

## تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست محیطی در کشورهای منطقه منا

رامین سپهوند<sup>۱</sup>

علی سایه میری<sup>۲</sup>

اسما شیرخانی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱

### چکیده

در سال‌های اخیر، پیچیدگی اقتصادی، نقش مهمی در تبیین و آشکارسازی حقایق نهفته تفاوت رشد اقتصادی در میان کشورهای فقیر و غنی داشته است. در پژوهش حاضر، با استفاده از داده‌های بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ و روش رگرسیون حداقل مربعات دومرحله‌ای  $2SLS$  و  $EGLS$ ، علاوه بر بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست‌محیطی ۱۸ کشور منطقه منا، به بررسی فرضیه منحنی کوزنتس در این کشورها پرداخته شده است. نتایج این پژوهش، نشان‌دهنده وجود رابطه معکوس و معنی‌دار بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص عملکرد زیست‌محیطی است، به گونه‌ای که با افزایش یک واحد شاخص پیچیدگی اقتصادی، شاخص عملکرد زیست‌محیطی بیش از ۷ واحد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج این پژوهش، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تحصیلات، شهرنشینی و صنعتی شدن بر شاخص عملکرد زیست‌محیطی بوده، و منحنی  $U$  وارون زیست‌محیطی کوزنتس، در این مطالعه تأیید نشده است.

واژگان کلیدی: پیچیدگی اقتصادی، عملکرد زیست‌محیطی، منحنی کوزنتس

طبقه‌بندی JEL: O00, F19, F18, F02

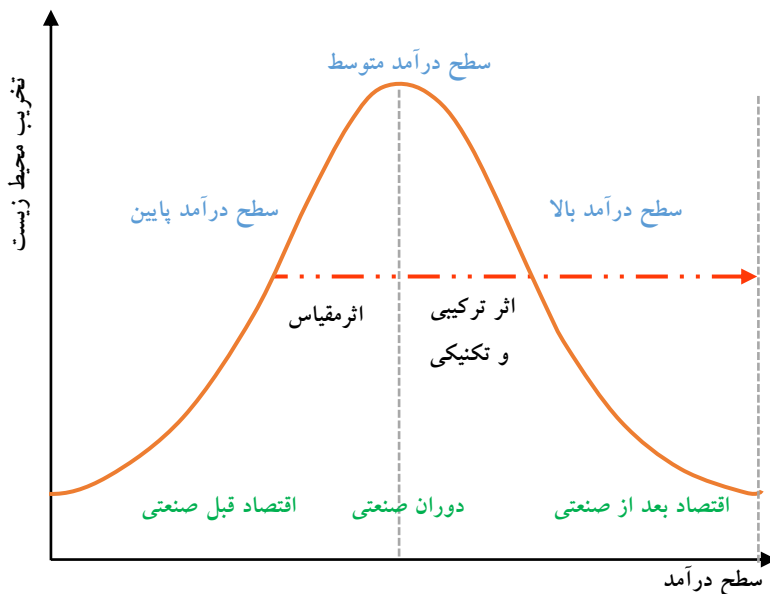
- 
۱. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، [raminsephvandi@gmail.com](mailto:raminsephvandi@gmail.com)
  ۲. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، (نویسنده مسؤول)، [asayehmiri@gmail.com](mailto:asayehmiri@gmail.com)
  ۳. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، [asma.shirkhani2018@gmail.com](mailto:asma.shirkhani2018@gmail.com)

## ۱. مقدمه

اقتصاد، علم استفاده بهینه از منابع است. آگاهی از این علم و کاربرد آن، باعث می شود که انسان از منابع کمیاب طبیعی به درستی استفاده کند، محیط زیست و پاکي آن از جمله منابع کمیاب و ارزشمند جامعه است لذا به حداقل رساندن تخریب محیط زیست و کاهش آلودگی آن، در واقع، حفاظت از منافع نسل های آینده محسوب می شود و از اهمیت بالایی برخوردار است. از اهداف اصلی دولت ها در عرصه اقتصادی، تلاش در جهت افزایش نرخ رشد تولید سرانه و بهبود وضعیت رفاهی جامعه است (Mohammadi et al., 2017). GDP مهم ترین شاخص ارزیابی عملکرد اقتصادی یک کشور است (Islam, 2017). جهان امروز در آستانه انقلاب صنعتی چهارم است که با تغییر و پیشرفت فناوری های نوین باعث تولید بهتر، ارزان تر و سریع تر از گذشته می شود (CNUCED, 2018). از این رو، شاخص عملکرد زیست محیطی (EPI)<sup>۱</sup>، دو هدف اصلی را دنبال می کند: "بهداشت محیط" که آسیب های محیطی را بر سلامت انسان اندازه گیری می کند و "سرزندگی اکوسیستم" که سلامت اکوسیستم و مدیریت منابع طبیعی را اندازه گیری می کند (Shahabadi et al., 2017). برای نخستین بار، کوزنتس در سال ۱۹۵۵، رابطه بین نابرابری درآمدی و رشد اقتصادی را بررسی کرد و موفق به استخراج منحنی U وارونه برای ارتباط بین این دو متغیر شد، پس از آن و با استفاده از ایده کوزنتس، اقتصاددانان زیادی تلاش کردند تا ارتباط بین رشد اقتصادی و تخریب محیط زیست را تبیین کنند. مفهوم (EKC)<sup>۲</sup> ابتدا توسط گروسمن و کروگر (Grossman & Krueger, 1991) مطرح شد. در فرضیه EKC، بیان می شود که در مراحل ابتدای رشد اقتصادی کشورها، تخریب محیط زیست افزایش می یابد و این تخریب تا رسیدن به سطح درآمد متوسط ادامه دارد اما بعد از آن، ثروتمندتر شدن کشورها، می تواند سبب کاهش اثرات سوء زیست محیطی شود.

به عبارت دیگر، بر اساس فرضیه منحنی زیست محیطی کوزنتس، ارتباطی به شکل U وارونه بین سطح درآمد کشورها و میزان تخریب محیط زیست وجود دارد. این منحنی، یک رابطه فرضی بین تعیین کننده های متعددی از تخریب زیست محیطی و درآمد سرانه است. بر این اساس در مراحل اولیه رشد اقتصادی، تخریب و آلودگی محیط زیست افزایش می یابد اما در سطح بالاتری از درآمد سرانه، این رابطه معکوس می شود؛ به طوری که سطوح بالاتر رشد اقتصادی، موجب بهبود عملکرد محیط زیست خواهد شد. ارتباط U وارونه در منحنی کوزنتس زیست محیطی در نمودار ۱، ترسیم شده است.

1. Environmental Performance Index
2. Environmental Kuznets Curve



نمودار ۱. منحنی کوزنتس محیط‌زیست

منبع: Sarkodie & Strezov, 2019

شکل منحنی کوزنتس تحت تأثیر عواملی از جمله: ۱- کشش درآمدی و کیفیت محیط‌زیست؛ ۲- تجارت بین‌المللی؛ ۳- اثر مقیاس (SE)، اثر ترکیبی (CE) و اثر تکنیکی (TE) قرار دارد (Sarkodie & Strezov, 2019).

اثر کشش درآمدی با استفاده از مفهوم اولیه منحنی کوزنتس، بیان می‌دارد که در ابتدای مسیر توسعه اقتصادی، با افزایش درآمد کشورها، تخریب محیط‌زیست افزایش می‌یابد، این تخریب تا رسیدن سطح درآمد کشورها به حد آستانه‌ای (متوسط) ادامه می‌یابد و بعد از آن، به دلیل افزایش درآمد و استفاده از فناوری‌های نوین، با کاهش تخریب محیط‌زیست همراه است (Suki *et al.*, 2020). علاوه بر آن، تجارت یکی از مهم‌ترین عواملی است که فرضیه کوزنتس را توضیح می‌دهد.

1. Scale Effect
2. Composition Effect
3. Technical Effect

آزادسازی تجارت، باعث می شود که کشورها در بخش هایی که مزیت رقابتی دارند، تخصص پیدا کنند.

سیاست های زیست محیطی که در جهت بهبود شرایط وضع می شود، تحرک سرمایه و الگوی تجارت در اقتصادهای باز را بر اساس فرضیه پناهگاه آلودگی (PHH)<sup>۱</sup> تحت تأثیر قرار می دهد و به تبع آن، وضعیت انتشار آلاینده ها نیز دچار تغییر می گردد. هر چه کشورها توسعه یافته تر می شوند، استانداردهای زیست محیطی سخت گیرانه تری را بر اساس استدلال بالا، وضع خواهند کرد. از این رو، صنایع آلاینده در این کشورها، باید متحمل هزینه های بالایی برای تولید باشند و در مقابل، از آنجا که در کشورهای کمتر توسعه یافته، اولویت سیاست گذاران، رشد سریع اقتصادی بدون توجه به مسائل زیست محیطی است، صنایع آلاینده کشورهای توسعه یافته در کشورهای کمتر توسعه یافته و یا در حال توسعه با اقبال زیادی مواجه می شوند.

طبیعی است که در چنین شرایطی، کارخانه های آلاینده با مکان یابی مجدد در کشورهای توسعه نیافته، نه تنها ملزم به پرداخت جرایم زیست محیطی که قبلاً به ضرر و زیان آنها منجر می شد، نیستند بلکه تسهیلات ارائه شده از سوی این کشورها، بر کسب سودهای کلان آنها می افزاید. بدین طریق، کشورهای توسعه نیافته و یا در حال توسعه با قوانین زیست محیطی ضعیف تر نسبت به کشورهای توسعه یافته، به پناهگاهی برای صنایع آلاینده تبدیل می شوند (اخباری و آماده، ۱۳۹۴). پس اگر نوآوری، تحقیق و توسعه و فناوری های پاک و مدرن از طریق سرمایه گذاری مستقیم خارجی از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه منتقل شود، می توان فناوری های قدیمی را برای کاهش آلودگی جایگزین کرد (Sarkodie & Strezov, 2019).

از طرفی، اثر مقیاس بیانگر حالتی است که در آن، با افزایش مقیاس اقتصادی و ثابت بودن سایر عوامل، میزان آلودگی افزایش خواهد یافت. قسمت صعودی منحنی کوزنتس، حاصل اثر مذکور است. اثر ترکیبی، دلالت بر آن دارد که همگام با توسعه اقتصادی و افزایش درآمد سرانه، ساختار یا سهم بخش های مختلف اقتصاد به نفع صنایع و بخش های پاک تر (مانند بخش خدمات یا صنایعی با تکنولوژی پیشرفته) تغییر می کند. از آنجایی که شدت به کارگیری استفاده از منابع طبیعی در این فعالیت ها، پایین تر است، این امر، به کاهش نسبی استفاده از منابع منجر خواهد شد.

نهایتاً مطابق اثر تکنیکی با افزایش درآمد، تقاضای فزاینده ای برای مقررات و ضوابط زیست محیطی شکل می گیرد. بر اثر این مقررات و ضوابط سخت گیرانه، شدت به کارگیری و استفاده از منابع طبیعی نظیر منابع آب شیرین کاهش می یابد، علاوه بر این، روش های تولید در راستای کاهش آلودگی ها، اصلاح و تقویت می شود (Shahbaz et al., 2020).

