

بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران: شواهدی جدید مبتنی بر

تبدیل موجک پیوسته

*فیروز فلاحی^۱، محسن پورعباداللهان کویچ^۲، سید کمال صادقی^۳، توحید شکری^۴

۱. دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، ایران

۲. دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، ایران

۳. دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، ایران

۴. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز، ایران

(دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹)

Economic Growth and Environment Quality: New Evidence Using Continuous Wavelet

*Firouz Fallahi¹, Mohsen Pourebadollahan Covich², Seyed Kamal Sadeghi³, Tohid Shokri⁴

1. Associate Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Iran

2. Associate Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Iran

3. Associate Professor, Faculty of Economics and Management, University of Tabriz, Iran

4. Ph.D. Student in Economics, University of Tabriz, Iran

(Received: 6/Nov/2019

Accepted: 9/Mar/2020)

Original Article

مقاله پژوهشی

Abstract:

The relationship between the economic growth and the environment quality and degradation is one of the most debated topics among the economists and environmentalists. Economic growth usually requires more consumption of energy, which leads to more environment degradation. Substituting renewable energy sources for fossil fuels would prevent environment degradation; however, it will hinder the economic growth. Therefore, the relationship between the economic growth and environment could go in both directions and previous studies have shown different results. This study uses time-frequency analysis through wavelet transforms to examine this relationship in Iran using the data from the first quarter in 1991 to the last quarter in 2016. This approach allows identifying the change in the relationship between the variables over different time horizons. To that end, we calculate the coherence and energy of the wavelets over different time horizons using Matlab 2018a. The results show that in the short-run (less than a year) and mid-run (between one and four years), economic growth is the cause of environment and an increase in the economic growth would cause environment degradation. The results from the short and medium run show that this relationship was much stronger during the periods 2012-2015 and 2009-2010. However, in the long run, there is no causality between the two variables so environment regulations would not hinder the economic growth.

Keywords: Economic Growth, Environmental Quality, wavelet transforms.

JEL: C22, O44, Q56.

چکیده:

رابطه میان رشد اقتصادی و محیط زیست یکی از مباحث مهم دهه‌های اخیر در میان اقتصاددانان بوده است، چرا که از یک سو، رشد اقتصادی بیش تر با مصرف بیش تر انرژی موجبات تخریب محیط زیست را فراهم می‌آورد و از سوی دیگر استفاده از انرژی‌های پاک به جای مصرف سوخت‌های فسیلی، می‌تواند به مانعی برای رشد اقتصادی تبدیل شود. مطالعه حاضر به دنبال آن است تا با بکارگیری روش تجزیه موجک پیوسته و تحلیل در حوزه زمان - فرکانس، پویایی‌های رابطه علی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران را طی دوره زمانی ۱۳۹۵:۴-۱۳۷۰:۱ بررسی نماید. این روش امکان مشاهده نحوه ارتباط این دو متغیر در طی دوره‌های زمانی متفاوت را فراهم می‌سازد. برای این منظور، همدوسی موجک و انرژی هر مقیاس زمانی با استفاده از نرم‌افزار متلب 2018a محاسبه شده است. نتایج حاکی از آن است که در کوتاه‌مدت (کمتر از یک سال) و میان‌مدت (یک تا چهار سال) جریان علی هم‌جهت از رشد اقتصادی به کیفیت محیط زیست برقرار است. به طوری که افزایش در نرخ رشد اقتصادی منجر به افزایش انتشار آلاینده‌ها شده و به محیط زیست آسیب می‌رساند. تحلیل در حوزه زمان حاکی از آن است این رابطه در کوتاه‌مدت و میان‌مدت به ترتیب در بازه‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱ و ۱۳۸۹-۱۳۸۸ از شدت قابل توجهی برخوردار بوده است. از طرف دیگر، در بلندمدت، رابطه علی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست مشاهده نشد از این رو، انتظار می‌رود وضع محدودیت بر انتشار آلاینده‌ها به منظور ارتقای کیفیت محیط زیست صدمه‌ای به رشد اقتصادی وارد نکند.

واژه‌های کلیدی: رشد اقتصادی، کیفیت محیط زیست، تبدیل موجک

پیوسته.

طبقه‌بندی JEL: C22, O44, Q56.

