






Kharazmi University

## Investigating the Effects of Globalization and Energy Consumption on Carbon Dioxide Emissions in Iran: Application of the Particle Swarm Optimization Algorithm in a Fuzzy Regression Model with Symmetric and Asymmetric Coefficients

Reza Etesami<sup>1</sup>  | Mostafa Lashkari<sup>2</sup>  | Mohsen Madadi<sup>3</sup>  | Reza Ashraf Ganjoei<sup>4\*</sup>  |  
Mashaallah Mashinchi<sup>5</sup> 

1. Ph.D. Student, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran E-mail: [rezaetesamii@math.uk.ac.ir](mailto:rezaetesamii@math.uk.ac.ir) (ORCID: 0000-0003-4141-8852)
2. Ph.D. Candidate, Department of Industrial Management, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University of Kerman, Kerman, Iran E-mail: [lashkarimostafa74@gmail.com](mailto:lashkarimostafa74@gmail.com) (ORCID: 0009-0002-4324-733X)
3. Associate Professor, Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran E-mail: [madadi@uk.ac.ir](mailto:madadi@uk.ac.ir) (ORCID: 0000-0002-7950-138X)
4. Corresponding Author, Assistant Professor, Economics of Department, Faculty of Economics and Management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran E-mail: [reza\\_ash@eco.usb.ac.ir](mailto:reza_ash@eco.usb.ac.ir) (ORCID: 0000-0003-3854-8445)
5. Professor of Statistics, Faculty of Mathematics and Computer Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran E-mail: [mashinchi@uk.ac.ir](mailto:mashinchi@uk.ac.ir) (ORCID: 0000-0001-5848-8027)

Article Info	ABSTRACT
<b>Article type:</b> Research Article	Although numerous factors influence the economic growth and development of countries, globalization and energy consumption, according to empirical evidence, also play a prominent role in economies. Meanwhile, the consequences of environmental degradation cannot be overlooked. In the present study, the impact of uncertainty in globalization and energy consumption on CO <sub>2</sub> emissions is investigated using a fuzzy regression model with symmetric and asymmetric coefficients for the period 1990–2021. Given the flexibility of the fuzzy regression model, the upper, middle, and lower bounds for each variable under different uncertainty conditions were optimally calculated using the particle swarm optimization algorithm. The examination of the effects of uncertainty bounds related to globalization and energy consumption on CO <sub>2</sub> emissions reveals that as membership degrees increase from 0.1 to 0.9, CO <sub>2</sub> emissions initially rise up to a membership degree of 0.4 and then follow a downward trend. This pattern holds true for the middle and lower bounds as well. Thus, it can be inferred that the impact of energy consumption uncertainty on CO <sub>2</sub> emissions resembles an inverted U-shape. Notably, energy consumption has contributed to increased CO <sub>2</sub> emissions more significantly than globalization. Therefore, it can be concluded that the level of CO <sub>2</sub> emissions in the country does not align with the pollution haven hypothesis.
<b>Article history:</b> Received: 30 Mar 2024	
Received in revised form: 8 Apr 2025	
Accepted: 9 Apr 2025	
<b>Keywords:</b> Uncertainty, Globalization, EnergyConsumption, CO <sub>2</sub> Emissions.	
<b>JEL:</b> Q20, C22	

**Cite this article:** Etesami, Reza., Lashkari, Mostafa., Madadi, Mohsen., Ashraf Ganjouei, Reza., & Mashinchi, Mashallah. (2023). Investigating the Effects of Globalization and Energy Consumption on Carbon Dioxide Emissions in Iran: Application of the Particle Swarm Optimization Algorithm in a Fuzzy Regression Model with Symmetric and Asymmetric Coefficients. *Journal of Economic Modeling Research*, 14 (54), 36-72.  
DOI: 00000000000000000000



© The Author(s).

Publisher: Kharazmi University

DOI: 00000000000000000000000000000000

*Journal of Economic Modeling Research*, Vol, 14, No. 54, 2023, pp. 36-72.

---



Kharazmi University

## بررسی آثار جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی اکسید کربن در ایران: کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در مدل رگرسیون فازی با ضرایب مقارن و نامقارن

رضا اعتصامی<sup>۱</sup> | مصطفی لشکری<sup>۲</sup> | محسن مددی<sup>۳</sup> | رضا اشرف گنجویی<sup>۴\*</sup> | ماشاالله ماشین چی<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران  
رایانامه [rezaetesamii@math.uk.ac.ir](mailto:rezaetesamii@math.uk.ac.ir)
۲. دانشجوی دکتری، رشته حسابداری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران  
رایانامه [lshkarimostafa74@gmail.com](mailto:lshkarimostafa74@gmail.com)
۳. دانشیار، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران رایانامه [madadi@uk.ac.ir](mailto:madadi@uk.ac.ir)
۴. نویسنده مسئول، استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران  
رایانامه [reza\\_ash@eco.usb.ac.ir](mailto:reza_ash@eco.usb.ac.ir)
۵. استاد، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران رایانامه [mashinchi@uk.ac.ir](mailto:mashinchi@uk.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	اگرچه عوامل زیادی در رشد و توسعه اقتصادی کشورها موثر هستند، اما تاثیر جهانی‌سازی و مصرف انرژی نیز با توجه به شواهد تجربی نقش برجسته ای در اقتصاد دارند. در این بین نباید از پیامدهای تخریب محیط زیست غافل بود. در مطالعه حاضر تاثیر عدم قطعیت جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز CO <sub>2</sub> به کمک مدل رگرسیون فازی با ضرایب مقارن و نامقارن برای دوره زمانی ۱۴۰۰-۱۳۶۹ بررسی شده است. با توجه به انعطاف پذیری مدل رگرسیون فازی سه کران بالا، متوسط و پایین برای هر یک از متغیرها مورد بررسی در شرایط عدم قطعیت مختلف با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات به صورت بهینه محاسبه شد. بررسی تاثیر کران‌های مربوط به عدم قطعیت جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر میزان انتشار گاز CO <sub>2</sub> حاکی از آن است که هر چه از درجه های عضویت ۰/۱ به درجه عضویت ۰/۹ نزدیک می‌شویم ابتدا میزان انتشار گاز CO <sub>2</sub> تا درجه عضویت ۰/۴ افزایش یافته و سپس به صورت یک روند نزولی انتشار گاز CO <sub>2</sub> کاهش می‌یابد. این روند تاثیر گذاری برای کران متوسط و پایین نیز صادق است. از این می‌توان بیان
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۰۱/۱۱	
<b>تاریخ ویرایش:</b> ۱۴۰۴/۰۱/۱۹	
<b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۴/۰۱/۲۰	
<b>واژه‌های کلیدی:</b> عدم قطعیت، جهانی‌سازی، مصرف انرژی، انتشار گاز CO <sub>2</sub> .	
<b>طبقه‌بندی JEL:</b>	

Q20،C22 کرد که نحوه تاثیرگذاری عدم قطعیت مصرف انرژی بر میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> شبیه به U معکوس است. نکته قابل توجه آن است که روند مصرف انرژی نسبت به جهانی‌سازی به مقدار بیشتری میزان انتشار CO<sub>2</sub> را افزایش داده است از این رو می‌توان بیان کرد که میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> در کشور نتیجه فرضیه پناهندگی آلودگی نیست.

**استناد:** اعتصامی، رضا؛ مددی، محسن؛ اشرف گنجویی، رضا؛ ماشین چی، ماشالله، و لشکری، مصطفی. (۱۴۰۲). بررسی آثار جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران: کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات در مدل رگرسیون فازی با ضرایب متقارن و نامتقارن. *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۴ (۵۴)، ۳۶-۷۲. DOI: 000000000000000000000000



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه خوارزمی.

## ۱. مقدمه

در دنیای امروز، جهانی شدن و افزایش مصرف انرژی به یکی از چالش‌های اساسی برای حفظ محیط زیست تبدیل شده است. ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه با این چالش‌ها روبروست و برخی از آثار منفی آن را به خوبی تجربه کرده است (سلیم<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). جهانی سازی به افزایش وابستگی متقابل کشورها از طریق تجارت و توزیع محصولات و خدمات، انتقال سرمایه، فراگیری مالی، انتقال فناوری و انتشار اطلاعات اشاره دارد. این امر به توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورها کمک کرده است و تأثیر مستقیمی بر جنبه‌های اجتماعی-اقتصادی، زیست محیطی و سیاسی دارد. روندهای اخیر جهانی سازی این نگرانی را افزایش داده است که این امر ممکن است پایداری زیست محیطی را در کشورهایی با قوانین ضعیف زیست محیطی به خطر بیندازد، زیرا جهانی سازی بخش‌های آلوده را تشویق می کند (ژانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). جهانی شدن و صنعتی شدن افزایش مصرف انرژی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر را در پی دارد، زیرا با گسترش صنعت و افزایش جمعیت، تقاضا برای انرژی نیز افزایش می یابد. این تقاضا بیشتر می تواند منجر به استفاده بیشتر از منابع انرژی فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ شود که در نتیجه سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتری به جو می شود همچنین صنایع سنگینی مانند صنایع فولاد، سیمان، پتروشیمی و... نیاز به مصرف بالایی از انرژی دارند. با گسترش این صنایع در جهان و افزایش تولید آنها، مصرف انرژی نیز افزایش می یابد که منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می شود (آکادیری<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). با جهانی شدن، حمل و نقل بین المللی افزایش می یابد و نیاز به سوخت و انرژی برای حمل و نقل کالاها و افراد افزایش می یابد که می تواند منجر به افزایش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای شود. بنابراین با جهانی شدن و توسعه اقتصادی، الگوهای مصرف

<sup>1</sup> Saleem

<sup>2</sup> Zhang

<sup>3</sup> Akadiri

مردم نیز تغییر می‌کند. به طور کلی، جهانی شدن و صنعتی شدن باعث افزایش مصرف انرژی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر در آینده می‌شود (نادمی و دالوندی، ۱۴۰۲).