## 1. Pollution Haven Hypothesis

همان‌گونه که در مطالب بالا عنوان شد، چگونگی تأثیر رشد اقتصادی بر محیط‌زیست را می‌توان بر اساس اثر مقیاس، اثر ترکیبی و اثر تکنیکی تبیین نمود. نظریات اقتصاد محیط زیست در تغییر تکنولوژی، باور دارند که کشورهای فقیر برای بالا بردن سطوح درآمد، تمایل بالاتری به تخریب (آلوده کردن) محیط‌زیست دارند. از این‌رو، در مراحل ابتدای رشد، اثرات سوء زیست محیطی آنان بالاتر خواهد بود.

پورتر<sup>۱</sup> معتقد است که کنترل آلودگی باید بر پایه نوآوری باشد (دلیری، ۱۳۹۹). جوزف شومپتر<sup>۲</sup> از پیشگامان مطالعات علم اقتصاد، نوآوری را فرایند تخریب خلاق<sup>۳</sup> تعریف می‌کند؛ یعنی فرایندی که از طریق آن، روش‌ها، محصولات و ایده‌های جدید توسط بنگاه‌ها و کارآفرینان، به نتایج اقتصادی بهتر منجر می‌شود و نتیجه آن، ایجاد صنایع و بازارهای جدید و نابودی صنایع قدیمی است. سازمان OECD<sup>۴</sup> نوآوری را ایجاد فناوری‌های جدید که باعث تغییرات تدریجی در روش‌های تولیدی محصولات قبلی یا بنیادی است، تعریف می‌کند و بیان می‌دارد که نوآوری، پتانسیل تغییر قابل‌توجهی در صنایع و حتی ایجاد صنایع جدید دارد. رشد اقتصادی، نتیجه تغییر در محصولات تولیدی، پیشرفت‌های تکنولوژی و افزایش سطح بهره‌وری تولیدات است (Tomic, 2020).

شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) دربرگیرنده میزان دانش (فناوری) استفاده شده در تولیدات کشورها (Canh et al., 2020)، و نشان‌دهنده سطح دانش و فناوری یک کشور از تولید تا صادرات است. امروزه با نگاهی به کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای که به سرعت در حال توسعه هستند، مشاهده می‌شود که آنها در زمینه تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری‌های زیادی می‌کنند تا محصولات تولیدی خود را پیچیده‌تر سازند. تولید محصولات پیچیده به‌جای مواد خام و کالاهای اساسی، این کشورها را به سطح بالایی از رقابت و درآمد می‌رساند (Erkan & Yildirimci, 2015).

به‌طور کلی، پیشرفت فناورانه از مسیرهای مختلفی بر مصرف انرژی و استفاده از منابع، اثر می‌گذارد. از یک سو، ابزارها و تکنیک‌های جدیدی برای کاهش مصرف انرژی ایجاد می‌کند و از سوی دیگر، رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد که به دنبال آن، مصرف انرژی بیشتر می‌شود (عزیزی، ۱۳۹۸). بر اساس آخرین رتبه‌بندی شاخص ECI در سال ۲۰۱۸، رتبه ایران ۷۱ است که نسبت به دیگر کشورهای منطقه مناسبتاً<sup>۵</sup> مانند فلسطین اشغالی (اسرائیل)، عربستان، قطر، امارات و کویت که

1. Porter Hypothesis
2. Joseph Schumpeter
3. Creative destruction
4. Organisation for Economic Co-operation and Development
5. Middle East and North Africa

به ترتیب، رتبه‌های ۱۹، ۳۰، ۶۰، ۵۵ و ۵۴ را دارند، وضعیت مطلوبی نیست؛ در حالی که بر اساس آخرین رتبه بندی دانشگاه ییل در گزارش EPI<sup>۱</sup> سال ۲۰۲۰، از لحاظ شاخص EPI در بین کشورهای منطقه منا، فلسطین اشغالی (اسرائیل) و کویت، به ترتیب، با قرار داشتن در رتبه‌های ۲۹ و ۴۷، دارای بهترین رتبه هستند و کشور ایران در جایگاه ۶۷ جهان قرار دارد.

با توجه به آنچه مطرح گردید، هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر ECI بر EPI کشورهای منطقه منا با استفاده از اطلاعات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ است. به عبارت دیگر، سؤالات این پژوهش را می توان به این شکل مطرح کرد که: آیا پیچیدگی اقتصادی عملکرد زیست محیطی را در کشورهای منطقه منا، تحت تأثیر قرار می دهد یا خیر؟ و آیا فرضیه منحنی کوزنتس در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ در بین کشورهای منا، صدق می کند یا خیر؟

## ۲. ادبیات موضوع

### ۲-۱. پژوهش های خارجی

اگرچه در مطالعات انجام شده در خارج کشور، مطالعات زیادی از جمله شچین زو و رنیو لی (Zhu & Li, 2017)، هارتمن و همکاران (Hartmann et al., 2017)، آدام و همکاران (Adam et al., 2021)، ملی و تیتلبیوم (Mealy & Teytelboym, 2020)، ننگاو (Neagu, 2020)، یلناسی و پاتا (Yilanci & Pata, 2020) و چو (Chu, 2021)، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عوامل مختلف پرداخته اند. با این حال، در زیر، خلاصه‌ای از مرتبطترین پژوهش‌های انجام شده با موضوع تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر محیط زیست و انتشار آلودگی ارائه می شود.

سوارت و برینکمن (Swart & Brinkmann, 2020) در مقاله خود، با عنوان «پیچیدگی اقتصادی و محیط زیست، شواهدی از کشور برزیل»، به بررسی رابطه پیچیدگی اقتصادی و محیط زیست در کشور برزیل با استفاده از روش رگرسیون پانل دیتا و داده‌های بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان می دهد که با افزایش پیچیدگی های اقتصادی، فضای محصول متراکم شده و آلودگی ها افزایش می یابد.

دوزان و همکاران (Doğan et al., 2019)، در مقاله ای با عنوان «آیا پیچیدگی اقتصادی باعث آسیب محیط زیست می شود؛ تجزیه و تحلیل تجربی، با استفاده از روش پانل دیتا و داده های ۵۵ کشور در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۴»، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر محیط زیست پرداختند. آنها کشورها را به سه دسته درآمد پایین، درآمد متوسط و درآمد بالا تقسیم کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می دهد که پیچیدگی اقتصادی، اثرات قابل توجهی بر محیط زیست دارد اما این اثرات در

1. <https://epi.yale.edu/downloads/epipolicymakerssummaryr91.pdf>

کشورهای با درآمد پایین و متوسط، نقش تخریبی و در کشورهای با درآمد بالا، نقش کنترل‌کننده دارد.

لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas et al., 2019)، در مطالعه‌ای با عنوان «پیچیدگی اقتصادی و عملکرد زیست‌محیطی»، شاخص سطح محصول را ایجاد کردند که یک محصول را به سطح متوسط عملکرد محیطی و آلودگی هوا در کشورهای صادرکننده آن پیوند می‌دهد. آنها با استفاده از روش پانل دیتا و داده‌های سالانه ۸۸ کشور توسعه‌یافته و در حال توسعه در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲، عملکرد زیست‌محیطی این کشورها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که حرکت به سطوح بالاتری از ECI، به عملکرد بهتر محیط‌زیست منجر می‌شود و توسعه محصولات پیچیده‌تر، با تغییرات در کیفیت محیط‌زیست همراه است.

نگادو و تئودور (Neagu & Teodoru, 2019)، در مطالعه‌ای با عنوان «رابطه پیچیدگی اقتصادی؛ مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، شواهدی از کشورهای اتحادیه اروپا»، به بررسی رابطه بین ECI، ساختار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کشورهای عضو اروپایی در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ با استفاده از روش پانل دیتای ناهمگن پرداختند. نتایج تحقیق آنها، نشان می‌دهد که رابطه تعادلی بلندمدت بین ECI، ساختار مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد.

کان و گوسگور (Can & Gozgor, 2017)، در مقاله خود با عنوان «تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار کربن در فرانسه»، به بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار کربن و تأثیر پیچیدگی اقتصادی و انتشار کربن بر انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که فرضیه کورنتس در کشور فرانسه معتبر است و پیچیدگی اقتصادی، میزان انتشار کربن و گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد.

## ۲-۲. پژوهش‌های داخلی

استفاده از ECI در برآوردهای تجربی مبتنی بر اقتصادسنجی در داخل کشور، به سرعت در حال فراگیر شدن است. در داخل کشور، مطالعات بسیاری از جمله عزیزی و همکاران (۱۳۹۹)، سپهر دوست و همکاران (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)، عزیزی (۱۳۹۸)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۸)، شاه‌آبادی و ارغند (۱۳۹۷)، احمدیان و همکاران (۱۳۹۷)، شاه‌مرادی و چینی‌فروشان (۱۳۹۶) و پژم و سلیمی فر (۱۳۹۴)، به طور مستقیم، به بررسی پیچیدگی اقتصادی و تأثیر آن بر متغیرهای دیگر پرداخته‌اند که در بین مطالعات یادشده، تنها مطالعه عزیزی و همکاران (۱۳۹۹)، مربوط به بررسی رابطه پیچیدگی اقتصادی با محیط‌زیست است.

آنها در مقاله ای با عنوان تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر آلودگی محیط زیست با استفاده از داده‌های ۹۹ کشور در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۲، به بررسی اثر پیچیدگی اقتصادی به‌عنوان معیار سطح تکنولوژی، دانش و مهارت یک اقتصاد، بر آلودگی محیط‌زیست در چارچوب فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس پرداختند. آنها از مدل داده‌های تابلویی و روش حداقل مربعات معمولی پویا، به‌منظور برآورد رابطه میان متغیرها استفاده کردند. نتایج پژوهش، نشان می‌دهد که پیچیدگی اقتصادی، اثر منفی و معنی‌داری بر آلودگی محیط‌زیست داشته و همچنین فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس، به‌صورت تجربی مورد تأیید قرار گرفته است، و با بهبود تکنولوژی، دانش و مهارت در اقتصاد، میزان انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد.

### ۳. نوآوری پژوهش

در تحقیق حاضر، از مدل پیشنهادی لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas et al., 2019) و روش رگرسیون حداقل مربعات دو مرحله‌ای 2SLS با اعمال EGLS استفاده می‌شود که تاکنون در پژوهش‌های دیگر، مورد استفاده قرار نگرفته است. علاوه بر آن، با توجه به مبانی نظری ارائه شده توسط محمد و سیدراپولس (Mohamed & Sidiropoulos, 2010) و دادگر و نظری (Dadgara & Nazari, 2017) که بر تأثیر حکمرانی خوب بر آلودگی محیط‌زیست تأکید دارند، جامعه آماری مورد مطالعه، کشورهای منطقه منا (شمال آفریقا و غرب آسیا) در نظر گرفته می‌شود که از نظر حکمرانی و اقلیم، شرایط تقریباً مشابهی دارند. منطقه منا که در این مقاله، مورد بحث قرار گرفته است، شامل کشورهای عربی در شمال آفریقا (الجزایر، مصر، مراکش، لیبی و تونس) و غرب آسیا (اردن، سوریه، بحرین، کویت، عمان، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، ایران، لبنان، عراق، یمن و اسرائیل) است.