۱- مقدمه

بررسی مباحث مربوط به رشد اقتصادی از دیرباز در کانون توجه مطالعات اقتصاد کلان قرار داشته است. محققین سعی کرده‌اند رابطه علت و معلولی میان رشد اقتصادی و متغیرهای مهم را تحلیل کنند. این مهم سبب شده است نظریات رشد به سایر شاخه‌های اقتصاد تسری پیدا کند. در این میان، صاحب‌نظران حوزه محیط زیست نیز حساسیت ویژه‌ای به این موضوع دارند. دست‌یابی به توسعه اقتصادی و محافظت از محیط زیست دو چالش عمده برای بشریت به شمار می‌روند. با این حال، محیط زیست در خط مقدم مسائل کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در دنیای معاصر تبدیل شده است. زیرا، انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته است که در نتیجه آن از کیفیت محیط زیست کاسته شده و نگرانی‌ها در رابطه با گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی شکل جدی به خود گرفته است (آی و اداجا^۱، ۲۰۱۷: ۲ انتشار آنلاین). برخلاف سایر منابع در اقتصاد مانند منابع مالی، کالاها و خدمات زیست محیطی و سیاست‌های مربوط به آن، بر نسل‌های آتی نیز اثرگذار است. تقویت محیط زیست از لحاظ کمی و کیفی از نشانه‌های صنعتی شدن و توسعه یافتگی و در نتیجه رشد اقتصادی به شمار می‌روند (کلایتون و همکاران^۲، ۲۰۱۶: ۳۷۵). از آنجایی که در نظریه‌های نئوکلاسیکی رشد، از انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید یاد می‌شود این بیم وجود دارد که در عمل ملاحظات زیست محیطی مورد توجه قرار نگیرد و استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و نتایج نامطلوب آن با مخاطرات غیرقابل جبرانی همراه باشد. بر این اساس، محققان، الگوهای اقتصادسنجی متفاوتی را برای تبیین رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست به کار بسته‌اند (تزرمس^۳، ۲۰۱۸: ۶۰۴۷-۶۰۴۶). با وجود این، اتفاق نظر و نتایج همگن در مطالعات نظری و تجربی در خصوص رابطه میان رشد اقتصادی با کیفیت محیط زیست به چشم نمی‌خورد. به عبارت دیگر، نتایج متناقض در رابطه با وجود جریان علیت یک طرفه از رشد اقتصادی به کیفیت محیط زیست قابل تصور است. یکی از مهم‌ترین علل این ابهام به روش‌شناسی تحقیقات پیشین و نقص در رهیافت‌های سنتی باز می‌گردد. روش‌های سنتی با دو

محدودیت اساسی به شرح زیر مواجه هستند: اولاً، امکان تغییر رابطه میان متغیرها و رصد پویایی‌های آن در طول زمان مقدور نیست با اینکه در عمل، رابطه میان متغیرها در طول زمان ثابت نبوده و با توجه به مقتضیات زمان، از لحاظ شدت و جریان علیت با تغییر مواجه است. ثانیاً، در روش‌های سنتی نمی‌توان رابطه میان متغیرها را در افق‌های گوناگون تحلیل کرد. حال آنکه رابطه میان متغیرها در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت لزوماً ثابت و یکسان نیست و ضمناً تعریف دقیقی از کوتاه‌مدت و میان‌مدت یا بلندمدت وجود ندارد. در این راستا، پژوهش حاضر از رهیافت نوین تبدیل موجک پیوسته^۴ استفاده می‌کند تا به کمک تحلیل در حوزه زمان - فرکانس^۵ با از میان برداشتن خلاء تحقیقاتی موجود، بیش جدیدی در خصوص رابطه رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست ارائه دهد. بر این اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران در حوزه زمان - فرکانس است. تحقیق حاضر مبتنی بر این فرضیه است که رابطه میان دو متغیر مذکور در افق‌های مختلف و در طی زمان متفاوت می‌باشد. برای تأمین هدف پژوهش و آزمون فرضیه تدوین شده، مقاله حاضر به پنج بخش تقسیم شده است:

در بخش دوم مبانی نظری ارائه شده است. مرور مطالعات پیشین، موضوع بخش سوم است. در بخش چهارم روش‌شناسی پژوهش مرور می‌شود. تحلیل نتایج بخش چهارم را تشکیل می‌دهد. در بخش پنجم و انتهایی ضمن جمع‌بندی، پیشنهادهای سیاستی ارائه می‌شوند.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

