.
23. Kounetas, K. E., Polemis, M. L., & Tzeremes, N. G. (2021). Measurement of eco-efficiency and convergence: Evidence from a non-parametric frontier analysis. *European Journal of Operational Research,* 291(1), 365-378.
24. Lee, P. (2022). Ranking decision making for eco-efficiency using operational, energy, and environmental efficiency. *Sustainability, 14*(6), 3489.
25. Liu, X., Chu, J., Yin, P., & Sun, J. (2017). DEA cross-efficiency evaluation considering undesirable output and ranking priority: A case study of eco-efficiency analysis of coal-fired power plants. *Journal of Cleaner Production, 142*, 877-885.
26. Li, X.-N., Feng, Y., Wu, P.-Y., & Chiu, Y.-H. (2021). An Analysis of Environmental Efficiency and Environmental Pollution Treatment Efficiency in China's Industrial Sector. *Sustainability. 13*(*5*), *2579.*
27. Li, Y., & Xiao, J. (2020). Environmental efficiency assessment of the US pulp and paper industry using an SBM-DEA model. *BioResources, 15(4),* 7796.
28. Lu, C.-C., Lu, L.-C., 2019. Evaluating the energy efficiency of European Union countries: The dynamic data envelopment analysis. *Energy & Environment 30*, 27-43.
29. Ebrahimi, A., Soleymani-Damaneh, R., & Shoul, A. (2023). Deriving the Efficiency Frontier for Two-Stage Structures: Input – Output Oriented Approach of Radial and Non-Radial. *Journal of Industrial Management Perspective*, *13*(3), 195-222. (In Persian).
30. Pahsapour, S., Bozorgi Amiri, A., & Ghaderi, S. F. (2019). Performance Optimization of Industrial Units in Crisis Considering Economic Resilience Factors: A Case Study of a Petrochemical Plant. *Journal of Industrial Management Perspective*, *8*(4), 149-183. (In Persian).
31. Lertworasirikul, S., Fang, S.-C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L. (2003). Fuzzy data envelopment analysis: a possibility approach. *Fuzzy sets and Systems, 139(2),* 379-394.
32. Mahmoudabadi, M. Z., & Emrouznejad, A. (2019). Comprehensive performance evaluation of banking branches: A three-stage slacks-based measure (SBM) data envelopment analysis. *International Review of Economics & Finance, 64*, 359-376.
33. Mohfegh, M., & Rostamy-Malkhalifeh, M. (2021). Evaluation of Countries Environmental Efficiency Using Data Envelopment Analysis. *Iranian Journal of Optimization*, 13(4), 255-269.
34. Mohebbi, H., azar, A., Heidari, A., Khadivar, A. (2019). Designing a Mathematical Model for Optimum Assignment in the Two-stage Green Supply Chain using Network Data Envelopment Analysis and Electrical Circuits. *Industrial Management Studies, 17(54),* 1-23. (In Persian).
35. Olfati, M., Yuan, W., Khan, A., & Nasseri, S. H. (2020). A new approach to solve fuzzy data envelopment analysis model based on uncertainty .*Ieee Access. 8*, *167300-167307.*
36. Omid, A., Azar, A., Dehghan Nayeri, M., Moghbel, A. (2021). Developing a network Data Envelopment Analysis approach to compare the environmental efficiency of active industries in Tehran. *Management Research in Iran*, 25(3), 193-216. (In Persian).
37. Orjuela, K. G., Gaona-García, P. A., & Marin, C. E. M. (2021). Towards an agriculture solution for product supply chain using blockchain: Case study Agro-chain with BigchainDB. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 71(1),* 1-16.
38. Ratner, S., Lychev, A., Rozhnov, A., & Lobanov, I. (2021). Efficiency evaluation of regional environmental management systems in russia using data envelopment analysis. *Mathematics, 9(18),* 2210.
39. Sánchez-Ortiz, J., Garcia-Valderrama, T., Rodríguez-Cornejo, V., & Cabrera-Monroy, F. (2021). DEA window analysis and Malmquist index to assess efficiency and productivity in the Spanish electricity sector. *International Journal of Energy Sector Management*, 15(4), 765-788.
40. Sarkhosh-Sara, A., Tavassoli, M., Heshmati, A., 2020. Assessing the sustainability of high-, middle-, and low-income countries: A network DEA model in the presence of both zero data and undesirable outputs. *Sustainable Production and Consumption 21*, 252-268.
41. Surasak, T., Wattanavichean, N., Preuksakarn, C., & Huang, S. C. (2019). Thai agriculture products traceability system using blockchain and internet of things .*System. 14*.