منطقه منا با جمعیت نزدیک به ۶۰۰ میلیون نفر و موقعیت استراتژیک قابل توجه بین شمال و جنوب، منطقه متمایزی از جهان در حال توسعه را تشکیل می‌دهد که با وجود تفاوت‌های آشکار در داخل و بین کشورهای خود، به دلیل تعدادی از ویژگی‌های مشترک مانند آب‌وهوای متمایز، بوم‌شناسی، تاریخ، زبان و فرهنگ کشورها، ارتباط ناگسستنی با هم دارند.

#### 1. Fixed IV Two-stage EGLS



## ۴. بیان مفاهیم و شاخص‌ها

## ۴-۱. شاخص عملکرد زیست‌محیطی (EPI)

زمانی که هشت هدف توسعه هزاره (MDGs)<sup>۱</sup> سازمان ملل در سال ۲۰۰۰ توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد تصویب شد، اطمینان از پایداری محیط‌زیست به‌عنوان هدف هفتم مطرح شد (Telnes, 2017). پایداری محیط‌زیست یا توسعه پایدار، فرایندی است که آینده‌ای مطلوب را برای جوامع بشری متصور می‌شود که در آن، شرایط زندگی و استفاده از منابع، بدون آسیب رساندن به یکپارچگی، زیبایی و ثبات نظام‌های حیاتی، نیازهای انسان را برطرف می‌سازد (Handoyo, 2018). مجموعه مسائل و مشکلات مربوط به معضلات زیست‌محیطی، مجمع جهانی اقتصاد را بر آن داشت تا با همکاری مرکز قوانین و سیاست‌های زیست‌محیطی دانشگاه ییل و مرکز شبکه اطلاعات بین‌المللی علوم زمین دانشگاه کلمبیا، شاخص‌هایی را برای بررسی‌های تطبیقی وضعیت زیست‌محیطی کشورها فراهم کنند.

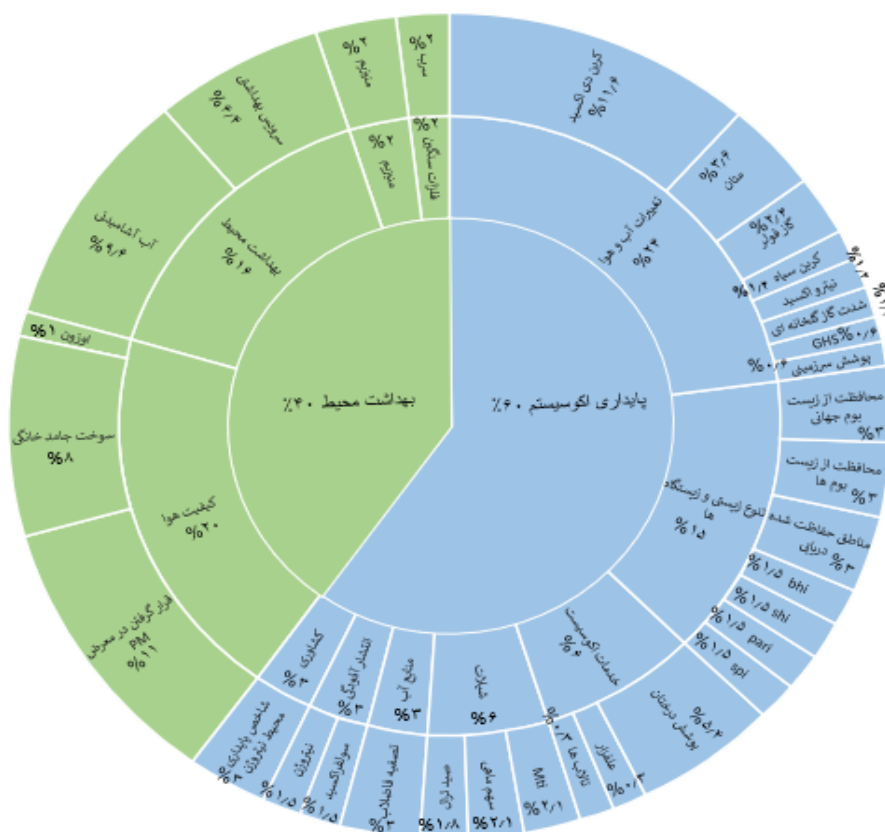
EPI یک شاخص ترکیبی است که در خصوص حفاظت از محیط‌زیست، به‌صورت دوسالانه، از سوی دانشگاه ییل منتشر می‌شود. این شاخص اهدافی را جهت نیل به کارآیی محیط‌زیست، مشخص نموده و چگونگی دستیابی به اهداف موردنظر هر کشور را ارزیابی می‌کند. تاکنون ۸ گزارش شاخص عملکرد محیط‌زیستی ارائه شده، که شامل شاخص عملکرد محیطی پیلوت سال ۲۰۰۶ و نیز شاخص عملکرد ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۲، ۲۰۱۴، ۲۰۱۶، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ است. این شاخص ترکیبی، از عوامل و کارکردهای مختلف دولت‌ها بوده و عمدتاً شامل فعالیت‌های آنها در جهت تحقق دو هدف کلان سلامت (بهداشت) محیط‌زیست و پایداری (پویایی) محیط‌زیست بوم‌ها می‌باشد. مطابق گزارش سال ۲۰۲۰، EPI از مجموع ۳۲ شاخص ملی - زیست‌محیطی که به ۱۱ دسته، طبقه‌بندی می‌شوند، به دست می‌آید.

EPI، اهداف گسترده و قابل‌دسترسی را برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی، مورد توجه قرار داده و ارزیابی می‌کند که هر یک از کشورهای جهان، تا چه میزان، به این اهداف نزدیک شده‌اند. این شاخص به‌عنوان یک عامل کمی در کنترل آلودگی‌ها و پیامدهای مدیریت منابع طبیعی، ابزار قدرتمندی را برای بهبود مدیریت، سیاست‌گذاری، تصمیم‌گیری‌ها و تعیین راهبردهای محیط‌زیستی فراهم می‌نماید (اسلاملوئیان و دهقان، ۱۳۹۴).

هدف اساسی EPI، انتقال بحث محیط‌زیست از استدلال‌های عاطفی و ابلاغی، به سمت عملکرد بر پایه داده‌ها و شواهد است که ردیابی عملکرد و پاسخگویی تصمیم‌گیرندگان را تسهیل کند

## 1. Millennium Development Goals

(Lukáč *et al.*, 2020). در نمودار ۲ اهداف، شاخص‌ها و وزن آنها در گزارش EPI سال ۲۰۲۰ ارائه شده است.



نمودار ۲. اجزای EPI سال ۲۰۲۰

منبع: Epi.envirocenter.yale.edu

EPI، به تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران، امکان دسترسی، درک کردن و استفاده از داده‌های سازمان یافته محیط زیست را می‌دهد، و علاوه بر آن، مقایسه عملکرد کشور با همسایگان و سایر کشورها را امکان‌پذیر می‌سازد (Index, 2014). EPI، راهی برای ردیابی مشکلات، تعیین اهداف، پیگیری عملکردها، درک نتایج و شناسایی بهترین شیوه‌های سیاست‌گذاری است. داده‌های خوب و تجزیه و تحلیل مبتنی بر واقعیت EPI، می‌تواند به مقامات دولتی کمک کند تا دستورالعمل‌های

سیاسی خود را اصلاح کنند و بازده سرمایه گذاری های زیست محیطی را به حداکثر برسانند (گزارش سال ۲۰۲۰ شاخص EPI)<sup>۱</sup>.

همان گونه که نمودار ۲ نشان می دهد، EPI تنش بین دو بعد اساسی توسعه پایدار را آشکار می کند:

۱- پویایی (سرزندگی) اکوسیستم که تحت فشار صنعتی شدن و شهرنشینی است که سلامت اکوسیستم و مدیریت منابع طبیعی را اندازه گیری می کند. این هدف، دارای ۲۵ شاخص برای هفت مؤلفه است: الف) تنوع زیستی و زیستگاه‌ها؛ ب) خدمات اکوسیستم؛ ج) شیلات؛ د) منابع آب؛ ه) تغییرات آب‌وهوا؛ و) انتشار آلودگی؛ ز) سطح پایداری محیط.

۲- سلامت (بهداشت) محیط‌زیست: تأثیر تنش های محیطی را بر سلامت انسان ها اندازه گیری می کند. این هدف، دارای ۷ شاخص برای چهار مؤلفه است: الف) کیفیت هوا؛ ب) بهداشت آب آشامیدنی؛ ج) فلزات سنگین؛ د) مدیریت پسماندها.

#### ۴-۱-۱. محاسبه EPI

EPI از تکنیک فاصله تا هدف برای ساخت شاخص استفاده می کند. مقدار شاخص EPI از صفر تا ۱۰۰ بوده که ۱۰۰ مطابق هدف و صفر، بدترین حالت است. فرمول عمومی برای محاسبه شاخص به صورت زیر است:

$$\text{Indicator score} = \frac{X - \underline{X}}{\bar{X} - \underline{X}} \times 100 \quad (1)$$

$X$  = ارزش کشور

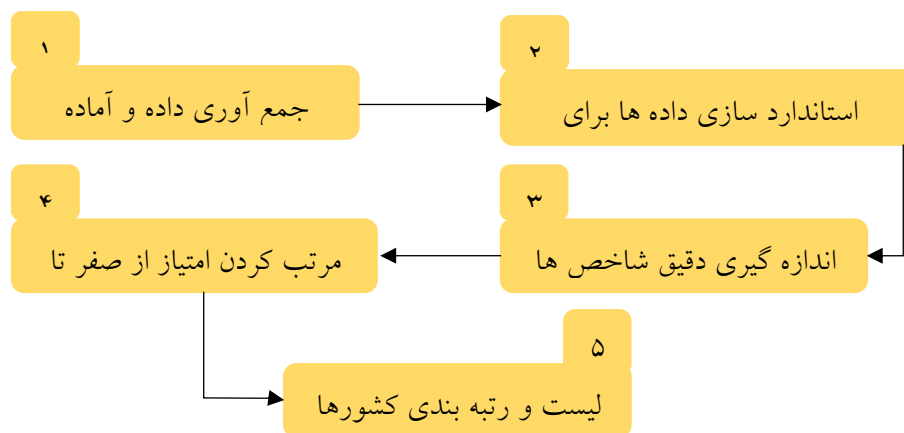
$\bar{X}$  = بهترین عملکرد

$\underline{X}$  = ضعیف‌ترین عملکرد

وقتی که  $X$  بزرگ‌تر از  $\bar{X}$  باشد، امتیاز ۱۰۰ به کشور تعلق می‌گیرد و وقتی  $X$  کوچک‌تر از  $\underline{X}$  باشد، امتیاز صفر به کشور تعلق می‌گیرد (گزارش سال ۲۰۱۸ شاخص EPI)<sup>۲</sup>. به‌طور کلی، مراحل محاسبه EPI در نمودار ۳ ارائه شده است.