وابستگی به سوخت‌های فسیلی از چند منظور قابل ملاحظه است. اول اینکه علی‌رغم ثابت بودن مقدار ذخایر سوخت‌های فسیلی، مصرف آنها رو به افزایش است. دوم اینکه منابع سوخت‌های فسیلی عامل اساسی در تولید کالاها و خدمات نظام اقتصادی است و فعالیت‌های اقتصادی را تحت الشعاع قرار می‌دهند. بنابراین، فناوری تبدیل سوخت‌های فسیلی به اشکال گوناگون و مفید در اقتصاد بسیار مهم است. سوم آنکه افزایش روزافزون مصرف سوخت‌های فسیلی، مسائل و

1. Aye and Edoja
2. Clayton et al.
3. Tzeremes

4. Continuous wavelet transform
5. Time-frequency analysis

است (پیرس و وافورد^۲، ۱۹۹۴ ترجمه کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷: ۲۶۲).

در دهه ۱۹۹۰ میلادی در بسیاری از مفاهیم توسعه پایدار تحوّل و دگرگونی ایجاد شد. ایده این بود که چگونه بدون ایجاد خطر برای محیط زیست به رشد اقتصادی دست پیدا کرد. نظریه اکولوژیکی بیان می‌کند سریع‌ترین مسیر بهبود کیفیت محیط زیست، رشد اقتصادی است. بر این اساس، مطمئن‌ترین راه برای بهبود محیط زیست در بلندمدت، ثروتمند شدن، عنوان شد. به این علت که درآمدهای بالاتر تقاضا برای کالاها و خدماتی که مواد خام کم‌تری را به کار می‌برند، افزایش می‌دهد و هم‌زمان افزایش تقاضای معیارهای حمایت از محیط زیست صورت می‌گیرد (گالتوتی و همکاران^۳، ۲۰۰۶: ۱۵۴).

گراسمن و کروگر^۴ رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست را از زاویه جدیدی بررسی می‌کنند. تا قبل از این مطالعه، عموماً فرض بر این بود که رشد اقتصادی همواره موجب تشدید استفاده از منابع طبیعی و انتشار آلاینده‌ها می‌شود. این دیدگاه عمومی، زمانی تغییر یافت که بانک جهانی، توصیه‌های سیاستی حاصل از مطالعه گراسمن و کروگر را طی انتشار گزارشی تأیید کرد (گراسمن و کروگر، ۱۹۹۱: ۳۶). «این دیدگاه که فعالیت اقتصادی بیشتر، ناگزیر به محیط زیست لطمه می‌زند تنها با فرض ثابت بودن فناوری، سلیقه‌ها و سرمایه‌گذاری محیطی مورد تأیید است (گزارش توسعه جهانی^۵، ۱۹۹۲: ۱۰ و ۳). همین گزارش سبب گردید تا محققین با تغییر نگرش در مطالعات خود، به دنبال یافتن چگونگی بهبود کیفیت محیط زیست از طریق رشد اقتصادی گردند.

همچنین در مقابله با محدودیت‌های رشد، شافیک و بندوپادهای^۶ بیان کردند که تخریب محیط زیست در اثر فعالیت‌های اقتصادی بیشتر، بر پایه فرض ثابت فناوری، سلیقه‌ها و سرمایه‌گذاری زیست محیطی است. اما، با افزایش درآمد، تقاضای بهبود کیفیت محیط زیست افزایش خواهد یافت و منابع بیشتری برای سرمایه‌گذاری وجود خواهد داشت (شافیک و بندوپادهای، ۱۹۹۲: ۱۳-۱۲). این استدلال شواهدی را تعیین کرد که روند رشد و آثار زیست محیطی

مشکلات زیست محیطی و تغییر در تعادل اکوسیستم کره زمین را موجب شده است. با تأکید بر این امر و از طرف دیگر ایجاد پیمان‌های مشترک جهت حفظ محیط زیست، بحث وسیعی در مورد توسعه اقتصادی و کیفیت محیط زیست در دو دهه اخیر ایجاد شده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های اقتصاد جهانی در عصر جدید، مسئله حفظ محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن است. به طور کلی کشورهای مختلف در سرتاسر دنیا حق دارند که به نحوی مناسب از منابع خود استفاده نمایند. اما اثرات ناشی از این استفاده می‌تواند باران اسیدی، گازهای گلخانه‌ای، بیابان‌زایی، جنگل‌زدایی و ... باشد که در نهایت بر محیط زیست بین‌المللی که همه انسان‌ها در آن سهیم هستند، تأثیر بگذارد.