در این مقاله، تأثیرات عدم قطعیت جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا به توضیح مفهوم عدم قطعیت جهانی‌سازی و مصرف انرژی و نقش آن در تغییرات زیست محیطی پرداخته می‌شود. سپس، وضعیت مصرف انرژی و تخریب محیط زیست در ایران و تأثیرات عدم قطعیت جهانی بر آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان، راهکارهایی برای کاهش تخریب محیط زیست در ایران و مصرف انرژی معرفی می‌شود. امیدواریم که این مقاله بتواند به درک بهتری از تأثیرات عدم قطعیت جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر تخریب محیط زیست در ایران کمک کند و راهکارهایی برای حفظ و حمایت از محیط زیست در این شرایط ارائه دهد. سازماندهی مقاله به این شکل است که پس از مقدمه، در قسمت دوم به مبانی، قسمت سوم به پیشینه تحقیق پرداخته شده است و در قسمت چهارم روش تحقیق و تصریح مدل مطرح می‌شود. در قسمت آخر، بحث و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

## ۲. مبانی نظری

### ۲-۱. مصرف انرژی در ایران

رابطه نزدیک و زیاد بین رشد تولید و رشد مصرف انرژی در اقتصاد به وابستگی اقتصاد به انرژی اشاره دارد. بنابراین، اقتصاد نه تنها نسبت به عرضه انرژی و شوک‌های قیمت حساس است، بلکه هرگونه ابتکار برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌تواند بر عملکرد اقتصاد تأثیر بگذارد (خان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). ایران با کشف اولین چاه نفت خاورمیانه در سال ۱۹۰۸ در مسجد سلیمان به عنوان کشوری با مخازن نفتی قابل توجه در جهان شناخته شد. با اکتشاف و استخراج متعاقب ذخایر نفت، اقتصاد ایران مانند اقتصاد جهان به طور فزاینده‌ای به مصرف نفت خام و درآمد صادراتی برای رشد صنعتی وابسته شده است. با این حال، وابستگی به نفت با گذشت زمان در ایران و سایر کشورها به دلیل استفاده از منابع انرژی دیگر مانند گاز طبیعی و انرژی‌های تجدیدپذیر کاهش یافته است. به عنوان مثال، سهم مصرف نفت در کل تقاضای نهایی انرژی از ۹۱ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۴۳ درصد

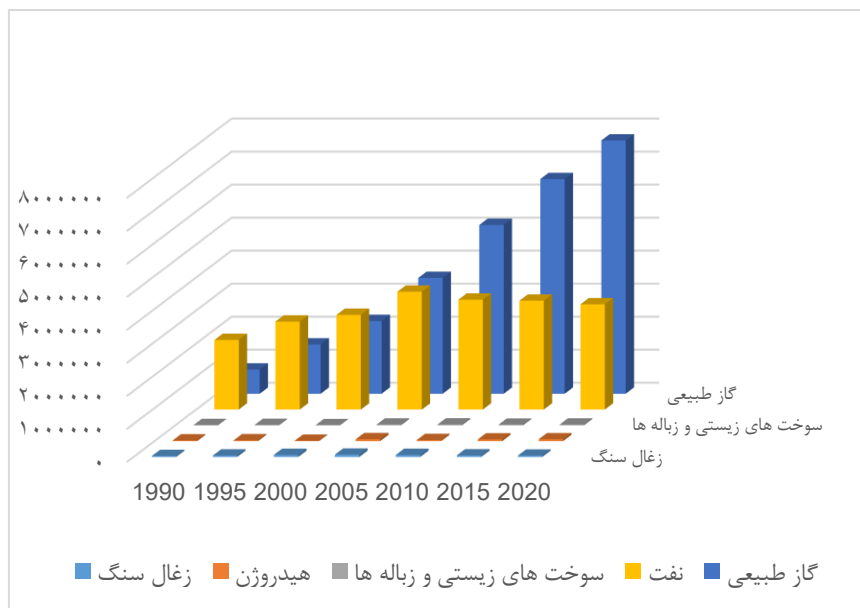
<sup>۱</sup> Khan

در سال ۲۰۱۸ کاهش یافته است. این امر منجر به افزایش استفاده از گاز طبیعی از ۷ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۵۶ درصد در سال ۲۰۱۸ در کشور شد. در حالی که مصرف نفت کاهش یافته و گاز طبیعی جایگزین آن شده است، سهم نفت در کل مصرف همچنان بالا است و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کم است (مظفری و همکاران، ۱۴۰۲).

سهم مصرف انرژی تجدیدپذیر در کل تقاضای انرژی نهایی از ۱.۵ درصد در سال ۱۹۸۰ به ۰.۵۸ درصد در سال ۲۰۱۸ کاهش یافته است. این امر نشان می‌دهد که کشور به تولید انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق سرمایه‌گذاری و ایجاد برخی انگیزه‌ها برای سرمایه‌گذاران خصوصی توجه چندانی نداشته است. یکی از دلایل آن فراوانی منابع نفت و گاز و قیمت‌های ناچیز آن‌ها در مقایسه با قیمت‌های بین‌المللی است. با این حال، کشور نیازمند دستیابی به تنوع منابع انرژی و امنیت انرژی است که گام‌های اساسی در جهت توسعه پایدار و توسعه اجتماعی است. در حالی که ایران از منابع طبیعی فراوان برخوردار است، با چالش‌های کاهش منابع انرژی، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار با ناامنی مواجه است. با توجه به تنوع اقلیم در مناطق مختلف و کشت انواع محصولات زراعی و غذایی، این کشور پتانسیل قابل توجهی برای تنوع بخشیدن به ترکیب انرژی به ویژه پایه انرژی‌های تجدیدپذیر دارد. ایران علاوه بر جنگل‌های شمال و غرب کشور که حدود ۷ درصد از مساحت کشور را تشکیل می‌دهد، محصولات و ضایعات کشاورزی دیگری نیز دارد که می‌توان از آن‌ها برای تولید سوخت زیستی استفاده کرد (مظفری و همکاران، ۱۴۰۲). در حال امروزه استفاده از سوخت‌های فسیلی به دلیل پیشرفت بشر و صنعتی شدن، در جهان افزایش یافته است. تمام فعالیت‌های تجاری و غیراقتصادی در دنیای مدرن به شدت به ورودی‌های انرژی وابسته هستند. به دلیل سطوح بالای انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG<sup>1</sup>) نگرانی‌هایی در مورد خطرات انرژی بلند مدت و پایداری زیست محیطی وجود دارد. تاکنون، فوری‌ترین چالش زیست محیطی که بشر با آن روبرو بوده،

<sup>1</sup> Greenhouse gas

گرمایش جهانی است. اگر این افزایش به اندازه کافی مدیریت نشود، محیط زیست، اقتصاد و زندگی انسان به شدت آسیب خواهد دید. فعالیت‌های انسانی باعث تغییرات آب و هوایی می‌شود و انتشار  $CO_2$  محرک اصلی گرمایش جهانی است (گوا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱).



نمودار ۱: منبع تامین انرژی کل (TES<sup>2</sup>) در ایران (سال ۱۹۹۰-۲۰۲۰)<sup>۲</sup>

## ۲-۲. اثرات مصرف انرژی بر تخریب محیط زیست

مصرف انرژی در ایران به دلیل رشد جمعیت و توسعه پایدار در سال‌های اخیر افزایش یافته است. بخش عمده انرژی مورد استفاده در ایران از سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و ذغال سنگ تأمین می‌شود. این امر باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا شده است. در ایران، برای کاهش تأثیرات منفی مصرف انرژی بر محیط زیست، برنامه‌هایی از جمله افزایش بهره‌وری انرژی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، ترویج فرهنگ مصرف پایدار و افزایش ایمنی و بهداشت در صنایع، پیشنهاد شده است. برای مثال، در حوزه انرژی خورشیدی، استفاده از پنل‌های خورشیدی در

<sup>1</sup> Guo

<sup>2</sup> Thermal Energy Storage

<sup>3</sup> www.enerdata.net

ساختمان‌ها و نصب سامانه‌های خورشیدی برای تأمین انرژی در مناطق دورافتاده، می‌تواند به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. همچنین، استفاده از خودروهای الکتریکی و ترویج استفاده از حمل و نقل عمومی به جای خودروهای شخصی، می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و ترافیک شهری کمک کند. در کنار این اقدامات، ترویج فرهنگ مصرف پایدار و افزایش آگاهی مردم درباره اهمیت حفاظت از محیط زیست نیز می‌تواند به کاهش تأثیرات منفی مصرف انرژی بر محیط زیست کمک کند (درویشی و همکاران، ۱۴۰۱).

مصرف انرژی عامل اصلی رشد و توسعه اقتصادی است. با این حال، اتکای بیش از حد به سوخت‌های فسیلی و استفاده ناکارآمد از انرژی می‌تواند اثرات نامطلوبی بر محیط زیست داشته باشد. در ایران، مصرف انرژی نقش مهمی در تخریب محیط زیست دارد و تأثیر آن را می‌توان هم به کمیّت و هم به کیفیت نسبت داد. مقدار انرژی مصرفی در ایران به طور مستقیم بر تخریب محیط زیست تأثیر می‌گذارد. با افزایش مصرف انرژی، تقاضا برای منابع انرژی که عمدتاً سوخت‌های فسیلی هستند، افزایش می‌یابد. سوزاندن سوخت‌های فسیلی باعث انتشار  $CO_2$  در جو می‌شود که به تغییرات آب و هوا و سایر مسائل زیست‌محیطی کمک می‌کند. بنابراین، کاهش مصرف انرژی و گذار به منابع انرژی پاک تر و تجدیدپذیر گام‌های اساسی در جهت کاهش تخریب محیط زیست در ایران است. نه تنها کمیّت، بلکه کیفیت مصرف انرژی نیز بر تخریب محیط زیست تأثیر می‌گذارد. در ایران، ناکارآمدی انرژی یک نگرانی قابل توجه است. استفاده ناکارآمد از انرژی منجر به مصرف بیشتر انرژی و در نتیجه افزایش تخریب محیط زیست می‌شود. بنابراین، بهبود بهره‌وری انرژی از طریق پیشرفت‌های تکنولوژیکی و اتخاذ شیوه‌های پایدار می‌تواند به کاهش تأثیر منفی مصرف انرژی بر محیط زیست کمک کند (مظفری و همکاران، ۱۴۰۲).

### ۲-۳. اثرات جهانی شدن بر تخریب محیط زیست

جهانی‌شدن به عنوان یک پدیده اقتصادی و اجتماعی، تأثیرات عمیقی بر محیط زیست دارد. روند جهانی‌شدن تعاملات بین کشورها را تقویت می‌کند و منجر به گسترش اجتناب‌ناپذیر انتشار  $CO_2$  می‌شود. این پدیده باعث افزایش تردهای هوایی و دریایی، توسعه فناوری‌های پیشرفته و

تغییرات در الگوهای مصرف شده است. این تغییرات منجر به تخریب منابع طبیعی، آلودگی هوا و آب، کاهش تنوع زیستی و تغییرات اقلیمی می‌شود (محمدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). به طور کلی می‌توان گفت که جهانی‌شدن تأثیرات گسترده‌ای بر محیط زیست ایران داشته است. مثبت‌ترین تأثیرات جهانی‌شدن بر محیط زیست ایران شامل موارد زیر است:

- انتقال تکنولوژی: انتقال فناوری‌های پیشرفته در زمینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر، مدیریت آب و پسماند، کاهش آلودگی هوا و غیره می‌تواند به بهبود و محیط زیست کشور کمک کند.
- همکاری بین‌المللی: ایران می‌تواند از همکاری با سازمان‌ها و کشورهای بین‌المللی در زمینه‌های حفاظت از محیط زیست، کاهش گازهای گلخانه‌ای و مدیریت منابع طبیعی بهره‌برد.