1. <https://epi.yale.edu/downloads/epi2020report20200828.pdf>

2. <https://epi.yale.edu/downloads/epi2018report20200828.pdf>



### نمودار ۳. نمودار مراحل محاسبه EPI

منبع: Pimonenko *et al.*, 2018

#### ۲-۴. شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI)

نیاز به درک بهتر از پدیده های اقتصادی-اجتماعی، محققان را بر آن داشته است که نظریه های از قبل ارائه شده را اصلاح کنند و بنابراین، نظریه های جدیدی ارائه می دهند که دیدگاه های متفاوتی دارند و در ادبیات توسعه اقتصادی، مورد توجه قرار می گیرند؛ زیرا به طور کلی، هدف همه کشورها، رسیدن به رشد و توسعه اقتصادی بالاتر است (Oreiro *et al.*, 2020). از این رو، یکی از جذاب ترین و دشوارترین سؤال ها در اقتصاد، این است که چرا بعضی از کشورها ثروتمندتر از کشورهای دیگر هستند؟ (Vu, 2019)

یکی از مفاهیمی که در سال های اخیر، بسیار مورد توجه قرار گرفته و تفاوت رشد میان کشورهای فقیر و غنی را توجیه می کند، پیچیدگی اقتصادی<sup>۱</sup> است (زبیری و موتنمی، ۱۳۹۹). ECI توسط گروهی از استادان و اقتصاددانان دانشگاه هاروارد و ماساچوست (MIT)<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۷ به رهبری هاسمن و هیدالگو<sup>۳</sup> مطرح شد. پیچیدگی اقتصادی، ساختار تولیدی خاصی را که خروجی آن، کالاها

1. Economic Complexity
2. Massachusetts Institute of Technology (MIT)
3. Hidalgo and Hausmann

و خدمات متفاوتی است، مورد مطالعه قرار می‌دهد. این تعریف، حاکی از آن است که پیچیدگی اقتصادی، به‌عنوان یک مروج مهم ثروت ملل عمل می‌کند. در حقیقت ما حتی می‌توانیم بیان کنیم که اختلاف در سطح پیچیدگی، اختلاف در میزان رشد اقتصادی بین کشورها را باعث می‌شود (Stojkoski & Kocarev, 2017).

پیچیدگی اقتصادی با خلق محصولات متنوع و فراگیر در جامعه و تقسیم پیشرفته کار، بیانگر استفاده از فناوری‌های پیشرفته و نوآوری در فرایند تولید است که با کاربردی کردن دانش و فناوری در ترکیب محصولات تولیدی از طریق ایجاد ساختار مولد، افزایش بهره‌وری و تنوع محصولات تولیدی، به افزایش رشد و شکوفایی اقتصادی منجر می‌شود (زبیری و موتنمی، ۱۳۹۹). زو و لی (Zhu & Li, 2017)، بیان می‌دارند که پیچیدگی اقتصادی، بازتابی از قابلیت‌های تولید ملی است، وقتی ساختار تولید یک کشور پیچیده‌تر باشد، قابلیت‌های تولید قوی‌تر هستند. کشوری که از توانایی‌های بیشتری برخوردار باشد، قادر خواهد بود در فعالیتهای تولیدی با بهره‌وری بالاتری شرکت کند و بدین ترتیب، کشور سریع‌تر توسعه می‌یابد.

در ادبیات توسعه اقتصادی، مفهوم قابلیت‌های تولیدی<sup>۱</sup>، ارتباط قوی با رشد و توسعه دارد. در زمینه توسعه اقتصادی، قابلیت‌ها اغلب با اشاره به فناوری‌ها، دانش فنی تولیدی، زیرساخت‌ها و مؤسسه‌ای که یک کشور را قادر به بهبود بهره‌وری و دستیابی به نرخ رشد بالاتر می‌کند، تعریف می‌شود (Mealy & Teytelboym, 2020). ECI بر پایه داده‌های صادرات است (Breitenbach et al., 2019) و با تلفیق اطلاعات در مورد تنوع (تعداد کالاهایی که یک کشور صادر می‌کند) و تعدیل محصولات (تعداد کشورهایی که آن محصول را تولید می‌کنند)، پیچیدگی ساختار تولیدی یک کشور را اندازه‌گیری می‌کند (Hartmann et al., 2017).

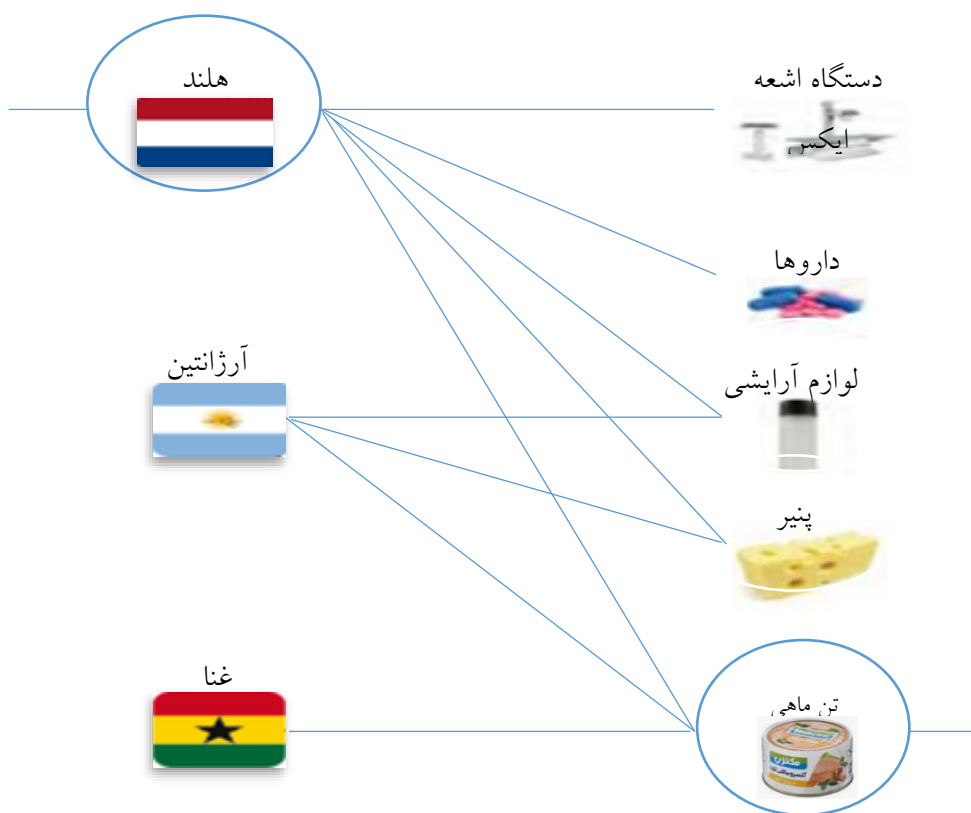
برای اینکه جامعه پیچیده وجود داشته باشد و خود را حفظ کند، افرادی که بر امور طراحی، بازاریابی، امور مالی، فناوری، مدیریت منابع انسانی، عملیات و قانون تجارت مسلط اند، باید بتوانند ایجاد تعامل کرده و دانش خود را برای تولید محصولات، تلفیق و هم‌افزا کنند. پیچیدگی اقتصادی در ترکیب محصولات تولیدی کشور، منعکس شده و ساختارهایی را نشان می‌دهد که برای جذب، حفظ و ترکیب دانش به وجود می‌آیند. در برخی کالاها مانند دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی یا موتورهای جت، دانش و تکنولوژی زیادی، متراکم شده‌اند که در نتیجه شبکه‌های بسیار گسترده‌ای از دانشکاران و سازمان‌ها هستند. در عوض در تولید چوب یا قهوه، دانش بسیار کمتری به کار رفته است.

## 1. Production Capabilities

اقتصادهای پیچیده، آنهایی هستند که مقادیر زیادی از دانش مربوط را که در شبکه‌های وسیعی در جامعه یافت می‌شود، جذب، تا ترکیبی متنوع از محصولات با دانش را تولید کنند و در مقابل، اقتصادهای ساده از دانش تولیدی کمتری برخوردار هستند، محصولات کمتر و ساده‌تری تولید می‌کنند که به تعامل کمتری نیاز دارند (Hausmann *et al.*, 2014). پیچیدگی اقتصادی، بیانگر استفاده از فناوری و نوآوری در فرایند تولید یا به عبارتی، کاربردی کردن دانش و فناوری در ترکیب محصولات تولیدی است و از طریق ایجاد ساختار مولد، امکان استفاده از ظرفیت‌های بلااستفاده، صرفه جویی در منابع، تخصیص بهینه منابع تولید، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری و تنوع محصولات تولیدی را می‌یابد که به افزایش تولید ناخالص داخلی منجر می‌شود (شاه آبادی و ارغند، ۱۳۹۷).

افزایش پیچیدگی اقتصادی برای یک جامعه ضروری است که بتواند دانش بیشتری از بُعد تولیدی داشته و از آن استفاده کند و می‌توان از ترکیب محصولاتی که کشورها قادر به ساختن آن هستند، پیچیدگی اقتصادی آنها را سنجید (Hausmann *et al.*, 2014).

برای روشن شدن مفهوم پیچیدگی اقتصادی، به نمودار ۴ توجه کنید؛ که در آن، تولیدات سه کشور هلند، آرژانتین و غنا به تصویر کشیده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نه تنها تولیدات کشور هلند از تنوع بیشتری نسبت به آرژانتین و غنا برخوردار است بلکه علاوه بر آن، هلند کالاهایی تولید می‌کند که دو کشور دیگر قادر به تولید آن نیستند؛ و بنابراین، از آنجاکه تولیدات هلند، متنوع‌تر و دارای فراگیری کمتری است، گفته می‌شود که اقتصاد هلند، از آرژانتین و غنا پیچیده‌تر است و اقتصاد آرژانتین، پیچیده‌تر از اقتصاد غنا است.



#### نمودار ۴. تنوع و فراگیری تولیدات کشورها

منبع: Hausmann *et al.*, 2014

در نمودار ۴، تنوع<sup>۱</sup> تعداد محصولات تولیدی کشور هلند شامل ۵ محصول (دستگاه اشعه ایکس، داروها، لوازم آرایشی، پنیر و تن ماهی) است، در حالی که تنوع کشور آرژانتین شامل ۳ محصول (لوازم آرایشی، پنیر و تن ماهی) و تنوع کشور غنا شامل یک محصول (تن ماهی) است و از لحاظ فراگیری<sup>۲</sup> محصولات، کشور هلند با تولید ۲ محصول دستگاه اشعه ایکس و دارو که در کشورهای آرژانتین و غنا تولید نمی‌شوند، دارای اقتصاد پیچیده تری است.