مدوز و همکاران^۱ در کتاب «محدودیت رشد» عنوان کردند که سطح بالاتر فعالیت اقتصادی (تولید و مصرف)، نهاده انرژی و مواد خام بیشتری نیاز دارد و محصولات جانبی بیشتری را به صورت ضایعات ایجاد می‌کند. بنابراین، سیاستی که طرفداران محیط زیست، طی این دهه بر آن تأکید داشتند این بود که جهت حفظ کیفیت محیط زیست، رشد اقتصادی و جمعیت باید محدود شود (مدوز و همکاران، ۱۹۷۲: ۴۵).

به منظور تجزیه و تحلیل رهیافت محدودیت‌های رشد، سرمایه‌های طبیعی در مدل‌های رشد اقتصادی به عنوان عامل دیگری در تولید فرض شد و گاهی نیز به عنوان منشأ رفاه، مد نظر قرار گرفت. این مدل‌های رشد نشان داد، پایداری که به صورت ثبات یا افزایش سطح رفاه سرانه تفسیر می‌شود، از طریق اعمال دخالت‌های مناسب با در نظر گرفتن نرخ تخریب و تخلیه دارایی‌های طبیعی، قابل دستیابی است. بنابراین، سیاست‌ها باید به گونه‌ای باشد که رشد اقتصادی را از تأثیر مخرب آن بر محیط زیست جدا نموده و آثار نامطلوب رشد را جبران کند.

طرفداران نظریه ضد رشد معتقد بودند رشد اقتصادی لزوماً به تخریب محیط زیست می‌انجامد، زیرا تزریق بیش‌تر مواد خام و انرژی به نظام اقتصادی، ایجاد ضایعات بیش‌تر را در بر دارد. آنها بر این باور بودند که هزینه‌های بالای زیست محیطی، رشد اقتصادی را محدود کرده و اشتغال را کاهش می‌دهد. اما، شواهد کشورهای مختلف نشان داد که هزینه‌های زیست محیطی، تولید ملی را به شدت تحت تأثیر قرار نداده

2. Pearce & Warford

3. Galeotti

4. Grossman and Kruger

5. World Development Report

6. Shafik & Bandyopadhyay

1. Meadows et al.

می‌شود که به خودی خود تخریب محیط زیست افزایش یابد. به این دلیل که محصول بیش‌تر، نیاز به نهاده بیش‌تر و در نتیجه استفاده بیش‌تر از منابع طبیعی را می‌طلبد. از طرفی محصول بیش‌تر دلالت بر افزایش تحلیل منابع و انتشار ضایعات و آلاینده‌های جدید را دارد. این اثر، اثر مقیاس نامیده می‌شود و بیانگر اثر منفی افزایش مقیاس فعالیت‌های اقتصادی بر روی محیط زیست است.

(ب) اثر ترکیب: رشد درآمد می‌تواند از طریق اثر ترکیب، تأثیر مثبت بر محیط زیست باقی گذارد. با افزایش درآمد و دگرگونی ساختار اقتصاد، سهم فعالیت‌های پاک در تولید ملی افزایش می‌یابد.

(ج) اثر تکنولوژی: رشد، هم‌گام با تغییرات تکنولوژیکی و افزایش سهم فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. لذا، تکنولوژی‌های جدید امکان جایگزینی بین صنایع و تولیدات آلاینده و منسوخ با انواع تمیز آن را فراهم می‌سازد. در نتیجه اثر مثبت روی کیفیت محیط زیست ایفا می‌کند (گراسمن و کروگر^۴، ۱۹۹۵: ۳۵۹).

۲-۲- پیشینه تحقیق

نظر به اهمیت رشد اقتصادی و کیفیت زیست محیطی، مطالعات متعددی پیوندهای میان این دو متغیر مهم را بررسی کرده‌اند. در ادامه به برخی از آنها پرداخته می‌شود.