جهانی‌شدن می‌تواند تأثیرات منفی نیز بر محیط زیست ایران داشته باشد، از جمله:

- تجارت بین‌المللی: تأثیرات تجارت بین‌المللی بر محیط زیست می‌تواند شامل تخریب منابع طبیعی، آلودگی آب و هوا و تخریب زیستگاه‌های طبیعی باشد.
- تغییرات اقلیمی: تغییرات اقلیمی جهانی نیز می‌تواند تأثیرات منفی بر محیط زیست ایران داشته باشد، از جمله کاهش بارش، افزایش دما و تغییر الگوی بادهای.

به طور کلی، جهانی‌شدن می‌تواند منجر به یک سری از چالش‌ها و فرصت‌ها برای محیط زیست ایران شود و نیاز به برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت تأثیرات این پدیده‌ها را دارد.

به بیان جین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱) جهانی‌شدن تضمین‌کننده تحرک کالاها، سرمایه، افراد متخصص، هنجارها و اطلاعات است با این حال به دلیل فراگیر بودن جهانی‌شدن تعریف آن در رشته‌های مختلف به طور قابل توجهی متفاوت است همچنین بر اساس نظریه نوسازی بوم‌شناختی و نظریه سیاست جهانی جهانی‌شدن با تسهیل همگن‌سازی اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی،

<sup>۱</sup> jin

انتشار دی اکسید کربن را در تمام بخش‌ها در سراسر جهان کاهش می‌دهد اما این در حالی است که نظریه مبادله نابرابر بوم‌شناختی نشان می‌دهد که نابرابری‌های اقتصادی و سیاسی در اثر پدیده جهانی شدن منجر به توزیع نابرابر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته خواهد شد (ونگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین فرضیه منحنی کوزنتس زیست محیطی<sup>۲</sup> یا EKC نیز در مورد ارتباط میان درآمد یا رشد اقتصادی و آلودگی محیط زیست است. مطالعات انجام شده برای بررسی ارتباط میان آلودگی و درآمد در بعضی از کشورها نشان می‌دهد که تا سطح درآمد آستانه‌ای مشخصی، آلودگی محیط زیست همسو با افزایش درآمد زیاد می‌شود و بعد از آن این روند صعودی تغییر کرده و پس از نقطه عطف با افزایش درآمد، آلودگی محیط زیست کاهش می‌یابد این رابطه که به منحنی کوزنتس زیست محیطی معروف است، به شکل برعکس می‌باشد. به بیان دیگر شاخص آلودگی محیط زیست یک تابع U شکل معکوس از درآمد سرانه است (میرهاشمی دهنوی، ۱۳۹۹).

#### ۲-۴. مصرف انرژی و انتشار گاز دی اکسید کربن

مصرف انرژی به دلیل رشد فعالیت‌های اقتصادی به شدت در حال افزایش است. این منبع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند نقشی مؤثر در کاهش آلودگی هوا ایفا کند. با افزایش تولید برق، اهمیت آن نیز بیشتر شده است و گسترش تولید و مصرف این منبع انرژی می‌تواند تأثیر چشمگیری در کاهش آلودگی هوا داشته باشد. از سوی دیگر، استفاده بیشتر از منابع انرژی، چه تجدیدپذیر و چه تجدیدناپذیر، منجر به افزایش ردپای اکولوژیکی می‌شود. با این حال، در مقایسه با انرژی‌های تجدیدناپذیر، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر کمتری بر ردپای اکولوژیکی دارد. بنابراین، انرژی‌های تجدیدپذیر گزینه‌ای مطلوب‌تر برای دستیابی به پایداری محیط زیست به شمار می‌آیند (ناتانیل و خان، ۲۰۲۰). با این حال، افزایش مصرف انرژی تجدیدناپذیر منجر به افزایش سطح ردپای اکولوژیکی می‌شود. البته باید توجه داشت که تغییرات اقلیمی و پدیده خشکسالی اثرات منفی بر انرژی برق‌آبی دارند و می‌توانند مانعی جدی برای توسعه آن باشند. مصرف انرژی هیدروالکتریک،

<sup>1</sup> Wang

<sup>2</sup> Environmental Kuznets Curve

اگرچه به‌عنوان یک منبع انرژی تجدیدپذیر و کم‌کربن شناخته می‌شود، تأثیرات قابل توجهی بر ردپای اکولوژیک دارد. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در این زمینه، نیاز به ایجاد مخازن وسیع برای جمع‌آوری آب است که به نوبه خود نیاز به آبیگری گسترده زمین دارد. این کار می‌تواند منجر به تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، از بین رفتن جنگل‌ها و تالاب‌ها، و همچنین جابجایی جوامع انسانی شود. در واقع، زمین‌هایی که برای ساخت سد و مخزن آب استفاده می‌شوند، به‌طور معمول دیگر به عنوان زیستگاه طبیعی برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری قابل استفاده نیستند. سدهای هیدروالکتریک نه تنها به تغییر در اکوسیستم‌ها منجر می‌شوند، بلکه جریان طبیعی رودخانه‌ها را نیز مختل می‌کنند. بسیاری از گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های ماهی که به مهاجرت برای تخم‌ریزی نیاز دارند، تحت تأثیر این سدها قرار می‌گیرند. این اختلال در مهاجرت ماهی‌ها و سایر موجودات آبی می‌تواند تهدیدی جدی برای تنوع زیستی در این اکوسیستم‌ها باشد. علاوه بر این، تغییر در جریان رسوبات و سطح اکسیژن آب می‌تواند باعث کاهش کیفیت زیستگاه‌های آبی شود که این امر برای بقای برخی از گونه‌ها مضر است. از دیگر تأثیرات منفی انرژی هیدروالکتریک می‌توان به تولید گازهای گلخانه‌ای اشاره کرد. با وجود این که هیدروالکتریک به‌عنوان یک انرژی تجدیدپذیر و کم‌کربن در نظر گرفته می‌شود، اما فرآیند آبیگری و ایجاد مخازن می‌تواند باعث انتشار مقدار زیادی کربن و متان شود. هنگامی که زمین‌های جنگلی برای ایجاد مخازن آب غرق می‌شوند، مواد آلی زیر آب می‌روند و در شرایط بی‌هوازی تجزیه می‌شوند، که این امر تولید متان، گاز گلخانه‌ای بسیار قوی‌تر از دی‌اکسید کربن، را به همراه دارد. این تأثیرات به‌ویژه در مناطق گرمسیری که جنگل‌ها به سرعت تجزیه می‌شوند، بسیار برجسته‌تر است. علاوه بر این، سدها و مخازن هیدروالکتریک به‌طور مستقیم بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند. در برخی از موارد، تجمع مواد آلی در مخازن می‌تواند باعث کاهش کیفیت آب شده و شرایط نامناسبی برای استفاده انسانی و کشاورزی ایجاد کند. همچنین، افزایش رسوبات در مخازن می‌تواند عملکرد سدها را کاهش دهد و نیاز به عملیات نگهداری اضافی را افزایش دهد. این مسائل به‌طور کلی به ردپای اکولوژیک انرژی هیدروالکتریک افزوده و آن را پیچیده‌تر می‌کند.

## ۵-۲. جهانی شدن و آثار زیست محیطی

وضعیت اجتماعی و اقتصادی جهانی تحت تأثیر منفی مشکلات محیط‌زیستی مانند بیابان‌زایی، فرسایش، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته است. تغییرات در تعادل زیستگاه‌ها، کیفیت هوا و شرایط اقلیمی شدید ناشی از گرمایش جهانی خواهد بود. تحلیل‌های مختلفی در مورد علل و پیامدهای گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی در سه دهه گذشته انجام شده است. طبق مطالعات اقتصاد انرژی، دو عامل عمده‌ای که بر اقلیم تأثیر می‌گذارند، مصرف انرژی و رشد اقتصادی هستند. استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی منجر به افزایش قابل توجه تخریب محیط‌زیست در طول فرآیند صنعتی شدن شده است. افزایش انتشار  $CO_2$  به عنوان هزینه استفاده از سوخت‌های فسیلی و رشد اقتصادی در نظر گرفته می‌شود و این یک مشکل حیاتی برای حل بحث‌های جهانی محیط‌زیستی است. توسعه مالی، به عنوان مثال، اعتماد مصرف‌کنندگان را در خرید خانه‌ها، تجهیزات، کولرهای هوا و خودروها افزایش می‌دهد که همگی موجب افزایش مصرف انرژی و در نتیجه مشکلات محیط‌زیستی می‌شوند. به همین ترتیب، گسترش مالی موانع هزینه‌ای را برای شرکت‌ها از بین می‌برد و منابع مالی را در اختیار آنها قرار می‌دهد. سرمایه‌گذاران در نهایت صنایع جدیدی طراحی و ایجاد خواهند کرد که انرژی زیادی مصرف می‌کنند و مقدار زیادی زباله و دی‌اکسید کربن را به محیط‌زیست وارد می‌کنند. جهانی شدن همچنین بسیاری از جنبه‌های سیاره امروز را تغییر می‌دهد، از جمله فرهنگ، سفر، زبان، شیوه زندگی و روابط خارجی؛ با این حال، تجارت و دستورالعمل‌های سیاست‌گذاری محیط‌زیست تأثیر زیادی بر پتانسیل تأثیر بر پایداری محیط‌زیست دارند. در حال حاضر، جهان در حال انتقال از یک چارچوب اقتصادی و مالی سنتی به یک بازار نوآورانه و رقابتی‌تر است. هیچ‌شکی نیست که جهانی شدن به کسانی که الگوهای بازار را تغییر می‌دهند، اقتصادهای مقیاس را ایجاد می‌کنند و خلاقیت خود را بهبود می‌بخشند، پاداش می‌دهد. محیط‌زیست جهانی معاصر منجر به بسیاری از تغییرات اقتصادی شده است و وابستگی به ثروت داخلی را افزایش داده و منجر به رشد شده است. با این حال، در چارچوب جهانی شدن اقتصادی و مالی، روندهای سریع همبستگی شرکتی بین‌المللی، حداقل‌سازی هزینه‌ها و استقلال تجاری، علاقه مردم به یادگیری در مورد تأثیرات محیط‌زیستی را تحریک کرده

است. جهانی‌شدن یک فرآیند چندوجهی است که به طور فزاینده‌ای به عامل راهنما برای اقتصادهای دنیای دینامیک تبدیل شده است. از آغاز قرن بیست و یکم، جهانی‌شدن در زمینه‌های مختلف مانند مالی، سیاست و فرهنگ، هزاره جدیدی از معاملات را ایجاد کرده است. اکنون مفهوم قدیمی که جهان کوچک‌تر می‌شود، نه تنها به سادگی سفر و اتصال، بلکه به خرید و فروش کالاها و خدمات در بازارهای بین‌المللی و خارجی نیز اطلاق می‌شود. اصطلاح "جهانی‌شدن" در حال حاضر به ادغام بسیاری از بازارها اشاره دارد که منجر به رشد جهانی از طریق سرمایه‌گذاری، مانند تبادل بین‌المللی می‌شود.