1. Diversity
2. Ubiquity

## ۴-۲-۱. روش محاسبه ECI

متدولوژی ریاضی مورد استفاده برای اندازه گیری پیچیدگی اقتصادی، با توجه به محصولات صادراتی کشورها انجام می شود (احمدیان و همکاران، ۱۳۹۷) و مقدار عددی آن، بین (۳) و (-۳) است. برای ساختن ECI از دو شاخص تنوع و فراگیر<sup>۱</sup> بودن، استفاده می شود. تنوع، به معنای تعداد کالاهای متمایز یک کشور و فراگیر بودن تولید یک کالا، به معنای تعداد کشورهای تولیدکننده یک محصول خاص است. برای این منظور ماتریس  $M_{CP}$  را در نظر بگیرید. در این ماتریس، کشور C، محصول P و کشور O، سایر کالاها را تولید می کند. بر این اساس، می توان متنوع بودن و همه جایی بودن کالاها (فراگیری) را به سادگی با جمع زدن ردیفها و ستونهای این ماتریس، محاسبه نمود. به بیان ریاضی، می توان این گونه تعریف کرد:

$$\text{تنوع} = k_{c,o} = \sum_P M_{CP} \quad (۲)$$

$$\text{فراگیر بودن} = K_{P,O} = \sum_C M_{CP} \quad (۳)$$

برای ایجاد یک شاخص دقیق از تعداد قابلیتها و توانمندیهای موجود در یک کشور یا تعداد قابلیتهای موردنیاز برای ساخت یک کالا، لازم است اطلاعات مربوط به تنوع و فراگیری را تکمیل نمود؛ که مستلزم آن است که برای هر کشور، متوسط فراگیری کالاهایی را که صادر می کند و نیز متوسط تنوع کشورهایی را که این محصولات را صادرات می کنند، محاسبه کنیم. این مسأله را می توان به کمک روابط زیر بهتر بیان کرد:

$$K_{C,N} = \frac{1}{K_{C,O}} \sum_P M_{CP} \cdot K_{P,N-1} \quad (۴)$$

$$K_{P,N} = \frac{1}{K_{P,O}} \sum_C M_{CP} \cdot K_{C,N-1} \quad (۵)$$

با جایگذاری رابطه (۵) در (۴) داریم:

$$K_{C,N} = \frac{1}{K_{C,O}} \sum_P M_{CP} \frac{1}{K_{P,O}} \sum_{C'} M_{C'P} K_{C',N-2} \quad (۶)$$

$$K_{C,N} = \sum_{C'} K_{C',N-2} \sum \frac{M_{CP} M_{C'P}}{K_{C,O} K_{P,O}} \quad (۷)$$



اگر  $\sum_P \frac{M_{CP} M_{CP}}{K_{C,O} K_{P,O}}$  نام‌گذاری کنیم، داریم:

$$K_{C,N} = \sum_{C'} \bar{M}_{CC} K_{C',N-2} \quad (8)$$

رابطه (۸)، وقتی برقرار است که  $K_{C,N} = K_{C,N-2} = 1$ ، این بردار ویژه  $\bar{M}_{CC}$  است که با بزرگ‌ترین مقدار ویژه مرتبط است. از آنجایی که این بردار ویژه، برداری از اعداد یک است، در بردارنده اطلاعات مفیدی نیست؛ بنابراین به جای آن، از بردار ویژه مربوط به دومین مقدار ویژه بزرگ استفاده می‌کنیم. این برداری است که بزرگ‌ترین مقدار واریانس را منعکس می‌کند و شاخصی برای اندازه‌گیری پیچیدگی اقتصادی است؛ و بنابراین، پیچیدگی اقتصادی را می‌توان این‌گونه تعریف کرد:

$$ECI = \frac{\bar{K} - \langle \bar{K} \rangle}{se(\bar{K})} \quad (9)$$

در این رابطه، نماد  $\langle \bar{K} \rangle$  معرف میانگین،  $se$  نشان‌دهنده انحراف معیار و  $\bar{K}$  بردار ویژه ماتریس  $\bar{M}_{CC}$  مرتبط با دومین مقدار بزرگ است.

### ۳-۴. متغیرهای کنترلی و ابزاری

بر اساس ادبیات ارائه شده توسط لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas et al., 2019)، مدل این پژوهش، تعدادی از متغیرهای کنترلی را شامل می‌شود که مربوط به عملکرد زیست‌محیطی هستند. اولاً، به‌منظور محاسبه مراحل مختلف توسعه اقتصادی، از لگاریتم سرانه تولید ناخالص داخلی (PPP به‌صورت ثابت ۲۰۱۷ دلار بین‌المللی) استفاده می‌شود. بر اساس فرضیه EKC، بین شاخص‌های آلودگی و توسعه اقتصادی، رابطه‌ای وارونه U شکل وجود دارد. برای بررسی این فرضیه، مجذور تولید ناخالص داخلی سرانه را به‌عنوان یک متغیر توضیحی اضافه می‌کنیم. برای سهولت محاسبات، از لگاریتم آنها استفاده می‌شود. علاوه بر این، باز بودن یک اقتصاد در مقابل تجارت بین‌المللی، ممکن است تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محیط‌زیست داشته باشد، به این دلیل، مجموع صادرات و واردات در تولید ناخالص داخلی را به کار می‌بریم که با عنوان تجارت تعریف شده است.

همچنین نسبت ارزش‌افزوده کشاورزی و صنعت را وارد مدل می‌کنیم تا ترکیب تولیدات یک کشور در این دو بخش مشخص شود. متغیرهای کنترلی مدل همچنین دو متغیر جمعیت شناختی شامل: تراکم جمعیت (تعداد افراد ساکن در هر کیلومتر مربع) و جمعیت شهری (نسبت جمعیت شهری) برای شناسایی پیامدهای تغییرات جمعیتی بر محیط‌زیست را در برمی‌گیرد. با اضافه کردن تعداد افراد ثبت‌نام شده در آموزش متوسطه، سطح سرمایه انسانی را نیز کنترل می‌کنیم. انتظار

می رود، این متغیر، بر پایداری زیست‌محیطی تأثیر بگذارد؛ زیرا افراد با تحصیلات بیشتر، از خطرات زیست‌محیطی آگاه‌تر و نگران‌تر هستند. آنها همچنین تمایل به اجرای اقداماتی دارند که تصمیمات سیاسی را ترویج و حمایت می‌کنند که از محیط‌زیست محافظت می‌کند.

در نهایت، مدل متغیر کنترل فساد را شامل می‌شود. ادبیات مربوط، دو اثر جزئی را که ممکن است فساد بر آلودگی محیط‌زیست داشته باشد، متمایز می‌کند. از یک‌سو، با کاهش مقررات زیست‌محیطی، فساد به‌طور مستقیم آلودگی را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر، فساد آلودگی را تحت تأثیر غیرمستقیم قرار می‌دهد و با کاهش تولید، ممکن است به‌نوبه خود، به آلودگی پایین‌تر در برخی از سطوح درآمدی منجر شود.

علاوه بر متغیرهای کنترلی عنوان شده در بالا، به پیروی از لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas *et al.*, 2019)، از متغیر تعداد مقالات منتشر شده در یک سال، به‌عنوان متغیر ابزاری که بر ECI اثر بالقوه می‌گذارد، استفاده می‌کنیم.

## ۵. روش‌شناسی تحقیق

همان‌گونه که بیان شد، هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست‌محیطی در کشورهای منطقه منا<sup>۱</sup> (شامل ایران، عربستان، قطر، کویت، عمان، امارات، مصر، الجزایر، لبنان، اردن، یمن، بحرین، تونس، اسرائیل، مراکش، لیبی، عراق و سوریه) است. از این‌رو، برای رسیدن به این هدف در تحقیق حاضر، از مدل پیشنهادی لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas *et al.*, 2019) استفاده شده است که تاکنون در پژوهش‌های دیگر، مورد استفاده قرار نگرفته و دارای ویژگی‌های زیر است: اولاً، مدل به خوبی تصریح شده است و علاوه بر اینکه متغیرهای مورد نظر را وارد کرده، از متغیرهای مرتبط و مهم دیگر استفاده نموده است؛ ثانیاً، ساختار مدل از نظر متغیرهای مورد استفاده در ادبیات اقتصاد محیط‌زیست همخوانی دارد؛ ثالثاً، برای رفع مشکل درونزا بودن متغیرهای توضیحی، از روش حداقل مربعات دومرحله‌ای استفاده نموده و با استفاده از روش TSLS و اعمال 2SLS، به حداقل نمودن خطای بالقوه یافته‌ها مبادرت می‌ورزد. در این تحقیق، مدل عمومی به‌صورت زیر است:

$$EPI_{i,t} = a_0 + \beta_1 ECI_{i,t} + \beta_2 \log(GDP)_{i,t} + \beta_3 \left[ \log(GDP)_{i,t} \right]^2 + \beta_K X_{i,t} + u_{i,t} \quad (1)$$

در معادله بالا، EPI متغیر وابسته و نشان‌دهنده عملکرد زیست‌محیطی کشور  $i$  در زمان  $t$ ، ECI شاخص پیچیدگی اقتصادی کشور  $i$  در زمان  $t$ ،  $\log(GDP)_{i,t}$  لگاریتم تولید ناخالص داخلی (به دلار ثابت سال ۲۰۱۷) کشور  $i$  در زمان  $t$ ،  $\left[ \log(GDP)_{i,t} \right]^2$ : نشان‌دهنده مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی کشور  $i$  در زمان  $t$  (که برای آزمون منحنی U معکوس کوزنتس استفاده شده، که بیان می‌کند، بین رشد و تخریب محیط‌زیست، رابطه  $u$  وارونه برقرار است و اگر در این مطالعه، به دلیل استفاده از متغیر عملکرد زیست‌محیطی، علامت سطح درآمد سرانه، مثبت و علامت مجذور آن، منفی باشد، نتیجه برقراری این رابطه تأیید می‌شود) و  $X_{i,t}$  نشان‌دهنده متغیرهای کنترلی تأثیرگذار بر متغیر وابسته شامل: جمعیت، کشاورزی، میزان صنعتی شدن، فساد، تجارت، شهرنشینی و آموزش کشور  $i$  در زمان  $t$  است.

از آنجاکه به دلیل کیفیت داده‌ها، احتمال وجود ارتباط بین شاخص عملکرد زیست‌محیطی (متغیر وابسته) و متغیرهای مستقل پیش‌بینی می‌شود، می‌توان انتظار داشت که یافته‌های مقاله، ناشی از برآورد معادله به روش حداقل مربعات معمولی جهت‌دار باشند؛ و بنابراین، با توجه به پیشنهاد لاپاتیناس و همکاران (Lapatinas *et al.*, 2019)، برای رفع مشکل درون‌زا بودن متغیرهای توضیحی در این مقاله، از روش حداقل مربعات دومرحله‌ای با اعمال EGLS استفاده نموده و با روش TSLS و اعمال 2SLS، به حداقل نمودن خطای بالقوه یافته‌ها پرداخته می‌شود. همان‌گونه که دو پژوهشگر، در نتیجه‌گیری از مطالعه‌ای (Radman Peša & Festić, 2014)، بیان می‌دارند، این روش، خطای اندازه‌گیری و جهت‌گیری متغیرها را کاهش می‌دهد، همچنین هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی را پایین می‌آورد و ناهمسانی واریانس را رفع می‌کند. در جداول (۱) و (۲)، آمار توصیفی و منبع هر یک از متغیرها در پژوهش، ارائه شده است.