۱-۲-۲- مطالعات خارجی

گراسمن و کروگر^۵، در مطالعه‌ای پیشگام، به بررسی فرضیه زیست محیطی کوزنتس در ۴۲ کشور منتخب پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد رابطه‌ای به صورت U معکوس میان درآمد سرانه و انتشار ذرات معلق در هوا و سایر آلوده‌کننده‌ها وجود دارد (گراسمن و کروگر، ۱۹۹۱: ۳۵).

چیو^۶، برای اولین بار در مطالعه رابطه میان درآمد سرانه و انتشار آلاینده‌ها از رهیافت رگرسیون انتقال ملایم در داده‌های پانلی^۷ استفاده کرده است. نتایج حاصل از برآورد طی دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۷۲ نشان می‌دهد فرضیه کوزنتس برای کشورهای توسعه یافته از صحت برخوردار بوده است. به

می‌تواند از یکدیگر جدا شوند. این دیدگاه ملایم‌تر، رشد سریع اقتصادی را همراه با سیاست زیست محیطی فعال در نظر می‌گیرد.

با شروع مباحث جدی در مورد رشد اقتصادی و محیط زیست، دو ایده جدی مطرح شد:

ایده اول اشاره به این دارد که به واسطه پایان‌پذیری و محدود بودن منابع زیست‌محیطی امکان رشد اقتصادی پیوسته میسر نخواهد بود و برای جلوگیری از یک فاجعه زیست محیطی و اکولوژیکی در آینده، نرخ رشد صفر مینا قرار داده شود. اعمال سیاست‌های زیست محیطی همچون اعمال مالیات سبز یا سهمیه‌بندی تولید کالاهایی که در فرایند تولید، محیط زیست را آلوده می‌کند می‌تواند موجب کاهش تولید و رشد اقتصادی کشورها شود. لوپز^۱ (۱۹۹۴: ۱۶۶) از جمله کسانی است که با وارد کردن آلودگی به عنوان یک نهاده تولید، اقدام به توسعه الگوی رشد با ملاحظاتی زیست محیطی نمود. همچنین گرینر^۲ (۲۰۱۱: ۵۴۱-۵۴۰) و مورتی و همکاران^۳ (۲۰۱۲: ۱۲۲-۱۲۱)، با استفاده از الگوهای رشد درون‌زا، الگوهای رشد با لحاظ مراقبت‌های زیست محیطی را توسعه دادند. در واقع، نحوه و شدت اثرگذاری سیاست‌گذاری‌های زیست محیطی بر مقادیر نرخ رشد متغیرهای کلیدی اقتصاد حائز اهمیت است.

در دیدگاه حدی دوم، بیان می‌شود که دستاوردها و پیشرفت فناوری امکان جایگزینی منابع محیط با سرمایه‌های دست ساز بشر را فراهم می‌سازد و امکان تداوم رشد، همواره وجود دارد.

اما مهم‌ترین مشکل برای بررسی صحت این ادعاها در مطالعات کمی، در نقصان یا عدم تولید آمار و اطلاعات و سری‌های زمانی شاخص‌های زیست محیطی است. مطالعات مبتنی بر آمارهای مقطعی تولید و جمع‌آوری شده در سال‌های گذشته، پشتوانه اصلی ارائه تئوری منحنی زیست محیطی کوزنتس است. گراسمن و کروگر در بیان مفهوم EKC به سه موضوع اصلی که در آن رشد درآمد، محیط زیست را متأثر می‌کند، اشاره می‌نماید:

الف) اثر مقیاس روی محیط زیست: فعالیت‌های جدید اقتصادی، خاصه فعالیت‌های بزرگ مقیاس منجر به این

4. Grossman & Krueger

5. Grossman & Krueger

6. Chiu

7. Panel Smooth Transition Regression (PSTR)

1. Lopez

2. Greiner

3. Murty et al

۲-۲-۲- مطالعات داخلی

بهبودی و سجودی، به بررسی اثرات متقابل رشد اقتصادی و محیط زیست با استفاده از الگوهای رشد و روش معادلات همزمان پرداخته‌اند. برای این منظور، از داده‌های دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶. روش حداقل مربعات معمولی استفاده کرده‌اند. نتایج نشان دهنده آن است که با وجود تأثیر مثبت محیط زیست بر رشد تولید ناخالص داخلی، آلودگی زیست محیطی در فرایند رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان دهنده بی‌معنی بودن تأثیر اعتبارت صرف شده برای حفاظت زیست محیطی بر افزایش کیفی محیط زیست می‌باشد (بهبودی و سجودی، ۱۳۸۹: ۱۵-۱۴).