### ۳. پیشینه تحقیق

#### ۳-۱. پیشینه داخلی

حافظی و همکاران (۱۴۰۳) به بررسی اثرات پویای مصرف سوخت‌های فسیلی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران پرداخته‌اند. برای این منظور از داده‌های بازه زمانی ۱۳۹۸-۱۳۳۴ با استفاده از رهیافت ARDL استفاده شده است. یافته‌های حاصل از این مطالعه حاکی از آن است مصرف سوخت‌های فسیلی تأثیر متفاوتی روی انتشار دی‌اکسید کربن دارد. به طوریکه با افزایش یک درصد مصرف در سوخت‌های نفت، گاز، نفت کوره، گاز طبیعی و بنزین، میزان انتشار کربن به ترتیب معادل ۰/۵۵، ۰/۳۲ و ۰/۱۸ درصد افزایش خواهد یافت. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد مصرف نفت گاز بیشترین تأثیر مخرب روی محیط زیست و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران دارد و نفت کوره و بنزین در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

زروکی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهش با عنوان «تحلیلی جامع از اثر جهانی‌شدن بر آلاینده‌گی محیط‌زیست در ایران با تأکید بر ابعاد سه‌گانه و اجزای دوگانه» بیان داشتند: این پژوهش با استفاده از سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به بررسی فرضیه فوق می‌پردازد. همچنین از شاخص جهانی سازی KOF<sup>۱</sup> استفاده شده است که از سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی تشکیل شده است و هر یک از ابعاد دارای دو جزء عملیاتی و قانونی است. بدیهی است که تأثیر هر یک از این ابعاد جهانی‌شدن و اجزای آن بر انتشار آلاینده‌های زیست محیطی ممکن است متفاوت باشد. همچنین لازم به

<sup>۱</sup> KOF Globalization Index

ذکر است که دو جزء عملیاتی و قانونی در شاخص جهانی سازی KOF یک طبقه بندی جدید است که توسط مارتین و همکاران (۲۰۱۵) معرفی شده است.

محمدی‌نیا و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی باعنوان « اثرات جهانی شدن، رشد اقتصادی، توسعه مالی بر ردپای بوم‌شناسی در ایران (تجزیه و تحلیل رگرسیون کوانتایل)» بیان داشتند: در کشور ایران به دلیل فراوانی انرژی و منابع طبیعی، قیمت انرژی پایین است که این امر موجب استفاده بیش از حد و نادرست انرژی شده است. اعطای تسهیلات بانکی با شرایط آسان، معافیت های مالیاتی و از این قبیل برای تولیدکنندگان وسایل گازسوز و برقی با راندمان بالای انرژی و متقابلاً وضع مالیات های سنگین، عدم حمایت های مالی و عدم صدور مجوز برای تولید کنندگان وسایل انرژی بر با برچسب انرژی پایین، اعطای تخفیفات گمرکی برای واردات وسایل گازسوز با راندمان بالا و عدم اجازه ورود و یا حقوق گمرکی بالا برای واردات وسایل گازسوز با راندمان پایین می تواند در کاهش مصرف انرژی و ردپای بوم‌شناسی مفید باشد.

نادمی و دالوندی (۱۴۰۲) در پژوهشی باعنوان « نقش جهانی شدن در رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی» بیان داشتند: که جهانی شدن اقتصادی، اجتماعی و سیاسی تأثیر منفی و معناداری بر مصرف انرژی دارند و مدل غیرخطی نشان می دهد که جهانی شدن اقتصادی و اجتماعی اثر مثبت و جهانی شدن سیاسی اثر منفی بر رشد اقتصادی دارند. همچنین عبارت های مجذور جهانی شدن اقتصادی، اجتماعی و سیاسی اثرات منفی و معناداری بر مصرف انرژی دارند. در نتیجه یک رابطه U شکل معکوس بین جهانی شدن اقتصادی و اجتماعی با مصرف انرژی وجود دارد و جهانی شدن سیاسی و مجذور آن اثر منفی بر مصرف انرژی دارد. علاوه بر این مشاهده می شود که جهانی شدن اجتماعی رشد اقتصادی را تعدیل می کند تا مصرف انرژی را تحریک کند. در مقابل جهانی شدن اجتماعی و سیاسی تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی را در اقتصادهای در حال توسعه تعدیل نمی کند.

درویشی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی جهانی شدن و تاثیر بحران های محیط زیستی بر حقوق بشر پرداختند. نتیجه حاصل شده از مقاله مذکور این است که برقراری ارتباط بین حقوق بشر و محیط

زیست قربانیان تخریب محیط زیست را بیشتر به سوی اتخاذ نوعی از سازوکارهای حفاظتی سوق می‌دهد که در قالب سازکارهای حقوق بشری مطرح می‌باشند.

درویشی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی جهانی سازی، مصرف انرژی و تخریب محیط زیست در ایران: شواهد تجربی از آزمون هم‌انباشتگی مکی، پرداختند و نشان دادند که جهانی شدن، بدون توجه به کاهش یا افزایش رشد اقتصادی، باعث افزایش تخریب محیط زیست می‌شود؛ و اثر مقیاس، در ایران، غالب است.

رحمان و همکاران (۱۳۹۹)، اثر جهانی شدن و توسعه مالی را بر محیط زیست در ۱۶ کشورهای مرکز و شرق اروپا با روش داده‌های تابلویی<sup>۱</sup> در دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶ مورد آزمون قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که جهانی شدن اثر مثبتی بر کیفیت محیط زیست دارد اما توسعه مالی اثر معناداری بر شرایط محیط زیست ندارد.

خاوند و خداپرست (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان «مقایسه تأثیر ابعاد سه گانه (اقتصادی، اجتماعی و سیاسی) جهانی شدن بر تخریب محیط زیست در ایران با استفاده از شاخص KOF» بیان داشتند: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از ابعاد سه گانه جهانی شدن، ابعاد اقتصادی و سیاسی جهانی شدن باعث افزایش تخریب محیط زیست می‌شود اما بعد اجتماعی جهانی شدن، به دلیل افزایش آگاهی‌های مردم از خطر تخریب محیط زیست، باعث کاهش تخریب محیط زیست در ایران طی دوره مورد بررسی می‌شود. پیشنهاد می‌گردد که سیاست‌گذاران، برای بهره‌مندی از دستاوردهای فرآیند جهانی شدن از طریق ایجاد نهادها و ظرفیت‌های لازم، شرایط را برای گسترش تکنولوژی‌های پاک، ایجاد مزیت نسبی در صنایع پاک و محدود کردن صنایع با شدت آلودگی بالا مهیا کنند تا پیامدهای منفی رقابت جهانی بر پایداری محیط زیست به حداقل برسد.

<sup>۱</sup> Tabular Data

### ۲-۳. پیشینه خارجی

راهیان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه ای تأثیر رشد اقتصادی، استفاده از انرژی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) و جهانی سازی را بر انتشار دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>) در مکزیک از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۲ بررسی می کند. با اتخاذ روش تأخیر توزیع شده خودرگرسیون (ARDL)، مشاهده شده است که افزایش ۱ درصدی در تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی در مکزیک به افزایش ۱ درصدی تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی کمک می کند. انتشار گازهای گلخانه ای در بلند مدت ۱/۸۱ و ۱/۸۵ درصد در کوتاه مدت افزایش می یابد. در عوض، افزایش ۱ درصدی سرمایه گذاری مستقیم خارجی و جهانی سازی با کاهش ۰/۵ درصد و ۰/۰۳ درصد انتشار کربن در بلندمدت و ۰/۲۸ درصد و ۰/۰۱ درصد در کوتاه مدت، تأثیر مطلوبی بر سطح اکوسیستم مکزیک دارد.

جاستیک<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی تأثیر انرژی های تجدید پذیر بر انتشار کربن از طریق جهانی شدن پرداختند. در این راستا، این مطالعه از مدل میانجی برای ارزیابی اثرات مستقیم و غیرمستقیم انرژی های تجدیدپذیر بر انتشار کربن از طریق جهانی شدن استفاده می کند. داده های این مطالعه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ است. یافته های این مطالعه نشان داد که اگرچه انرژی های تجدیدپذیر تأثیر قابل توجهی بر باز بودن تجارت ندارند، اما مستقیم و منفی بر انتشار کربن تأثیر می گذارند. با این حال، سرمایه گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت مستقیم و معنی داری بر انتشار کربن دارد، در حالی که باز بودن تجارت تأثیر معنی داری ندارد. نتایج غیرمستقیم نشان داد که انرژی های تجدیدپذیر از طریق سرمایه گذاری مستقیم خارجی تأثیر منفی بر انتشار کربن دارد. با این حال، انرژی های تجدیدپذیر از طریق باز بودن تجارت تأثیر مثبتی بر انتشار کربن دارد. سیاستگذاران تشویق می شوند که بخش تجارت را محدود کنند تا تجارت فناوری های با انتشار بالا را کاهش دهند.

<sup>1</sup> Raihan

<sup>2</sup> Justice

شادرو کاو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۴) به بررسی جهانی شدن اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار CO<sub>2</sub> در کشورهای منتخب نوظهور پرداختند. این تحقیق به دنبال بررسی تاثیر جهانی شدن EG و مصرف انرژی تجدیدپذیر (REC) بر انتشار CO<sub>2</sub> با استفاده از داده‌های ثانویه بانک جهانی از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ است. این مطالعه فرض می‌کند که EG به انتشار CO<sub>2</sub> بیشتر کمک می‌کند، در حالی که REC منجر به کاهش انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. این مطالعه از پانل نتایج رگرسیون داده‌ها با مدل اثر تصادفی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که EG به رشد اقتصادی همراه با افزایش انتشار CO<sub>2</sub> کمک می‌کند. افزایش سریع فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی شدن، که اغلب توسط FDI و تجارت بین‌المللی هدایت می‌شود، منجر به افزایش استفاده از انرژی‌های فسیلی و انتشار CO<sub>2</sub> می‌شود. این یافته‌ها از فرضیه بهشت آلودگی حمایت می‌کنند که نشان می‌دهد تولید با آلودگی بالا به سمت کشورهایی با مقررات زیست‌محیطی ضعیف‌تر حرکت می‌کند.

لی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تحت اثرات جهانی شدن اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بر کیفیت محیط زیست: شواهد بین‌المللی بیان داشتند که تأثیرات جهانی شدن بر محیط زیست به طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تغییرات اقتصادی، اجتماعی و سیاسی، افزایش تولیدات صنعتی و مصرف منابع طبیعی، افزایش آلودگی هوا و آب، و نیز تغییرات اقلیمی ایجاد می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که بسیاری از مسائل محیط زیست به طور گسترده‌ای بین‌المللی هستند و نیاز به همکاری و هماهنگی بین کشورها دارند تا بتوانند به طور موثر با این چالش‌ها مقابله کنند.