## 1. Two-Stage EGLS Methods

## جدول ۱. توصیف متغیرهای پژوهش

منبع	تعریف	متغیر
Epi.envirocenter.yale.edu	شاخص عملکرد زیست‌محیطی	EPI
Atlas.media.mit.edu	شاخص پیچیدگی اقتصادی	ECI
World Development Indicators	لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه (به دلار ثابت ۲۰۱۷)	$\log(GDP)_{i,t}$
World Development Indicators	مجذور لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه	$[\log(GDP)_{i,t}]^2$
World Development Indicators	میزان تراکم جمعیت در کیلومتر مربع	جمعیت
World Development Indicators	کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری (درصد از تولید ناخالص داخلی)	کشاورزی
World Development Indicators	صنعتی شدن (درصد تولید ناخالص داخلی)	صنعتی شدن
Worldwide Governance Indicators	میزان کنترل فساد	فساد
World Development Indicators	تجارت (درصد از تولید ناخالص داخلی)	تجارت
World Development Indicators	جمعیت شهری (درصد از کل جمعیت)	شهرنشینی
Education Statistics - All Indicators	تعداد ثبت‌نام در مقطع متوسطه (هر دو جنس)	تحصیلات
World Development Indicators	تعداد مقالات علمی و مهندسی منتشر شده	مقالات منتشر شده

مأخذ: محاسبات تحقیق

## جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	میانگین	میان	بیشینه	کمینه	تعداد مشاهدات
عملکرد زیست‌محیطی	۵۴/۳۰	۵۴/۳۶	۷۸/۱۴	۲۹/۷۰	۲۵۰
پیچیدگی اقتصادی	-۰/۴۰	-۰/۳۸	۱/۳۱	-۲/۷۹	۳۰۵
Log GDP	۹/۹۷	۹/۷۰	۱۱/۵۵	۸/۴۶	۲۷۱
(Log GDP) <sup>2</sup>	۱۰۰	۹۴	۱۳۳	۷۱/۵۸	۲۷۱
جمعیت	۶۹/۴۶	۶۶/۷۱	۲۳۹/۵۹	۳/۱۴	۲۵۵
کشاورزی	۵/۲۳	۳/۸۵	۲۰/۷۳	۰/۰۹	۲۷۶
صنعتی شدن	۴۲/۴۶	۴۳/۱۶	۸۷/۸۰	۱۳/۸۱	۲۶۳
کنترل فساد	۵۳/۲۱	۵۸/۱۷	۹۳/۷۸	۵/۲۹	۲۸۹
تجارت	۸۶/۵۱	۸۶/۰۷	۱۵۱/۶۷	۳۰/۲۵	۲۶۳
شهرنشینی	۷۵/۰۸	۷۸/۲۸	۱۰۰	۳۱/۱۹	۲۹۹
تحصیلات	۱۲۰۷	۶۹۷۱	۵۸۶۸	۴۹۰۴	۱۸۶
مقالات منتشر شده	۱۵۲۲	۸۰/۱۴	۱۰۸۹۷	۲۷/۱۳	۲۶۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

### ۶. برآورد مدل و تحلیل نتایج

در این بخش، ابتدا به منظور جلوگیری از بروز مشکل رگرسیون کاذب، آزمون ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون‌های ایم، پسران و شین<sup>۱</sup> (IPS)، فیشر-دیکی فولر تعمیم‌یافته<sup>۲</sup> (ADF) و فیشر-فیلیپس پرون<sup>۳</sup> (PP) انجام شده است. این سه آزمون، مهم‌ترین آزمون‌های ریشه واحد در داده‌های پانل می‌باشند. در این آزمون‌ها، روند بررسی ایستایی مشابه است و با رد فرضیه  $H_0$ ، نا ایستایی یا وجود ریشه واحد متغیرها رد می‌شود (شاه‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۷). همان‌طور که نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته در جدول (۳) نشان می‌دهد، همه متغیرهای استفاده شده در این پژوهش (بجز متغیر تحصیلات)، در سطح مانا هستند. لذا برای این متغیر، آزمون ریشه واحد مرتبه اول انجام گردید که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است.

از آنجایی که متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر، در درجات مختلفی از  $I(0)$  و  $I(1)$  پایا می‌شوند، پس از بررسی ایستایی متغیرها، هم‌انباشتگی (همگرایی) پانلی برای بررسی روابط بلندمدت اقتصادی متغیرها و عدم وجود رگرسیون کاذب، مورد آزمون قرار می‌گیرد. برای بررسی هم‌انباشتگی داده‌های پانل، چندین آزمون از جمله: آزمون کائو، آزمون پدرونی و آزمون فیشر وجود دارد. در پژوهش حاضر، از آزمون کائو استفاده شده است. آزمون پدرونی به دلیل زیاد بودن تعداد متغیرهای مدل و آزمون فیشر، به علت ناکافی بودن داده‌ها، امکان‌پذیر نیست.

در این آزمون، فرضیه صفر، عدم وجود هم‌انباشتگی است. مطابق نتایج جدول (۴)، فرضیه صفر رد شده و بین متغیرها، رابطه بلندمدت وجود دارد. در این صورت، رگرسیون برآوردی، کاذب نیست.

- 
1. K. Im; H. Pesaran and Y. Shin
  2. Fisher-Augmented Deyki Fuller
  3. Fisher-Phillips Peron

جدول ۳. نتایج آزمون ریشه واحد در سطح

فیشر - فیلیس پرون		فیشر - دیکی فولر تعمیم یافته		ایم، پسران و شین		آزمون متغیر
Statistic	prob	statistic	Prob	Statistic	Prob	
۸۶/۲۳۰۱	۰/۰۰۰۰	۷۴/۸۰۷۹	۰/۰۰۰۲	-۳/۷۳۴۰۴	۰/۰۰۰۱	عملکرد زیست محیطی
۶۱/۸۳۸۷	۰/۰۰۴۷	۶۴/۸۱۱۱۲	۰/۰۰۲۳	-۳/۲۳۴۰۰	۰/۰۰۰۶	پیچیدگی اقتصادی
۶۴/۴۲۳۲	۰/۰۰۰۶	۸۲/۷۹۸۰	۰/۰۰۰۰	۶۷۳۰۷	۰/۰۰۰۰	Log GDP
۶۲/۰۴۰۴	۰/۰۰۱۱	۸۲/۰۵۳۰	۰/۰۰۰۰	-۴/۷۰۳۸۴	۰/۰۰۰۰	(Log GDP) <sup>2</sup>
۴/۸۳۹۹۰	۱/۰۰۰۰	۷۴/۵۱۱۷	۰/۰۰۰۲	۴/۴۰۲۸۲	۱/۰۰۰۰	جمعیت
۹۳/۸۸۹۷	۰/۰۰۰۰	۶۳/۶۹۹۰	۰/۰۰۳۰	-۱/۳۴۹۹۰	۰/۱۰۵۷	کشاورزی
۴۵/۰۶۰۱	۰/۱۴۳۱	۵۴/۳۷۹۱	۰/۰۲۵۳	-۱/۳۵۴۴۴	۰/۰۸۷۸	صنعت
۹۰/۰۸۶۷	۰/۰۰۰۰	۶۴/۱۲۳۰	۰/۰۰۱۳	-۳/۲۱۲۴۵	۰/۰۰۰۷	فساد
۳۵/۶۸۲۳	۰/۰۳۸۹۲	۵۴/۱۳۱۵	۰/۰۱۵۵	-۲/۲۱۰۳۸	۰/۰۱۳۵	تجارت
۴۶/۰۵۲۱	۰/۰۰۰۰	۵۶/۰۵۵۶	۰/۰۱۰۰	۲/۹۱۲۴۹	۰/۹۹۸۲	شهری شدن
۲۵/۶۸۷۳	۰/۶۹۱۰	۲۲/۹۵۷۶	۰/۸۱۷۰	۲/۹۳۹۵۲	۰/۹۹۸۴	تحصیلات

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۴. آزمون ریشه واحد تفاضل مرتبه اول متغیر تحصیلات

فیشر - فیلیس پرون		فیشر - دیکی فولر تعمیم یافته		ایم، پسران و شین		آزمون متغیر
Statistic	prob	statistic	prob	Statistic	prob	
۶۷/۵۵۶۵	۰/۰۰۰۰	۵۵/۲۴۵۴	۰/۰۰۱۶	-۳/۱۹۰۴۱	۰/۰۰۰۷	تحصیلات

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۵. نتایج آزمون هم انباشتگی

t-statistic	Prob	نام آزمون
-۱/۶۶۸۱۰۹	۰/۰۴۷۶	آزمون هم انباشتگی کائو

مأخذ: محاسبات تحقیق

بعد از بررسی ایستایی و هم انباشتگی متغیرها در طول زمان، اولین گام در برآورد مدل‌های پانل دیتا، تعیین نمودن قیود وارد شده بر مدل اقتصادسنجی است. به عبارت دیگر، نخست باید مشخص شود که رابطه رگرسیونی در نمونه مورد بررسی، دارای عرض از مبدأهای ناهمگن و شیب همگن است (لزوم استفاده از مدل داده‌های پانل) و یا اینکه، فرضیه عرض از مبدأهای مشترک و شیب مشترک در بین مقاطع (لزوم استفاده از مدل داده‌های تلفیقی)، پذیرفته می‌شود. برای آزمون معنی‌دار بودن روش داده‌های پانل، از آماره آزمون F لیمر استفاده می‌شود. فرضیه  $H_0$  در این آزمون، قابلیت تخمین مدل به صورت داده‌های تلفیقی، و فرضیه مقابل، یعنی  $H_1$ ، قابلیت تخمین مدل، به صورت داده‌های پانل است. از آنجایی که مقدار احتمال آزمون لیمر در جدول (۶) کوچک‌تر از ۰/۰۵ می‌باشد، لذا فرض صفر مبنی بر وجود رگرسیون Pooled یا تجمیعی (رگرسیون بدون وجود اثرات ثابت یا تصادفی)، رد شده و بنابراین، الگوی مناسب برای برآورد مدل مورد بررسی، دارای اثرات ثابت یا اثرات تصادفی بوده و به صورت تجمیعی یا Pooled نیست.

جدول ۶. نتایج آزمون اف لیمر

نوع آزمون	مقدار احتمال	مقدار آماره t
آزمون اف لیمر	۰/۰۰۰۰	۷/۰۶۴۶۲۹

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۷. نتایج آزمون هاسمن

نوع آزمون	مقدار احتمال	مقدار آماره کای اسکوئر
آزمون هاسمن	۰/۰۰۰۰	۵۲/۹۴۵۸۵۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول (۷)، نتایج آزمون هاسمن را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقدار احتمال آزمون هاسمن، کمتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه، این فرض آماری که مدل دارای اثرات تصادفی باشد، رد می‌شود و مدل، اثرات ثابت بر روی مقاطع (در اینجا، مقاطع کشورها هستند) دارد.