جعفری صمیمی و احمدپور، به بررسی رابطه شاخص عملکرد محیط زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۶ پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داده است که در کشورهای توسعه یافته، رشد اقتصادی بر عملکرد محیط زیست تأثیر منفی دارد، به گونه‌ای که در بازه زمانی مورد بررسی، افزایش رشد اقتصادی در این کشورها، منجر به تخریب محیط زیست یا کاهش کیفیت محیط زیست می‌شود (جعفری صمیمی و احمدپور، ۱۳۹۰: ۶۸).
فلاحی و همکاران، با استفاده از اطلاعات سری زمانی سالانه‌ی اقتصاد ایران طی سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۶۰ و با بهره‌گیری از روش غیرخطی انتقال ملایم، مدل دو رژیم (وجود دو رابطه) بین متغیرها را مورد تأیید قرار دادند، اثر افزایش درآمد سرانه بر آلودگی محیط زیست همواره مثبت بوده ولی در سطوح پایین درآمدی (رژیم اول)، نرخ افزایش آلودگی نسبت به رژیم دوم که شامل سطوح بالای درآمدی است بیش‌تر است (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۰).

حسن شاهی و نیکویخت به بررسی رابطه علیت میان رشد اقتصادی و آلودگی هوا طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۵۶ پرداخته‌اند. برای این منظور، از آزمون علیت هشیائو^۶ استفاده کرده‌اند. نتایج نشان دهنده آن است که رابطه علیت میان دو متغیر دو طرفه است (حسن شاهی و نیکویخت، ۱۳۹۳: ۹۶).

ناهدی امیرخیز و همکاران، به بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی طی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۵ پرداخته‌اند. نتایج حاصل از برآورد مدل با تکنیک

گونه‌ای که درآمد سرانه نقش آستانه را ایفا کرده و قبل از رسیدن به سطح مشخصی، افزایش در این متغیر با تخریب محیط زیست همراه است (چیو، ۲۰۱۲: ۱۹۰).

استیو و تاماریت^۱ برای رفع محدودیت الگوهای سنتی از رهیافت رگرسیون انتقال ملایم برای بررسی صحت فرضیه کوزنتس در اسپانیا طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۸۵۷ استفاده کرده‌اند. محققان نشان می‌دهند این فرضیه به صورت غیرخطی برای کشور مذکور برقرار است و ضروری است از تصریح خطی اجتناب شود (استیو و تاماریت، ۲۰۱۲: ۲۱۵۵).

موتاسکو و همکاران^۲ در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های فصلی انتشار کربن و رشد اقتصادی کشور فرانسه برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۳ به بررسی فرضیه زیست محیطی کوزنتس با استفاده از تحلیل موجک پرداختند. نتایج حاکی از آن است که برای دوره‌های زمانی کوتاه مدت (کم‌تر از یک سال)، میان مدت (بین یک تا چهار سال) و بلندمدت (بیش‌تر از ۴ سال) فرضیه زیست محیطی کوزنتس برای کشور فرانسه تأیید می‌شود (موتاسکو و همکاران، ۲۰۱۶، ۱۷-۱۶).

بیلگلی و اولوجاک^۳ از تبدیل موجک پیوسته استفاده کرده‌اند تا منحنی کوزنتس را برای ایالات متحده آمریکا طی سال‌های ۲۰۱۸:۲-۱۹۸۰:۱ بررسی کنند. نتایج این تحقیق نشان داده است که با افزایش درآمد ناخالص داخلی انتشار دی اکسید کربن در ابتدای دوره زمانی شدید است و در انتهای آن کاهش می‌یابد. در نهایت، محققان فرضیه کوزنتس را برای ایالات متحده آمریکا تأیید کرده‌اند (بیلگلی و اولوجاک، ۲۰۱۸: ۳۵۴۱۲).