بالسالوبر-لورنته<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر زیست‌محیطی جهانی شدن: مورد اقتصادهای نوظهور اروپای مرکزی و شرقی بیان داشتند نتایج تجربی نشان داد که انرژی هسته‌ای و نوآوری‌های تکنولوژیکی با کاهش انتشار کربن، هزینه‌های زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند. با این حال، جهانی شدن هزینه‌های زیست‌محیطی را با انتشار بیشتر کربن در جو افزایش می‌دهد. علاوه بر این، علیت دو طرفه در بین انرژی هسته‌ای، انرژی‌های تجدیدپذیر و انتشار کربن

<sup>1</sup>Shodroková

<sup>2</sup>Le

<sup>3</sup>Balsalobre-Lorente

وجود دارد. در نتیجه، کشورهای پرمصرف انرژی هسته ای باید از بهره وری انرژی هسته ای برای کنترل هزینه های زیست محیطی و مسیری مقرون به صرفه برای اقتصاد کم کربن استفاده کنند. در نهایت، این دیدگاه به دنبال جلب نظر سیاستگذاران برای انجام بهتر کار در اثبات تصمیماتشان بود. ژانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان تأثیر صنعت مالی و جهانی شدن بر کیفیت محیط زیست بیان داشتند این مطالعه نشان می دهد که دولت های خاورمیانه و شرق آفریقا نیاز به توسعه و اجرای سیاست های مناسب برای ترویج منابع انرژی تجدیدپذیر مانند باد، خورشید، سوخت زیستی و تولید گرما دارند که به کاهش انتشار دی اکسید کربن و ارتقای توسعه اقتصادی پایدار کمک می کند.

سلیم<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان نقش رشد اقتصادی، فناوری اطلاعات و جهانی شدن در دستیابی به کیفیت محیطی: چارچوبی جدید برای کشورهای منتخب آسیایی بیان داشتند این مطالعه از مدل STIRPAT برای بررسی تأثیر جمعیت، تولید ناخالص داخلی و فناوری های اطلاعات بر منحنی کوزنتس زیست محیطی استفاده کرده است. نتایج نشان می دهند که فناوری اطلاعات در کاهش ردپای اکولوژیکی نقش مهمی دارد، به خصوص در اقتصادهای آسیایی. این مطالعه نشان می دهد که سیاستگذاران باید از همکاری در بخش فناوری های اطلاعات برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی استفاده کنند.

ژانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی با عنوان جهانی شدن، اقتصاد سبز و چالش های زیست محیطی بیان داشتند که تلاش در جهت اقتصاد سبز به چهار روش ذکر شده در این مطالعه به کاهش فقر کمک می کند. همچنین به بهبود دسترسی افراد فقیر به محیطی سالم و امن و در عین حال افزایش امنیت انسانی از طریق جلوگیری یا حل و فصل مناقشات بر سر زمین، غذا، آب و سایر منابع طبیعی، نور مختصری می اندازد.

<sup>1</sup> Zhang

<sup>2</sup> Saleem

<sup>3</sup> Zhang

مهمت آکیف<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «بررسی نقش جهانی شدن اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بر محیط زیست: شواهدی از کشورهای CEEC<sup>۲</sup>» بیان داشت: هدف این مطالعه بررسی تاثیر ابعاد مختلف جهانی شدن بر آلودگی محیط زیست در اروپای مرکزی و شرقی است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش جهانی شدن اقتصادی و اجتماعی باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌شود، در حالی که افزایش جهانی شدن سیاسی باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

ستی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «جهانی شدن، توسعه مالی و رشد اقتصادی: خطرات پایداری زیست محیطی یک اقتصاد در حال ظهور» بیان داشتند: هدف این مطالعه بررسی تاثیر ابعاد مختلف جهانی شدن بر آلودگی محیط زیست در اروپای مرکزی و شرقی است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش جهانی شدن اقتصادی و اجتماعی باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌شود، در حالی که افزایش جهانی شدن سیاسی باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

خان<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان «تأثیر جهانی شدن، عوامل اقتصادی و مصرف انرژی بر انتشار CO<sub>2</sub> در پاکستان» بیان داشتند: هدف این مطالعه بررسی تاثیر ابعاد مختلف جهانی شدن بر آلودگی محیط زیست در اروپای مرکزی و شرقی است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش جهانی شدن اقتصادی و اجتماعی باعث افزایش آلودگی محیط زیست می‌شود، در حالی که افزایش جهانی شدن سیاسی باعث کاهش آلودگی محیط زیست می‌شود.

در این بخش مطالعات داخلی و خارجی متعددی بررسی شد. همانطور که ملاحظه شد هر یک از مطالعات با توجه به موضوع مورد بررسی از ابعاد مختلف به بحث عوامل موثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن پرداخته‌اند. اما در مطالعه حاضر هدف آن است که مدل رگرسیون فازی معرفی و قابلیت آن در بررسی تاثیر عدم قطعیت عوامل موثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن مورد توجه قرار گیرد. از مزایای این مطالعه استفاده از مدل رگرسیون فازی اولویت‌بندی و بررسی تاثیر عدم قطعیت متغیرهای مذکور بر بر انتشار گاز دی اکسید کربن است. در تحلیل‌های مدل رگرسیون فازی از

<sup>1</sup> Mehmet Akif

<sup>2</sup> Central and Eastern European Countries

<sup>3</sup> Sethi

<sup>4</sup> Khan

مفهوم درجه عضویت، مرکز و پهنای فازی استفاده شده است. با استفاده از درجه عضویت ۰/۱ تا ۰/۹ که نشان‌دهنده افزایش عدم قطعیت در عوامل موثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن است به محاسبه پهنای راست و چپ بر انتشار گاز دی اکسید کربن پرداخته شد. پهنای راست حاکی از بیشترین تأثیرگذاری و همچنین مرکز و پهنای چپ فازی نیز به ترتیب حاکی از متوسط و کمترین تأثیرگذاری عوامل موثر بر انتشار گاز دی اکسید کربن است. که از نوآوری های مطالعه حاضر است و در سایر مطالعات مرتبط انجام نشده است.

#### ۴. روش پژوهش

##### ۴-۱. بیان مدل

مطالعه حاضر به پیروی از مطالعه رافیندادی و عثمان<sup>۱</sup> که رابطه جهانی سازی، مصرف انرژی و تخریب محیط زیست را برای کشور آفریقای جنوبی بررسی کرده اند، نقش استفاده از مصرف انرژی و جهانی شدن را در تخریب محیط زیست در نظر می گیرد. که به صورت، معادله (۱) نمایش داده می شود:

$$CO_2 = f(GDP, EU, GI) \quad (1)$$

در رابطه فوق GDP، بیانگر رشد اقتصادی GI جهانی شدن و EU نمایانگر مصرف انرژی است. در این مقاله داده‌های مربوط به متغیرهای مذکور از سایت های بانک مرکزی ایران و بانک جهانی اخذ شده است و برای دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۴۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. رگرسیون کلاسیک، فرض‌های محکمی برای برقرار بودن ویژگی های آماری مدل های رگرسیونی دارد. به عنوان مثال، نرمال بودن یا عدم وجود خود همبستگی و ثابت بودن واریانس جزء خطا از این فرض‌ها هستند. که نقض هر یک از این فرض‌ها، نتایج تحلیل رگرسیون کلاسیک را بی اعتبار می کند. در بیشتر موارد توجه این فرض‌ها مشکل است و یا در برخی مواقع نمی توان به درستی از آنها استفاده کرد. ممکن است در مشاهدات یا تعاریف یک سیستم، برآوردها و قضاوت های انسانی نادقیق و اطلاعات ناکافی در استفاده از متغیرها اثرگذار باشد. به طور کلی اگرچه رگرسیون کلاسیک کاربردهای زیادی دارد اما در شرایط زیر گمراه کننده خواهد بود. ۱ - تعداد داده های

<sup>1</sup> Rafindadi & Usman

مشاهداتی ناکافی باشد. ۲- خطاها از توزیع نرمال پیروی نکنند. ۳- شیوه ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته مبهم باشد. ۴- ابهام در ارتباط با یک پیشامد وجود داشته باشد. ۵- فرضیات خطی سازی نادرست باشد. در چنین شرایطی که روش شناسی رگرسیون کلاسیک و توجیه فرض‌ها آن کار مشکلی است، استفاده از رگرسیون فازی که تابع عضویت با یک توزیع امکانی برای نادقیق یا مبهم بودن ارائه می‌دهد، می‌تواند درک ما از سیستم را افزایش دهد و نتایج بهتری ارائه نماید. از سوی دیگر در رگرسیون خطی کلاسیک به ازای هر سری از متغیرهای ورودی، یک مقدار مشخص برای متغیر خروجی محاسبه می‌گردد، در حالی که رگرسیون فازی بازه‌ای از مقادیر ممکن را برای متغیر خروجی تخمین می‌زند. توزیع این مقادیر بصورت تابع عضویت مشخص می‌شود. بطور کلی برای برازش یک معادله رگرسیون خطی فازی سه دسته مدل وجود دارد (طاهری، ۱۳۹۶).

۱- مدل‌های رگرسیون فازی امکانی

۲- مدل‌های رگرسیون کمترین مربعات

۳- مدل‌های رگرسیون مبتنی بر تحلیل بازه‌ای

در این مطالعه از مدل رگرسیون امکانی فازی استفاده شده است. این مدل، مطلوبترین معادله رگرسیونی را با حداقل کردن میزان فازی بودن به دست می‌آورد. برای رسیدن به یک برازش مطلوب، باید یک مدل بهینه برآورد شود. با توجه به اینکه توابع عضویتی که برای نمایش اعداد فازی استفاده می‌شود، به صورت مثلثی است، می‌توان رگرسیون فازی را در قالب یک مساله با پارامترهای مشخص فرموله کرد. مدل‌های رگرسیون فازی اولین بار توسط تاناکا و همکاران در سال (۱۹۸۲) ارائه گردید. این مدل‌ها بهترین معادله رگرسیون را با کمینه کردن میزان فازی بودن بدست می‌دهد. این کار با کمینه کردن مجموع کل پهنای توابع عضویت ضرائب فازی معادله رگرسیون انجام می‌شود. یکی از مدل‌های رگرسیون فازی امکانی مدلی است که در آن ضرائب فازی هستند و ورودی و خروجی مشاهده‌ای غیرفازی است. صورت کلی مدل رگرسیونی با ضرائب فازی به صورت رابطه (۲) است.

$$\tilde{Y} = f(\underline{x}, A) = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \tilde{A}_2 x_2 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad (2)$$

که در آن  $\tilde{Y}$  متغیر وابسته یا اصطلاحاً خروجی فازی است،  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  متغیرهای مستقل یا اصطلاحاً بردار ورودی و  $A = \{\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n\}$  یک مجموعه از اعداد فازی است. مجموعه ای از داده های معمولی به صورت  $(y_1, x_1), (y_2, x_2), \dots, (y_m, x_m)$  موجود است. پارامترهای فازی  $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n$  را به گونه ای تعیین شوند که مدل (۳) براساس برخی از معیارهای نیکویی برارزش، بهترین برارزش را داشته باشد. در ادامه برای کاهش حجم مطالعه حاضر فقط مراحل اصلی الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات با ضرایب فازی متقارن و نامتقارن شرح داده می شود.