42. Sengupta, J. K. (1992). Measuring efficiency by a fuzzy statistical approach. *Fuzzy sets and Systems, 46(1),* 73-8.

43. Towards the road of eco-efficiency improvement: evidence from China's economic and technological development zone. *Environmental Science and Pollution Research, 30(15),* 43522-43535.
44. Tahanian, A. R., Haleh, H., Etebari, F., & Vahdani, B. (2021). Analysis of large projects based on sustainability dimensions and with an agility approach using data envelopment analysis; case study of large projects of Isfahan Municipality. *Journal of Decisions and Operations Research,* 6(3), 382-407.
45. Toniri, M., Alem Tabriz, A., & Ayough, A. (2022). Upstream Oil Process Plants Turnaround Projects Risk Evaluation Using a Hybrid Fuzzy MADM Method. *Journal of Industrial Management Perspective*, *12*(2), 135-173. (In Persian).
46. Vásquez, J., Aguirre, S., Fuquene-Retamoso, C. E., Bruno, G., Priarone, P. C., & Settineri, L. (2019). A conceptual framework for the eco-efficiency assessment of small-and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production, 237,* 117660.
47. Wang, M., Chen, Y., & Zhou, Z. (2021). Assessing environmental efficiency of China's industry system using two-stage range-adjusted measure model. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32(6), 1401-1421.
48. Wang, Q., Tang, J., Choi, G., 2021. A two-stage eco-efficiency evaluation of China's industrial sectors: A dynamic network data envelopment analysis (DNDEA) approach. *Process Safety and Environmental Protection 148*, 879-892.
49. Wang, K., Yu, S., & Zhang, W. (2013). China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling, 58*(5-6), 1117-1127.
50. Xu, T., You, J., Li, H., & Shao, L. (2020). Energy efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A literature review. *Energies, 13*(14), 35-48.
51. Xu, J., Jiang, Y., Guo, X., Jiang, L., 2021a. Environmental efficiency assessment of heavy pollution industry by data envelopment analysis and Malmquist index analysis: Empirical evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health 18,* 5761.
52. Yan, Q., Zhao, F., Wang, X., & Balezentis, T. (2021). The Environmental Efficiency Analysis Based on the Three-Step Method for Two-Stage Data Envelopment Analysis. *Energies, 14(21),* 7028.
53. Yao, Z., Zhao, H., Liu, X., Yu, Q., Zhuang, H., Shen, N., 2020. Research on the Spatial-temporal Differences and Influencing Factors of Anhui Industrial Environmental Efficiency, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing*, p. 032031.
54. Lv, Z., & Shang, W. (2023). Impacts of intelligent transportation systems on energy conservation and emission reduction of transport systems: A comprehensive review. *Green Technologies and Sustainability*, *1*(1), 100002.
55. Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The relationship between energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, *6*(1), 1.
56. Li, L., Hong, X., & Wang, J. (2020). Evaluating the impact of clean energy consumption and factor allocation on China's air pollution: A spatial econometric approach. *Energy*, *195,116842.*
57. Poudenx, P., 2008. The effect of transportation policies on energy consumption and greenhouse gas emission from urban passenger transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42, 901-909.
58. Ervural, B.C., Ervural, B., Zaim, S., 2019. Energy efficiency evaluation of provinces in Turkey using data envelopment analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 235, 139-148.
59. Yu, S., Liu, J., Li, L., 2020. Evaluating provincial eco-efficiency in China: an improved network data envelopment analysis model with undesirable output. *Environmental Science and Pollution Research 27*, 6886-6903.
60. Zhu, Y., Yang, F., Wei, F., & Wang, D. (2022). Measuring environmental efficiency of the EU based on a DEA approach with fixed cost allocation under different decision goals. *Expert Systems with Applications, 208*, 118183.
61. Zeng, X., & Niu, M. (*2019*). Environmental efficiency evaluation of Chinese cities under the condition of high quality development. *China Environ. Sci*, *1(8)* 2667- *2677*.
62. Mahmoudabadi, M., & Emrouznejad, A. (2022). Balanced performance assessment under uncertainty: an integrated CSW-DEA and balanced scorecard (BSC). *Annals of Operations Research*, 1-16.
63. Zhang, Y., & Li, Y. (2023). Regional Differences in Tourism Eco-Efficiency in the Beijing–Tianjin–Hebei Region: Based on Data from 13 Cities. *Sustainability, 15(4)*, 2907.
64. Mahmoudabadi, M. Z., Azar, A., & Emrouznejad, A. (2018). A novel multilevel network slacks-based measure with an application in electric utility companies. *Energy*, 158, 1120-1129.