سیراج و همکاران^۴ در مطالعه خود فرضیه کوزنتس را به چالش کشیده‌اند. آنها با به کارگیری رویکرد آستانه‌ای^۵ در داده‌های پانلی به این نتیجه رسیده‌اند که فرضیه مذکور برای کشورهای در حال توسعه (با درآمد پایین و متوسط) صادق نیست. زیرا، در مقادیر بالاتر و پایین‌تر از آستانه تولید ناخالص داخلی سرانه اثر مثبت و معنی‌داری بر آلودگی دارد (سیراج و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۶۲).

1. Esteve & Tamaritb
2. Mutascu et al
3. Bilgili and Ulucak
4. Sirag et al.
5. Threshold

یکی از روش های متداول در اقتصاد برای بررسی رابطه علی و هم‌حرکتی میان متغیرها است. این روش، با محدودیت‌هایی مواجه است. آزمون علیت گرنجری نمی‌تواند رابطه میان دو متغیر را در افق‌های مختلف (حوزه فرکانس) مورد بررسی قرار دهد. محققان (به طور مثال سلا، ۲۰۰۸: ۵۴) استفاده از تبدیل فوریه^۲ و آزمون رابطه علی در حوزه فرکانس را به عنوان راهکاری برای رفع محدودیت ذکر شده مطرح کرده‌اند. این رویکرد نیز عاری از محدودیت نیست. در این خصوص، آگیر – کاناریا و همکاران^۳ (۲۰۰۸: ۲۸۶۳) بیان می‌کنند تبدیل فوریه برای متغیرهای اقتصادی کاربرد زیادی ندارد. زیرا تبدیل فوریه مستلزم پایا بودن سری‌های زمانی است و متغیرهای اقتصادی عمدتاً در سطح پایا نیستند. از آنجایی که تبدیل موجک گسسته قابلیت تشخیص فرکانس‌های موجود در داده‌ها را دارد و مبتنی بر پایا بودن سری‌های زمانی نیست (روئف و ساش^۴، ۲۰۱۱: ۸۱۹)، بر تبدیل فوریه برتری دارد.

تفاوت مهمی که تبدیل موجک با تبدیل فوریه دارد این است که موجک‌ها می‌توانند داده‌ها را به اجزایی با بسامد متفاوت به منظور تجزیه و تحلیل جداگانه تقسیم کنند. این تجزیه مقیاس، روش جدیدی را برای پردازش داده‌ها به وجود می‌آورد. در مقیاس‌های بالا، موجک، حمایت زمانی اندکی دارد که آن را قادر می‌سازد تا بر پدیده‌های کوتاه‌مدت تمرکز کند. در مقیاس‌های پایین، موجک قادر به تشریح پدیده‌های بلندمدت است (خوچیانی و نادمی، ۱۳۹۷: ۳۱۸).

علی‌رغم این مزیت‌ها، با به کارگیری تبدیل موجک گسسته و بررسی همبستگی و همبستگی متقاطع میان دو سری زمانی، نمی‌توان شدت علیت و تغییر جهت آن را در گستره زمان مشاهده کرد. به عبارت دیگر، تبدیل موجک گسسته و تحلیل در حوزه فرکانس، نمی‌تواند پویایی‌های رابطه علیت در طول زمان و مقاطع مختلف (حوزه زمان) را بررسی کند. برای از میان برداشتن این معضل و بررسی هم‌زمان رابطه میان متغیرها در افق‌های مختلف و در طول گستره زمانی (حوزه زمان – فرکانس)، تبدیل موجک پیوسته و ابزارهای آن در ادبیات اقتصاد رواج پیدا کرده است. از این‌رو، در پژوهش حاضر به منظور بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت

پانل دیتا نشان داده است که فرضیه U معکوس کوزنتس در کشورهای مورد مطالعه صادق است. زیرا ضریب مربوط به متغیر رشد تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به ترتیب علامت مثبت و منفی هستند (ناهدی امیرخیز و همکاران، ۱۳۹۷: ۲ انتشار آنلاین)

در جمع‌بندی مطالعات مرتبط با اقتصاد ایران چند نکته حائز اهمیت است:

۱) محققان برای نشان دادن کیفیت محیط زیست عمدتاً از یک آلاینده یا چند آلاینده به صورت مجزا استفاده کرده‌اند. در پژوهش حاضر از یک شاخص ترکیبی برای کیفیت محیط زیست استفاده خواهد شد. از آنجایی که شاخص مذکور از ترکیب پنج آلاینده ساخته شده است، اطلاعات بیش‌تری در خصوص کیفیت محیط زیست در بر دارد.