#### ۲-۴. کاربرد الگوریتم ازدحام ذرات در بهینه کردن مرکز، پهنای چپ و راست فازی

الگوریتم های فراابتکاری یک دسته مهم از الگوریتم های بهینه سازی هستند که بر اساس اصول تکاملی و ایده های مشابه با فرایندهای طبیعی طراحی شده اند. این الگوریتم ها به طور گسترده در مسائل بهینه سازی، تنظیم پارامترها، طراحی سیستم ها و مسائل پیچیده دیگر مورد استفاده قرار می گیرند (اعتصامی و همکاران). از جمله الگوریتم های فراابتکاری معروف می توان به الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات ( $PSO^1$ )، الگوریتم تکامل تفاضلی، الگوریتم تابع تکاملی، الگوریتم تابع هدف چند هدفه و ... اشاره کرد. این الگوریتم ها به دلیل کارایی بالا، انعطاف پذیری و قابلیت اعمال در مسائل مختلف، جایگاه ویژه ای در حل مسائل بهینه سازی دارند. الگوریتم PSO به عنوان یکی از الگوریتم های فراابتکاری محبوب و کارآمد شناخته شده است و به دلیل سادگی اجرا و توانایی بالا در بهینه سازی، در بسیاری از مسائل مورد استفاده قرار می گیرد. این الگوریتم با الهام از رفتار گروهی ذرات، به دنبال یافتن بهترین حل برای مسئله بهینه سازی است. با استفاده از PSO می توان پهنای چپ و راست فازی را بهینه سازی کرد و بهترین مقادیر برای این

<sup>1</sup> Particle swarm optimization algorithm

پارامترها را پیدا کرد. این الگوریتم می‌تواند به صورت خود کار و بهینه مقادیر پهنای چپ و راست فازی را تنظیم کند و عملکرد سیستم فازی را بهبود بخشد (پرادان<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۴۰۱).

### ۳-۴. الگوریتم حل مسئله برای حالت متقارن

۱- ابتدا تابع هدف مطابق با رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$Z = 2ms_0 + 2 \sum_{i=1}^n (s_i \sum_{j=1}^m x_{ji}) \quad (3)$$

۲- برای برآورد پهنای راست، قید سمت راست مطابق با رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$(1-h)s_0 + (1-h) \sum_{i=1}^n (s_0 x_{ji}) + a_0 + \sum_{i=1}^n (s_0 x_{ji}) \geq + y_i \quad (4)$$

۳- برای برآورد پهنای چپ، قید سمت چپ مطابق با رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$(1-h)s_0 + (1-h) \sum_{i=1}^n (s_0 x_{ji}) - a_0 - \sum_{i=1}^n (s_0 x_{ji}) \geq - y_i \quad (5)$$

۴- برای محاسبه مراکز  $a_i$  و پهنای راست  $s_i^R$  و چپ  $s_i^L$  در مسئله بهینه سازی ابتدا برای درجه

عضویت  $h=0.1$  با استفاده از الگوریتم PSO پارامترها را برآورد می‌کنیم.

۵- مرحله چهارم را برای سایر درجه های عضویت  $0.1$  تا  $0.9$  انجام می‌شود.

۶- مراکز، پهنای راست و چپ را مطابق با روابط (۶) محاسبه می‌شوند.

$$f^c(\underline{x}) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n \quad (6)$$

$$f_s^L(\underline{x}) = s_0^L + s_1^L x_1 + \dots$$

$$+ s_n^L x_n$$

$$f_s^R(\underline{x}) = s_0^R + s_1^R x_1 + \dots + s_n^R x_n$$

۷- با توجه به محاسبات مرحله هفتم پهنای راست و چپ را برای درجه های عضویت  $0.1$  تا  $0.9$

رسم می‌شود.

<sup>1</sup> Pradhan

#### ۴-۴. الگوریتم حل مسئله با ضرایب فازی نامتقارن

۱ - ابتدا تابع هدف را مطابق با رابطه (۷) محاسبه می شود.

$$Z = m(s_0^L + s_0^R) + \sum_{i=1}^n [(s_0^L + s_0^R) \sum_{j=1}^m x_{ji}] \quad (7)$$

۲ - برای برآورد پهنای راست، قید سمت راست را مطابق با رابطه (۸) محاسبه می شود در این رابطه  $k_i$  ضریب کشیدگی است.

$$(1-h)K_0s_0^L + (1-h) \sum_{i=1}^n (K_i s_i^L x_{ji}) - a_0 - \sum_{i=1}^n (a_0 x_{ji}) \geq + y_i \quad (8)$$

برای برآورد پهنای چپ، قید سمت چپ را مطابق با رابطه (۹) محاسبه می شود.

$$(1-h)K_0s_0^L + (1-h) \sum_{i=1}^n (K_i s_i^L x_{ji}) - a_0 - \sum_{i=1}^n (a_0 x_{ji}) \geq - y_i \quad (9)$$

۳- برای محاسبه مراکز  $a_i$  ها و پهنای  $s_i$  ها مسئله بهینه سازی برای درجه عضویت ۰/۵ به طریق زیر عمل می شود:

۳-۱- برای درجه عضویت ۰/۵ تمام ضرایب کشیدگی را در مقدار یک قرار داده و مراکز و پهنای را محاسبه می شود. در مرحله بعد مقدار ضریب کشیدگی را از ضریب  $k_0$  تا  $k_6$  به مقدار دلخواه افزایش داده این مرحله را چند مرحله تکرار می شود تا ثبات تابع هدف، مراکز و پهنای را بررسی شود.

۳-۲- ضریب کشیدگی  $k_0$  را در مقدار دلخواه قرار داده و سایر ضرایب کشیدگی را در عدد یک ثابت نگه داشته و با استفاده از الگوریتم PSO پارامترها را برآورد می کنیم.

۳-۳- در مرحله بعد ضریب کشیدگی  $k_0$  را به مقدار دلخواه نسبت به مقدار اولیه آن را افزایش داده و سایر ضرایب کشیدگی را در عدد یک ثابت نگه داشته و با استفاده از الگوریتم PSO پارامترها را برآورد می کنیم.

۴- مرحله ۳-۲ و ۳-۳ را برای سایر ضرایب کشیدگی انجام داده می شود.

#### ۴-۵ تشریح نتایج بدست آمده الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام از حل مدل رگرسیون فازی با ضرایب فازی متقارن

در این بخش رگرسیون فازی با فرض ابهام ضرایب در خصوص بررسی آثار عدم قطعیت جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  در ایران برآورد خواهد شد. تعداد مشاهدات سی و یک سال است. برای برآورد میزان انتشار گاز  $CO_2$  تابع هدف با توجه به قیدها که در مجموع ۶۲ قید است، مینیمم می‌شود. لازم به ذکر است تمام محاسبات در نرم افزار متلب انجام شده است. پس از تشکیل قیدها و حل مسئله با ضرایب فازی متقارن با توجه به درجه‌های عضویت گوناگون مقادیر مراکز  $a_0, a_1, a_2, a_3$  و مقادیر پهنا  $S_0, S_1, S_2, S_3$  محاسبه می‌شود. جدول (۱) جواب‌های مسئله را برای نما (کران متوسط) و پهنای رگرسیون خطی فازی (کران بالا و پایین) نشان می‌دهد. حال به ازای درجه‌های عضویت ۰/۱ تا ۰/۹ میزان انتشار گاز  $CO_2$  را بررسی می‌نمایم. در تحلیل‌های مربوط به بررسی آثار عدم قطعیت جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  است از مفهوم درجه عضویت، مراکز فازی و پهنای فازی استفاده می‌شود. مفهوم درجه عضویت در مجموعه‌های فازی بیانگر میزان فازی بودن هر متغیر و حاکی از تاثیر عدم قطعیت متغیرها است. مراکز فازی بیانگر تاثیر گذاری مقدار ثابت (کران متوسط) هر یک از متغیرها است. پهنای فازی نشان دهنده میزان نوسان هر یک از متغیرها است. همانطور که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود با تغییر مقادیر درجه‌های عضویت، کران متوسط، بالا و پایین برای هر متغیر محاسبه شده است. براساس نظریه‌های فازی هرچه به سمت درجه عضویت ۰/۹ نزدیک تر می‌شویم میزان فازی بودن آن متغیر افزایش می‌یابد که بیان‌گر میزان افزایش عدم قطعیت در متغیرها است. از این رو تحت درجه‌های عضویت گوناگون عدم قطعیت متغیرها بررسی و برای هر درجه عضویت سه کران محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که تاثیرگذاری عدم قطعیت متغیرهای مذکور بر انتشار گاز  $CO_2$  ابتدا روند صعودی دارند و سپس بعد از تاثیر حداکثری روند نزولی خواهند داشت. برای تمام درجه‌های عضویت تاثیر عدم قطعیت رشد اقتصادی بر انتشار گاز  $CO_2$  است.

جدول (۱). برآورد کران های بالا، متوسط و پایین جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز C<sub>2</sub>

درجه های عضویت	متغیرها	کران پایین	کران متوسط	کران بالا
درجه عضویت ۰/۱	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۲۹
	GI	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۶	۰/۰۳۶
درجه عضویت ۰/۲	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۵۷۷	۰/۶۷۱	۰/۷۶۶
	GI	-۰/۰۳۴	۰/۰۱۲	۰/۰۵۸
درجه عضویت ۰/۳	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۳۰۶	۰/۵۷۱	۰/۸۳۵
	GI	-۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲
درجه عضویت ۰/۴	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۴۹۰	۰/۶۷۵	۰/۹۶۰
	GI	-۰/۱۵۳	۰/۱۴۸	۰/۱۸۳
درجه عضویت ۰/۵	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۶۲	۰/۱۲۴	۰/۱۹۷
	GI	-۰/۰۳۲	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶
درجه عضویت ۰/۶	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۴۶	۰/۰۶۵	۰/۰۸۴
	GI	-۰/۰۳۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۴
درجه عضویت ۰/۷	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۵۳
	GI	-۰/۰۷۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵
درجه عضویت ۰/۸	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۹۰	۰/۲۹۴	۰/۰۳۷
	GI	-۰/۰۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
درجه عضویت ۰/۹	GDP	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳
	EU	۰/۰۰۹	۰/۰۱۳	۰/۰۲۶
	GI	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	۰/۰۰۳

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

به منظور مقایسه عملکرد الگوی مورد استفاده در این مطالعه معیارهای مختلفی وجود دارد که از متداولترین آنها میانگین مربع خطا<sup>۱</sup>، مجذور میانگین مربع خطا<sup>۲</sup>، میانگین قدر مطلق خطا<sup>۳</sup>، میانگین قدر مطلق درصد خطا<sup>۴</sup> است. به دلیل اینکه هر یک از معیارهای فوق جنبه‌های خاصی از عملکرد مدل را نشان می‌دهد در این مطالعه از کلیه معیاره برای ارزیابی الگو و نیز ارزیابی قدرت پیش‌بینی استفاده شده است جدول (۲) نتایج ارزیابی برآورد پهنای راست و چپ درجه عضویت به کمک رگرسیون فازی را نشان می‌دهد الگوی مورد استفاده در کلیه معیارهای ارزیابی نتایج مطلوبی داشته است.