جدول ۸. نتایج برآورد مدل

نام متغیر	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	آماره t	مقدار احتمال
پیچیدگی اقتصادی	-۷/۰۲۰۲۲۸	۲/۸۳۸۱۱۲	-۲/۴۷۳۵۵۶	۰/۰۱۷۱
Log GDP	۱۵۶/۳۸۸۴	۹۱/۲۱۱۸۲	۱/۷۱۴۵۶۲	۰/۰۹۳۲
(Log GDP) <sup>2</sup>	-۶/۷۸۶۵۸۸	۴/۶۰۸۰۹۰	-۱/۴۷۲۷۵۵	۰/۱۴۷۶
جمعیت	۰/۰۸۲۸۹۲	۰/۰۴۶۰۸۰	۱/۷۹۸۸۴۸	۰/۰۷۸۶
کشاورزی	۰/۹۷۵۸۵۹	۰/۷۱۱۱۵۶	۱/۳۷۲۲۱۵	۰/۱۷۶۷
صنعتی شدن	-۰/۴۰۵۶۶۷	۰/۱۱۷۸۱۳	-۳/۴۴۳۳۰۸	۰/۰۰۱۲
کنترل فساد	۰/۰۲۸۲۲۷	۰/۱۴۱۶۵۳	۰/۱۹۹۲۷۰	۰/۸۴۲۹
تجارت	۰/۱۷۶۰۹۷	۰/۰۷۶۹۹۶	۲/۲۸۷۰۷۸	۰/۰۲۶۸
شهرنشینی	۰/۵۵۳۲۴۱	۰/۲۶۵۸۵۱	۲/۰۸۱۰۲۰	۰/۰۴۳۰
تحصیلات	-۱/۰۸۰۰۰۰	۳/۲۴۰۰۰۰	-۳/۳۲۵۰۲۱	۰/۰۰۱۷
C	-۸۶۲/۸۴۵۲	۴۴۴/۶۶۸۵	-۱/۹۴۰۴۲۳	۰/۰۵۸۵
ضریب تعیین	۰/۹۹۱۴۹۹			
ضریب تعیین تعدیل شده	۰/۹۸۸۱۷۳			
آماره دوربین-واتسون	۲/۳۶۴۰۱۶			
مقدار آماره F	۳۰۲/۸۴۲۳			
معنی داری کل مدل	۰/۰۰۰۰۰۰			

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول (۸)، نتایج برآورد مدل اثرات ثابت به روش 2SLS/IV با اعمال EGLS را نشان می دهد که در آن، مقدار آماره F و مقدار احتمال معنی داری کل مدل، به ترتیب برابر (۳۰۲/۸۴۲۳) و (۰/۰۰۰۰۰۰) است که نشان دهنده معنی دار بودن مدل در حالت کلی است (زیرا مقدار احتمال این آماره، کمتر از ۰/۰۵ است). ضریب تعیین برابر (۰/۹۹۱۴۹۹) است که نشان می دهد، مدل برازش



قابل قبولی ارائه داده است. مقدار ضریب تعیین تعدیل شده<sup>۱</sup> برابر با (۰/۹۸۸۸۱۷۳) است که بر اساس آن می‌توان گفت، این مدل بیش از ۹۸ درصد تغییرات در متغیر وابسته یعنی شاخص عملکرد زیست‌محیطی (EPI) را تبیین نموده است.

علاوه بر آن، مقدار آماره دوربین-واتسون که خودهمبستگی بین باقیمانده‌های مدل را نشان می‌دهد، برابر با ۲/۳۶ است که در محدوده مجاز ۱/۵ تا ۲/۵ قرار دارد. بعد از برآورد مدل در مورد مشکلات مربوط به خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس در مدل‌ها، باید گفت که خودهمبستگی، مشکل مربوط به داده‌های سری زمانی و ناهمسانی واریانس، مشکل خاص داده‌های مقطعی است که این مشکل در داده‌های تلفیقی، پیچیده تر می‌شوند.

در یک تقسیم‌بندی کلی، می‌توان گفت، هنگامی که سری زمانی مورد مطالعه، طولانی و واحدهای مقطعی، متعدد باشد، احتمال بیشتری در وجود ناهمسانی واریانس بین گروهی وجود خواهد داشت (جبل عاملی و بی‌ریا، ۱۳۸۵). لذا در مطالعه حاضر، به بررسی آزمون ناهمسانی واریانس پرداخته شد که نتیجه (احتمال ناهمسانی ۰/۴۷۰۹)، حاکی از آن است که از این بابت، مسأله‌ای وجود ندارد. علاوه بر آن، بعد از تخمین مدل، جهت تأیید اعتبار متغیرهای ابزاری، آزمون سارگان انجام شد. در این آزمون، فرض  $H_0$  عدم همبستگی بین متغیرهای ابزاری با اجزاء اخلاص را نشان می‌دهد و مبتنی بر معتبر بودن مدل بوده، و فرض جایگزین  $H_1$  همبستگی بین متغیرهای ابزاری با اجزاء اخلاص را نشان می‌دهد و مبتنی بر نامعتبر بودن مدل است. نتیجه آزمون سارگان (احتمال ۰/۶۳)، بیانگر عدم وجود همبستگی سریالی بین ابزارها و جمله خطا می‌باشد و بنابراین، مدل با موفقیت برازش شده، و نتایج آن قابل‌اتکا است.

نتایج جدول (۸)، نشان‌دهنده وجود رابطه معکوس میان پیچیدگی اقتصادی با عملکرد زیست‌محیطی کشورهای منا می‌باشد. علاوه بر آن، نتایج جدول نشان می‌دهد که لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه با عملکرد زیست‌محیطی، دارای رابطه مثبت و غیرمعنی‌دار بوده، درحالی‌که مجذور آن، دارای رابطه معکوس و غیرمعنی‌دار با عملکرد زیست‌محیطی است و در نتیجه، فرضیه منحنی کوزنتس در مورد کشورهای منا تأیید نمی‌شود.

چگونگی رخ دادن این رابطه را می‌توان با استفاده از مطالعه دوگان و همکاران (Doğan *et al.*, 2019) توجیه کرد؛ که بیان می‌دارند، در کشورهای با درآمد سرانه پایین (در اینجا کشورهای منطقه منا)، پیچیدگی اقتصادی، تأثیر مثبت و آماری قابل‌توجهی بر انتشار آلودگی (تخریب محیط‌زیست) دارد. ممکن است این امر، به دلیل تنوع کمتر تولید و صادرات این کشورها باشد، که بیشتر آنها،

کشورهایی هستند که وابستگی بالایی به یک کالای صادراتی واحد دارند و منابع انرژی اصلی آنها، سوخت های فسیلی است.

نتایج برآورد مدل، همچنین نشان می دهد که میزان صنعتی شدن، دارای رابطه معکوس با عملکرد زیست محیطی است که این نتیجه، با نتیجه این پژوهش: (Ullah *et al.*, 2020) مشابهت دارد. میزان تجارت، دارای رابطه مثبت و معنی دار با عملکرد زیست محیطی است که این نتیجه، با نتیجه پژوهش: (Dkhili and Ben Dhiab, 2019) مشابهت دارد. علاوه بر آن، نتایج جدول، نشان دهنده وجود رابطه مثبت و معنی دار بین میزان کنترل فساد با عملکرد زیست محیطی است؛ همان گونه که نتیجه این مطالعات: (Lapatinas *et al.*, 2019)، (Lisciandra and Migliardo, 2017) و (Damania *et al.*, 2003) نشان می دهند که فساد، باعث کاهش سخت گیری نسبت به مقررات زیست محیطی می شود؛ لذا کنترل آن برای بهبود عملکرد زیست محیطی ضروری به نظر می رسد.

نتایج جدول (۸)، همچنین نشان دهنده وجود رابطه مثبت بین شهرنشینی و جمعیت با عملکرد زیست محیطی است؛ همان گونه که نتیجه مطالعه: (Sharma 2011) بیان می دارد، با افزایش شهرنشینی و رشد جمعیت، استانداردها و مقررات زیست محیطی سخت تری اغلب در بخش انرژی و سیاست های زیست محیطی اعمال می شود.

در نهایت، نتایج جدول (۸)، نشان می دهد که کشاورزی با عملکرد زیست محیطی، رابطه مثبت دارد. این نتیجه، با نتیجه مطالعه: (Ilić *et al.*, 2017) مشابهت دارد؛ در حالی که متغیر تحصیلات، رابطه منفی با عملکرد زیست محیطی دارد که علت این امر، می تواند به دلیل ساختارهای نامناسب آموزشی در این کشورها باشد.

## ۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

یکی از مسائل مهم، اساسی و قابل توجه در دهه های اخیر، مسأله رشد اقتصادی و حفظ کیفیت محیط زیست بوده است. زمانی که هشت هدف توسعه هزاره (MDGs)<sup>۱</sup> سازمان ملل در سال ۲۰۰۰ توسط مجمع عمومی سازمان ملل متحد تصویب شد، اطمینان از پایداری محیط زیست، به عنوان هدف هفتم مطرح شد. پایداری محیط زیست یا توسعه پایدار، فرایندی است که آینده ای مطلوب را برای جوامع بشری متصور می شود که در آن، شرایط زندگی و استفاده از منابع، بدون آسیب رساندن به یکپارچگی، زیبایی و ثبات نظام های حیاتی، نیازهای انسان را برطرف می سازد. نیاز به درک بهتر از پدیده های اقتصادی-اجتماعی، محققان را بر آن داشته است که نظریه های از قبل ارائه شده را

### 1. Millennium Development Goals

اصلاح کنند و نظریه‌های جدیدی ارائه دهند که دریچه‌ای نو به ادبیات توسعه اقتصادی دارند؛ زیرا به‌طور کلی، هدف همه کشورها رسیدن به رشد و توسعه اقتصادی بالاتر و پایدارتر است.

از این رو، در تحقیق حاضر، علاوه بر بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست محیطی ۱۸ کشور منتخب منطقه منا در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸، به بررسی فرضیه کوزنتس بین درآمد سرانه و عملکرد زیست محیطی این کشورها در بازه زمانی فوق، پرداخته شد.

نتایج تحقیق حاکی از وجود رابطه معکوس بین پیچیدگی اقتصادی با عملکرد زیست محیطی کشورهای منتخب منطقه منا است، به گونه‌ای که با افزایش یک واحد شاخص پیچیدگی اقتصادی، عملکرد زیست محیطی بیش از ۷ واحد کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، نتایج پژوهش حاکی از آن است که بین افزایش درآمد سرانه و عملکرد زیست محیطی، رابطه غیرخطی و غیرمعنی دار وجود دارد و افزایش یک واحد درآمد سرانه تا رسیدن به حد درآمد متوسط (نقطه عطف منحنی کوزنتس)، باعث افزایش عملکرد زیست محیطی بیش از ۱۵ واحد می‌شود.

در نهایت نتایج تحقیق حاضر، نشان می‌دهد که بین مجذور درآمد سرانه و عملکرد زیست محیطی در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸، رابطه معکوس غیرمعنی دار وجود دارد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸، فرضیه منحنی کوزنتس در مورد کشورهای منتخب منطقه منا صادق نیست؛ همان‌گونه که دوگان و همکاران (Doğan et al., 2019) بیان می‌دارند، در کشورهای با درآمد سرانه پایین (در اینجا کشورهای منطقه منا)، پیچیدگی اقتصادی، تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار آلودگی (تخریب محیط زیست) دارد؛ که ممکن است این امر، به دلیل تنوع کمتر تولید و صادرات کشورهای منطقه منا باشد. بیشتر کشورهای منطقه منا، وابستگی بالایی به یک کالای صادراتی واحد دارند و منابع انرژی اصلی آنها، سوخت‌های فسیلی است.

علاوه بر آن، چو (Chu, 2021) بیان می‌دارد که افزایش پیچیدگی اقتصادی، همیشه برای محیط زیست بهتر نیست. از آنجاکه آسیب به محیط زیست در فرایند توسعه اقتصادی کشورهای منا افزایش می‌یابد، دولت‌ها باید بر بهبود کیفیت نهادی و تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای به حداقل رساندن اثرات منفی، تمرکز کنند. آنها همچنین باید تحول ساختار اقتصادی دوستانه محیط زیست را سرعت بخشند، و به‌عنوان مثال، حمایت از تأسیس و توسعه صنایع دانش‌بنیان، افزایش واردات و تولید فناوری‌های دوستدار محیط زیست را در دستور کار خود قرار دهند.

### تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ نوع تعارض منافی وجود ندارد.

## منابع و مأخذ

- احمدیان، محمدمهدی؛ آقاجانی، حسن علی؛ شیر خدایی، میثم و طهرانچیان، امیر منصور (۱۳۹۷). پیچیدگی اقتصادی، رویکردی نوین برای سنجش تجاری سازی تولیدات علمی و فناورانه. *فصلنامه کتابداری و اطلاع رسانی*، ۲۱(۴): ۱۶۱-۱۲۴.
- اخباری، رضا و آماده، حمید (۱۳۹۴). کاربردی از فرضیه پناهگاه آلودگی در شناسایی صنایع آلاینده: شواهدی از رابطه تجاری ایران-چین. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۹(۲): ۱۵-۳۲.
- اسلاملوئیان، کریم و دهقان منشادی، محمد (۱۳۹۴). بررسی رابطه بین عملکرد زیست محیطی و سرمایه گذاری مستقیم خارجی: آزمون فرضیه پناهگاه آلودگی. *سیاست گذاری اقتصادی*، ۷(۱۴): ۳۱-۵۸.
- پژم، سیدمهدی و سلیمی فر، مصطفی (۱۳۹۴). بررسی تأثیر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی در ۴۲ کشور برتر در تولید علم. *اقتصاد و توسعه منطقه ای*، ۲۲.
- جبل عاملی، فرخنده و بی ریا، سهیلا (۱۳۸۵). برآورد تابع تقاضای کشورهای وارد کننده زعفران ایران با روش پانل ۱۳۸۰-۱۳۷۰. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۱۰(۱): ۱۰۹-۱۳۴.
- دلیری، حسن (۱۳۹۹). ارتباط بین جای پای اکولوژیک و رشد اقتصادی در کشورهای D8: آزمون فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از مدل PSTR. *فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی*، ۱۰(۳۹): ۸۱-۱۱۲.
- رنجبر، امید؛ ناقب، حسن و ضیائی بیگدلی، صادق (۱۳۹۸). تحلیل پویایی صادرات غیرنفتی ایران: نتایج جدید با کمک نظریه پیچیدگی اقتصادی. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۴(۱): ۴۷-۷۳.
- زبیری، هدی و موتمنی، مانی (۱۳۹۹). سرمایه انسانی و پیچیدگی اقتصاد در ایران. *پژوهش های رشد و توسعه پایدار (پژوهش های اقتصادی)*، ۲۰(۳): ۱۶۶-۱۴۵.
- سپهردوست، حمید؛ ستاره ئی، مریم و داوری کیش، راضیه (۱۳۹۸). نقش دولت در پیچیدگی اقتصادی کشورهای در حال توسعه؛ آزمون نظریه رشد نامتوازن بامول. *مجله علمی پژوهشی اقتصاد مقداری*، ۱۷(۳): ۱۱۷-۱۴۳.
- سپهردوست، حمید؛ ستاره ئی، مریم و داوری کیش، راضیه (۱۳۹۹). تأثیر سیاست آزادی تجاری دولت بر پیچیدگی اقتصادی کشورهای در حال توسعه. *فصلنامه علمی نظریه های کاربردی اقتصاد*، ۷(۱): ۲۱۱-۲۳۸.
- شاه آبادی، ابوالفضل و ارغند، هانیه (۱۳۹۷). تأثیر پیچیدگی اقتصادی (ECI) بر رفاه اجتماعی در کشورهای منتخب در حال توسعه. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۲۳(۸۹): ۸۹-۱۲۲.

- شاهمرادی، بهروز و چینی فروشان، پیام (۱۳۹۶). سنجش دانش و مهارت با تکیه بر رویکرد پیچیدگی اقتصادی. *رهیافت*، ۲۷(۶۷): ۳۳-۴۸.
- عزیزی، زهرا (۱۳۹۸). بررسی نحوه اثرگذاری پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش صنعت. *فصلنامه برنامه ریزی و بودجه*، ۲۴(۱): ۳-۲۴.
- عزیزی، زهرا؛ دارایی، فاطمه و ناصری بروجنی، علیرضا (۱۳۹۹). تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر آلودگی محیط زیست. *سیاست گذاری پیشرفت اقتصادی*، ۷(۲).

- Adam, A.; Garas, A.; Katsaiti, M. S., & Lapatinas, A. (2021). Economic complexity and jobs: An empirical analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1859751>
- Breitenbach, M. C.; Chisadza, C., & Clance, M. (2019). The Economic Complexity Index (ECI) and economic shocks: Developed vs developing countries, University of Pretoria, *Working Paper*, 2021-25.
- Can, M., & Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions: Evidence from France. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(19): 16364-70.
- Canh, N. P.; Schinckus, C., & Thanh, S. D. (2020). The natural resources rents: Is economic complexity a solution for resource curse? *Resources Policy*, 69(20): 1-12.
- Chu, L. K. (2021). Economic structure and environmental Kuznets curve hypothesis: new evidence from economic complexity. *Applied Economics Letters*, 28(7), 612-616.
- CNUCED (2018). World investment report 2018: Investment and new industrial policies: UN.
- Dadgara, Y., & Nazari, R. (2017). The impact of good governance on environmental pollution in South West Asian countries. *Iranian Journal of Economic Studies*, 5(1): 49-63 .
- Damania, R.; Fredriksson, P. G., & List, J. A. (2003). Trade liberalization, corruption, and environmental policy formation: Theory and evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3): 490-512.
- Dkhili, H., & L. Ben Dhiab (2019). Management of environmental performance and impact of the carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>) on the economic growth in the GCC countries. *Marketing and Management of Innovations*, 4(19):252-268
- Doğan, B.; Saboori, B., & Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31): 31900-12.

- Erkan, B., & Yildirimci, E. (2015). Economic complexity and export competitiveness: The case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195: 524-533.
- Gill, F. L.; Gill, A. R.; Viswanathan, K. K., & Karim, M. Z. B. A. (2020). Analysis of pollution haven hypothesis (PHH) and environmental Kuznets curve (EKC) in selected Association of South-East Asian Nations (ASEAN) countries. *Review of Economics and Development Studies*, 6(1): 83-95.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research, 11(91):3-39.
- Handoyo, S. (2018). The role of public governance in environmental sustainability. *Jurnal Ilmiah Peuradeun*, 6(2): 161-178.
- Hartmann, D.; Guevara, M. R.; Jara-Figueroa, C.; Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93: 75-93.
- Hausmann, R.; Hidalgo, C. A.; Bustos, S.; Coscia, M.; Simoes, A., & Yildirim, M. A. (2014). *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*. MIT Press.
- Ilić, I.; B. Krstić & S. Jovanović (2017) Environmental performances of agriculture in the European Union countries. *Економика Пољопривреде*, 64.
- Islam, R. (2017). Factors Affecting Per Capita GDP in Bangladesh: An Econometric Analysis. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 10 (19): 66-70.
- Lapatinas, A.; Garas, A.; Boleti, E., & Kyriakou, A. (2019). Economic complexity and environmental performance: Evidence from a world sample, Munich Personal RePEc Archive, 18(19):1-46.
- Lisciandra, M., & Migliardo, C. (2017). An empirical study of the impact of corruption on environmental performance: Evidence from panel data. *Environmental and Resource Economics*, 68(2): 297-318.
- Lukáč, J.; Mihalčová, B.; Manová, E.; Kozel, R.; Vilamova, Š., & Čulková, K. (2020). The position of the visegrád countries by clustering methods based on indicator environmental performance index. *Ekológia (Bratislava)*, 39(1): 16-26.
- Mealy, P., & Teytelboym, A. (2020). Economic complexity and the green economy. *Research Policy*, 103948.
- Mohamed, S. E., & Sidiropoulos, M. G. (2010). Another look at the determinants of foreign direct investment in MENA countries: An empirical investigation. *Journal of Economic Development*, 35(2): 75-95.
- Mohammadi, H.; Mohammadi, M. & Tirgari-Seraji, M. (2018). Investigating factors affecting on per capita GDP growth in different groups of countries with emphasis on governance indicators. *Journal of Economic Modeling Research*, 8(30): 109-145.

- Neagu, O. (2020). Economic complexity and ecological footprint: Evidence from the most complex economies in the world. *Sustainability*, 12(21): 1-18.
- Neagu, O., & Teodoru, M. C. (2019). The relationship between economic complexity, energy consumption structure and greenhouse gas emission: Heterogeneous panel evidence from the EU countries. *Sustainability*, 11(2): 1-29.
- Oreiro, J. L., D'Agostini, L. L., & Gala, P. (2020). Deindustrialization, economic complexity and exchange rate overvaluation: the case of Brazil (1998-2017). *PSL Quarterly Review*, 73(295): 313-341.
- Pimonenko, T. V.; Liulov, O. V., & Chyhryn, O. Y. (2018). Environmental Performance Index: relation between social and economic welfare of the countries. *Environmental Economics*, 9(3): 1-11.
- Radman Peša, A., & Festić, M. (2014). Panel regression of stock market indices dynamics in South-Eastern European economies. *Economic Research Ekonomska Istraživanja*, 27(1): 673-688.
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 649: 128-145.
- Shahabadi, A.; Samari, H., & Nemati, M. (2017). The factors affecting environmental performance index (EPI) in selected OPEC countries. *Iranian Economic Review*, 21(3): 457-467.
- Shahbaz, M.; Sinha, A., & Kontoleon, A. (2020). Decomposing scale and technique effects of economic growth on energy consumption: Fresh evidence from developing economies. *International Journal of Finance & Economics* 31(20):1-31.
- Sharma, S. S. (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*, 88: 376-382.
- Stojkoski, V., & Kocarev, L. (2017). The relationship between growth and economic complexity: Evidence from Southeastern and Central Europe. *Munich Personal RePEc Archive*, 23(17): 1-25.
- Suki, N. M.; Sharif, A.; Afshan, S., & Suki, N. M. (2020). Revisiting the environmental Kuznets curve in Malaysia: The role of globalization in sustainable environment. *Journal of Cleaner Production*, 264 (20): 1-10.
- Swart, J., & Brinkmann, L. (2020). Economic complexity and the environment: Evidence from Brazil. Paper presented at the Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030.
- Telnes, C. M. (2017). Development of a Consumption-based Environmental Performance Index (Master's thesis, NTNU).
- Tomic, D. (2020). The Perspective of Green GDP in Growth Modelling. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*: 81-97.
- Ullah, S., Ozturk, I., Usman, A., Majeed, M. T., & Akhtar, P. (2020). On the asymmetric effects of premature deindustrialization on CO2 emissions:

- evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12): 13692-13702.
- Vu, T. V. (2019). Does institutional quality foster economic complexity?. Available at SSRN 3509939.
- Yilanci, V., & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(20): 32683-32694.
- Zhu, S., & Li, R. (2017). Economic complexity, human capital and economic growth: Empirical research based on cross-country panel data. *Applied Economics*, 49(38): 3815-28.