جدول (۲). متداول‌ترین معیارهای ارزیابی مدل رگرسیون فازی با ضرایب متقارن برای تحلیل انتشار گاز CO<sub>2</sub>

درجه عضویت	MSE	RMSE	MAPE	MAE
درجه عضویت ۰/۱	۲/۱۵۰	۰/۰۶۵	۳/۴۲۲	۰/۲۳۳
درجه عضویت ۰/۲	۲/۰۵۱	۰/۰۳۷	۴/۱۱۴	۰/۲۱۴
درجه عضویت ۰/۳	۱/۵۰۱	۰/۰۴۰	۵/۰۰۸	۰/۲۵۸
درجه عضویت ۰/۴	۲/۱۳۰	۰/۰۵۵	۴/۸۲۱	۰/۳۱۵
درجه عضویت ۰/۵	۳/۵۱۱	۰/۰۲۱	۴/۶۲۰	۰/۲۷۱
درجه عضویت ۰/۶	۴/۵۲۴	۰/۰۳۱	۵/۲۳۴	۰/۱۰۹
درجه عضویت ۰/۷	۱/۰۱۹	۰/۰۶۲	۵/۴۰۷	۰/۳۴۱
درجه عضویت ۰/۸	۶/۰۰۶	۰/۰۷۶	۶/۲۶۸	۰/۰۱۹
درجه عضویت ۰/۹	۱/۱۵۱	۰/۰۲۵	۳/۲۷۹	۰/۳۰۲

منبع: محاسبات تحقیق حاضر

#### ۴-۶. تشریح نتایج بدست آمده از حل الگوریتم مسئله با ضرایب فازی نامتقارن

در جدول (۳) مقدار ضریب کشیدگی را به دلخواه مقادیر ۱ و ۱/۵ و ۲/۵ انتخاب شده است. ضرایب ( $\tilde{A}_i$  ها) در حالت ضرایب فازی نامتقارن برای درجه عضویت ۰/۵ و ضرایب کشیدگی با استفاده از تابع هدف (مطابق با مرحله ۱ الگوریتم) و محدودیت‌ها (مطابق با مرحله ۲ و ۳ الگوریتم)

<sup>1</sup> Root Mean Square Error

<sup>2</sup> Mean Absolute Present Error

<sup>3</sup> Mean absolute error

<sup>4</sup> Absolute average error percentage

محاسبه شده است. از حل مسئله با ضرایب فازی نامتقارن می توان برای بررسی عدم قطعیت جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  استفاده کرد. در این مطالعه مرحله ۱-۵ الگوریتم انجام شده با توجه به نتایج می توان بیان کرد که در حالت نامتقارن با افزایش  $k$  به طور هم زمان اکثر مقادیر کران بالا، کران متوسط و پایین همواره صفر هستند که به دلیل حجیم شدن جدول (۳) ارائه نشده اند. همچنین مقدار تابع هدف نیز ثابت است. بنابراین با توجه به نتایج می توان بیان کرد که با تغییر ضرایب کشیدگی هیچ تغییری در مقادیر کران های به وجود نیامده است. به نظر می رسد، که بیانگر وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای موثر بر انتشار گاز  $CO_2$  می باشد.

## ۵. بحث

مطالعات داخلی و خارجی متعددی (که در ادبیات موضوع عنوان شد) به بررسی تحلیل آثار جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  پرداخته اند و با استفاده از روش های اقتصادسنجی از جمله رگرسیون کلاسیک ارتباط و میزان تاثیرگذاری متغیرهای مستقل بر انتشار گاز  $CO_2$  را بررسی کرده اند. از جمله دیلمی و جولایی (۱۴۰۲)، عابدی و همکاران (۱۴۰۲)، محمدی نیا و همکاران (۱۴۰۱)، عباسیان و شهرکی (۱۴۰۱)، ناصر بخت (۱۴۰۰)، درویشی و همکاران (۱۴۰۰)، خاوند و خداپرست (۱۳۹۹)، توکل نیا و اکبریان (۱۳۹۱) در تمام مطالعات فوق و اکثر مطالعات انجام شده به کمک روش های اقتصادسنجی تنها یک مقدار مشخص برای متغیرهای مستقل محاسبه شده است. از این رگرسیون فازی از رگرسیون معمولی کارا تر عمل می کند. اما در این مطالعه با استفاده از رگرسیون فازی، سه کران از جمله کران های بالا، متوسط و پایین را با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت در متغیرهای جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  برآورد شد. این موضوع می توان دامنه تحلیل های مربوط به انتشار گاز  $CO_2$  را گسترش دهد. در این مطالعه از درجه های عضویت ۰/۱ تا ۰/۹ برای بررسی تاثیر عدم قطعیت متغیرهای جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $CO_2$  استفاده شد. براساس نظریه های فازی هرچه به سمت درجه عضویت ۰/۹ نزدیک تر می شویم میزان فازی بودن آن متغیر افزایش می یابد که بیانگر میزان افزایش عدم قطعیت در متغیرها است. از این رو تحت درجه های عضویت گوناگون عدم قطعیت متغیرها بررسی و برای

هر درجه عضویت سه کران محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که تاثیر گذاری عدم قطعیت متغیرهای مذکور بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> ابتدا روند صعودی دارند و سپس بعد از تاثیر حداکثری روند نزولی خواهند داشت.

### ۶. نتیجه گیری

در این مطالعه به تحلیل آثار عدم قطعیت جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> در ایران پرداخته شده است و از روش خاص تجزیه و تحلیل رگرسیون فازی با ضرایب متقارن و نامتقارن که انعطاف پذیری بسیار زیادی در مدل سازی دارد، کمک گرفته شده است. برای این منظور از مفهوم درجه عضویت، کران متوسط، بالا و پایین که در ادبیات رگرسیون فازی مرسوم است برای بررسی رفتار متغیرها استفاده شد. این روش مدل سازی می‌تواند تاثیر عدم قطعیت در مصرف انرژی و جهانی شدن را بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> را برجسته کند. بررسی تاثیر کران بالای مربوط به عدم قطعیت مصرف انرژی بر میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> حاکی از آن است که هر چه از درجه های عضویت ۰/۱ به درجه عضویت ۰/۹ نزدیک می‌شویم ابتدا میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> تا درجه عضویت ۰/۴ افزایش یافته و سپس به صورت یک روند نزولی انتشار گاز CO<sub>2</sub> کاهش می‌یابد. این روند تاثیر گذاری برای کران متوسط و پایین نیز صادق است. از این می‌توان بیان کرد که نحوه تاثیر گذاری عدم قطعیت مصرف انرژی بر میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> شبیه به U معکوس است. بررسی تاثیر کران بالای مربوط به عدم قطعیت جهانی شدن بر میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> حاکی از آن است که هر چه به درجه های عضویت ۰/۹ نزدیک می‌شویم ابتدا میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> تا درجه عضویت ۰/۴ افزایش یافته و سپس به صورت یک روند نزولی انتشار گاز CO<sub>2</sub> کاهش می‌یابد. این روند تاثیر گذاری برای کران متوسط و پایین نیز صادق است. از این می‌توان بیان کرد که نحوه تاثیر گذاری عدم قطعیت مصرف انرژی بر میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> شبیه به U معکوس است. نکته قابل توجه در مورد مقایسه کلی تاثیر عدم قطعیت مصرف انرژی و جهانی سازی بر انتشار گاز CO<sub>2</sub> مرتبط با کران های بالا، متوسط و پایین آن است که روند مصرف انرژی نسبت به جهانی سازی به مقدار بیشتری میزان انتشار گاز CO<sub>2</sub> را افزایش می‌دهد از این رو می‌توان بیان کرد که میزان انتشار

گاز  $\text{CO}_2$  در کشور نتیجه قضیه پناهندگی آلودگی نیست. همانطور که نتایج مدل رگرسیون فازی با ضرایب نامتقارن نشان می دهد با توجه به آنالیز ضریب کشیدگی مدل رگرسیون فازی با ضرایب نامتقارن با تغییر ضرایب کشیدگی هیچ تغییری در مقدار تابع هدف (انتشار گاز  $\text{CO}_2$ ) حاصل نشده است. که بیانگر وجود یک رابطه تعادلی بلندمدت بین عدم قطعیت در جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز  $\text{CO}_2$  در ایران می باشد.

نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سایر تحقیقات داخلی و خارجی در حوزه تأثیر جهانی سازی و مصرف انرژی بر انتشار گاز دی اکسید کربن مقایسه شد. در تحقیق داخلی با عنوان "ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات انتشار دی اکسید کربن در ایران با تأکید بر نقش شهرنشینی" (آشنا و حسین آبادی، ۱۴۰۰)، مشخص شد که شهرنشینی و رشد جمعیت به طور مستقیم بر افزایش مصرف انرژی و انتشار  $\text{CO}_2$  تأثیر گذار بوده‌اند. این یافته با نتایج تحقیق حاضر که افزایش مصرف انرژی را به عنوان عامل اصلی افزایش انتشار  $\text{CO}_2$  در ایران معرفی می کند، همسو است. با این حال، تحقیق حاضر بر نقش جهانی سازی به عنوان یک عامل مؤثر تأکید دارد، در حالی که تحقیق فوق بیشتر بر شهرنشینی و رشد جمعیت متمرکز است. این تفاوت نشان می دهد که عوامل مختلفی می توانند بر انتشار  $\text{CO}_2$  تأثیر بگذارند و لزوماً یک عامل واحد به تنهایی مسئول افزایش یا کاهش انتشار این گاز نیست. به علاوه، تحقیق حاضر با استفاده از مدل رگرسیون فازی و الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، تأثیر عدم قطعیت‌های مرتبط با جهانی سازی و مصرف انرژی را بررسی کرده است، در حالی که تحقیق فوق از روش تحلیل تجزیه استفاده کرده است. این تفاوت در روش شناسی می تواند منجر به تفاوت در نتایج و تفسیرهای ارائه شده شود.

در مقایسه با تحقیقات خارجی، مطالعه‌ای با عنوان "تأثیر جهانی سازی، کیفیت نهادها، رشد اقتصادی، مصرف برق و انرژی‌های تجدیدپذیر بر انتشار دی اکسید کربن در کشورهای OECD" (کائو و همکاران، ۲۰۲۲) نشان داد که جهانی سازی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر به کاهش انتشار  $\text{CO}_2$  کمک می کنند، در حالی که رشد اقتصادی و مصرف برق باعث افزایش آن می شوند. این یافته تا حدی با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد، زیرا در هر دو تحقیق جهانی سازی به عنوان

یک عامل تأثیرگذار بر انتشار  $CO_2$  مورد توجه قرار گرفته است. با این تفاوت که در تحقیق حاضر، جهانی‌سازی تأثیر کم‌تری نسبت به مصرف انرژی بر افزایش انتشار  $CO_2$  داشته است. همچنین، تحقیق دیگری با عنوان "تأثیر جهانی‌سازی، عوامل اقتصادی و مصرف انرژی بر انتشار  $CO_2$  در پاکستان" (خان و همکاران، ۲۰۱۹) نشان داد که جهانی‌سازی و مصرف انرژی تأثیر مثبت بر انتشار  $CO_2$  دارند، که این نتیجه با یافته‌های تحقیق حاضر همسو است. با این حال، در تحقیق حاضر، تأثیر جهانی‌سازی به صورت غیرخطی و شبیه به  $U$  معکوس توصیف شده است، که نشان می‌دهد درجات مختلف جهانی‌سازی می‌تواند تأثیرات متفاوتی بر انتشار  $CO_2$  داشته باشد. این تفاوت‌ها بیانگر آن است که تأثیر جهانی‌سازی و مصرف انرژی بر انتشار  $CO_2$  می‌تواند تحت تأثیر شرایط خاص هر کشور، ساختار اقتصادی، سیاست‌های محیط‌زیستی و روش‌های تحلیلی مورد استفاده قرار گیرد.

به طور کلی، مقایسه نتایج تحقیق حاضر با سایر مطالعات نشان می‌دهد که اگرچه مصرف انرژی به عنوان یک عامل کلیدی در افزایش انتشار  $CO_2$  در اکثر تحقیقات تأیید شده است، اما نقش جهانی‌سازی می‌تواند بسته به شرایط هر کشور و روش‌های تحلیلی متفاوت باشد. این موضوع لزوم توجه به بسترهای خاص هر کشور و استفاده از روش‌های تحلیلی پیشرفته‌تر را برای درک بهتر تأثیر عوامل مختلف بر انتشار  $CO_2$  نشان می‌دهد.

## ۷. پیشنهادات سیاستی

با توجه به نتایج که نشان دهنده آن است روند مصرف انرژی نسبت به جهانی‌سازی به مقدار بیشتری میزان انتشار گاز  $CO_2$  در کشور را افزایش می‌دهد. لذا توصیه می‌شود دولت و بخش خصوصی در زمینه توسعه سرمایه‌گذاری‌ها در انرژی‌های پاک از جمله انرژی بادی و خورشیدی جهت کاهش انتشار گاز  $CO_2$  اقدام نمایند. همچنین توصیه می‌شود تا حد امکان سیاست‌های اقتصادی در جهت تسهیل و رسیدن به فرآیند جهانی‌شدن را پی‌گیری شود و جهانی‌شدن را به عنوان یک فرصت در نظر گرفته شود. چراکه فرآیند جهانی‌شدن منجر به انتقال فناوری‌های پیشرفته و پاک بین کشورها می‌شود. این فناوری‌ها می‌توانند به کاهش آلودگی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع و بخش‌های مختلف کمک کنند.

## ۸. محدودیت های تحقیق

- استفاده از مدل رگرسیون فازی با ضرایب متقارن و نامتقارن اگرچه انعطاف پذیری بالایی دارد، اما ممکن است پیچیدگی مدل را افزایش دهد و تفسیر نتایج را دشوار کند.
- عوامل دیگری مانند سیاست های دولت، تحریم ها، تغییرات فناوری و رفتارهای اجتماعی نیز می توانند بر انتشار گاز دی اکسید کربن تأثیر بگذارند که در این مطالعه به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته اند.
- انجام این مطالعه ممکن است با محدودیت های زمانی و منابع مالی همراه بوده باشد که این امر می تواند بر گستردگی و عمق تحقیق تأثیر گذاشته باشد.

## References

- Ashna, H., & Hosseinabadi, H. (2021). Evaluating the factors affecting carbon dioxide emissions changes in Iran with an emphasis on the role of urbanization; Decomposition analysis method. *Geography and Environmental Hazards*, 9(2), 145–163. (in Persian).
- Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Murshed, M., & Nuta, F. M. (2023). Environmental impact of globalization: The case of Central and Eastern European emerging economies. *Journal of Environmental Management*, 341, 118018.
- Cao, H., Khan, M. K., Rehman, A., Dagar, V., Oryani, B., & Tanveer, A. (2022). Impact of globalization, institutional quality, economic growth, electricity and renewable energy consumption on carbon dioxide emission in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 24191–24202.
- Darvishi, B., Meridian, M., Motlagh, M., & Havasbeigi, H. (2022). Globalization, energy consumption, and environmental degradation in Iran: Empirical evidence from the Mackey cointegration test. *Economic Research (Growth and Sustainable Development)*, 21(2), 59–82. (in Persian).
- Etesami, R., Madadi, M., & Keynia, F. (2023). A new improved fruit fly optimization algorithm based on particle swarm optimization algorithm for function optimization problems. *Journal of Mahani Mathematical Research*, 73–91.
- Godparast Shirazi, K., & Khavand, M. (2020). Comparing the impact of three dimensions (economic, social, and political) of globalization on environmental degradation in Iran using the KOF index. *Agricultural Economics Research*, 12(46), 75–90. (in Persian).
- Guo, J., Zhou, Y., Ali, S., Shahzad, U., & Cui, L. (2021). Exploring the role of green innovation and investment in energy for environmental quality: An empirical appraisal from provincial data of China. *Journal of Environmental Management*, 292, 112779.
- Hafez, M., Mami Pour, S., & Sayyab, M. (2024). Investigating the dynamic effects of fossil fuel consumption on carbon dioxide emissions in Iran. *Environmental Science Studies*, 9(1), 8031–8045. (in Persian).
- Justice, G., Nyantakyi, G., & Isaac, S. H. (2024). The effect of renewable energy on carbon emissions through globalization. *Heliyon*, 10.(۵)
- Khan, M. K., Teng, J. Z., Khan, M. I., & Khan, M. O. (2019). Impact of globalization, economic factors and energy consumption on CO<sub>2</sub> emissions in Pakistan. *Science of the Total Environment*, 688, 424–436.

- Khan, M. K., Teng, J. Z., Khan, M. I., & Khan, M. O. (2019). Impact of globalization, economic factors and energy consumption on CO<sub>2</sub> emissions in Pakistan. *Science of the Total Environment*, 688, 424–436.
- Le, H. C., & Le, T. H. (2023). Effects of economic, social, and political globalization on environmental quality: International evidence. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4269–4299.
- Mirhashemi Dehnavi, M. (2020). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis with emphasis on the role of financial development and institutional development. *Agricultural Economics Research*, 12(46), 133–154. (in Persian).
- Mohammadi Nia, A., Abbasi, B., Baseri, R., & Rahimi, M. (2023). The effects of globalization, economic growth, and financial development on the ecological footprint in Iran (Quantile regression analysis). *Sustainability, Development and Environment*, 4(3), 1–19. (in Persian).
- Mozaffari, Z., & Amani, R. (2023). Social capital and energy consumption: An evidence for Iran. *Environmental Energy and Economic Research*, 7(2), 1–13.
- Nadimi, Y., & Dalvandi, A. (2023). The role of globalization in the relationship between energy consumption and economic growth. *Green Management and Development Journal*, 1(2). (in Persian).
- Nasr Azadani, D., Davoudi, S. M. R., & Moeini, M. (2019). Design and optimization of a nonlinear production model and the impact of using sponge iron on carbon dioxide emissions and coke-energy consumption in blast furnace No. 3 of Isfahan Steel Company. *Production and Operations Management Research*, 10(2), 57–82. (in Persian).
- Pradhan, A., Bisoy, S. K., & Das, A. (2022). A survey on PSO based meta-heuristic scheduling mechanism in cloud computing environment. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34\*(8), 4888–4901.
- Raihan, A., Ridwan, M., Zimon, G., Rahman, J., Tanchangya, T., Bari, A. M., ... & Akter, R. (2025). Dynamic effects of foreign direct investment, globalization, economic growth, and energy consumption on carbon emissions in Mexico: An ARDL approach. *Innovation and Green Development*, 4(2), 100207.
- Saint Akadiri, S., Alola, A. A., & Akadiri, A. C. (2019). The role of globalization, real income, tourism in environmental sustainability target. Evidence from Turkey. *Science of the Total Environment*, 687, 423–432.
- Saleem, H., Khan, M. B., & Mahdavian, S. M. (2023). The role of economic growth, information technologies, and globalization in achieving environmental quality:

- A novel framework for selected Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(14), 39907–39931.
- Sethi, P., Chakrabarti, D., & Bhattacharjee, S. (2020). Globalization, financial development and economic growth: Perils on the environmental sustainability of an emerging economy. *Journal of Policy Modeling*, 42(3), 520–535.
- Shodroková, X., Yulianita, A., & Bashir, A. (2024). Economic globalization, renewable energy, and CO<sub>2</sub>. *Journal of Applied Economic Research*, 23(3), 602–622.
- Taheri, S. M. (2017). Innovative approaches in fuzzy regression. *Andisheh Amari Journal*, 22(2), 43–52. (in Persian).
- Zaroki, S., Yousefi Barfroshi, A., & Fathollahzadeh, M. (2023). A comprehensive analysis of the effect of globalization on environmental pollution in Iran with emphasis on three dimensions and dual components. *Quantitative Economics*, 19(4), 1–41. (in Persian).
- Zhang, J., Ahmad, M., Muhammad, T., Syed, F., Hong, X., & Khan, M. (2023). The impact of the financial industry and globalization on environmental quality. *Sustainability*, 15(2), 1705.
- Zhang, L., Xu, M., Chen, H., Li, Y., & Chen, S. (2022). Globalization, green economy and environmental challenges: State of the art review for practical implications. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 870271.

پیوست:

تعریف مفاهیم ، اختصارات و اصطلاحات:

اصطلاحات	اختصارات	تعریف
گازهای گلخانه‌ای	GHGs	بخار آب، دی‌اکسید کربن، متان و اوزون مؤثرترین گازهای گلخانه‌ای هستند. با وجود این که نمی‌توان به‌طور دقیق مشخص کرد که سهم هر کدام از این گازها در اثر گلخانه‌ای زمین چقدر است
جهانی سازی اقتصادی	EG	جهانی شدن فرایند کنش متقابل و یکپارچگی مردم، شرکت‌ها و دولت‌ها در سراسر جهان است.
فرضیه پناهندگی آلودگی	PHH	نظریه‌ای در اقتصاد محیط زیست است که به بررسی تأثیرات آلودگی بر جابجایی سرمایه و تولید در کشورهای مختلف می‌پردازد. این فرضیه بر این اساس استوار است که کشورهای با قوانین زیست‌محیطی سست‌تر و هزینه‌های پایین‌تر برای مدیریت آلودگی، می‌توانند به‌عنوان “پناهگاه‌های آلودگی” عمل کنند. به عبارت دیگر، صنایع آلاینده ممکن است تمایل داشته باشند تا فعالیت‌های خود را به این کشورها منتقل کنند تا از قوانین سختگیرانه و هزینه‌های بالای زیست‌محیطی در کشورهای دیگر فرار کنند.
پنل‌های خورشیدی	BIPV	پنل‌های خورشیدی به‌عنوان یک راه‌حل پایدار و تجدیدپذیر برای تأمین انرژی در حال گسترش هستند. با پیشرفت تکنولوژی و کاهش هزینه‌ها، انتظار می‌رود که استفاده از این سیستم‌ها در آینده افزایش یابد و به کاهش تأثیرات منفی تغییرات آب و هوایی کمک کند.