۲) همان‌طور که مشاهده شد، نتایج مطالعات قبلی در این زمینه یکدست نبوده و همگن نیستند. به طوری که جریان علیت بسته به روش اقتصادسنجی و دوره زمانی متفاوت است. برای این منظور، برخی از محققان از رویکردهای غیرخطی بهره‌جسته‌اند تا تحلیل جدیدی ارائه دهند. یکی از چالش‌های مهم در این رابطه انتخاب متغیر انتقال است. بسته به اینکه متغیر انتقال رشد اقتصادی، مصرف انرژی یا انتشار آلاینده‌ها باشد، نتایج متفاوت خواهند بود. علاوه بر این، مشکل درون‌زایی در این الگوها نیز مطرح است.

۳) در مطالعات مربوط به اقتصاد ایران، رابطه علیت در افق‌های مختلف (حوزه فرکانس) بررسی نشده است. علاوه بر این، امکان تغییر روابط علیت و معلولی در طول زمان (حوزه زمان) نادیده گرفته شده است.

با توجه به آنچه ذکر شد، پژوهش حاضر از یک شاخص ترکیبی به عنوان نماینده کیفیت محیط زیست استفاده می‌کند. علاوه بر این، با به کارگیری ابزار تبدیل موجک پیوسته تحلیل به طور هم‌زمان در حوزه زمان – فرکانس انجام می‌شود و پویایی‌های موجود بین روابط آشکار خواهد شد.

۳- روش شناسی

وجه تمایز پژوهش حاضر با مطالعات مربوط به اقتصاد ایران، بررسی تغییرات رابطه میان کیفیت محیط زیست و رشد اقتصادی در طول زمان و در افق‌های مختلف (کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت) است. استفاده از آزمون علیت گرنجری

1. Sella
2. Fourier
3. Aguiar-Conraria et al.
4. Roueff and Sachs

می‌شود (گرینستد و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۴: ۵۶۳). تورنس و کامپو (۱۹۹۸)، بر اساس شبیه‌سازی مونت کارلو^{۱۱} از طریق محاسبه نوفه سفید^{۱۲} و نوفه براونی^{۱۳} (یا قرمز) توان موجک، نشان دادند تابع احتمال توزیع توان موجک از طریق رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$D\left(\frac{|W_n^x(s)|^2}{\sigma_x^2} < p\right) \Rightarrow \frac{1}{2} P_f \chi_v^2 \quad (۳)$$

که در آن n و s به ترتیب زمان و مقیاس توان موجک و χ_v^2 و σ_x^2 به ترتیب نشان دهنده تابع توزیع توان موجک و واریانس سری زمانی می‌باشند. احتمال معناداری توان موجک به صورت بزرگ بودن توان محاسباتی از p جدول مورد آزمون واقع می‌شود (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴: ۹۱).

۱-۳- همبستگی موجک^{۱۴} و اختلاف فاز^{۱۵}

همبستگی موجک دو سری زمانی $x = \{x_n\}$ و $y = \{y_n\}$ توسط ضرایب همبستگی محلی آن دو در فضای زمان-فرکانس تعریف می‌شود. همبستگی موجک به صورت مربع مقدار طیف موجک متقاطع تعریف می‌شود که توسط طیف توان موجک هموار شده^{۱۶} برای هر یک از سری‌های زمانی، نرمال شده است:

$$R^2(u, s) = \frac{|S(s^{-1}W_{xy}(u, s))|^2}{S(s^{-1}|W_x(u, s)|^2)S(s^{-1}|W_y(u, s)|^2)} \quad (۴)$$

که در آن S عمل‌گر هموارساز^{۱۷} در هر دو مؤلفه زمان و فرکانس است و به صورت ترکیبی از دو هموارساز زمان و هموارساز فرکانس به دست می‌آید (تورنس و وبستر^{۱۸}، ۱۹۹۸: ۱۹۸۹). به علت اینکه در صورت عدم هموارسازی، همبستگی موجک در تمام فرکانس‌ها برابر با واحد خواهد بود، از هموارسازی استفاده می‌شود. با هموارسازی توسط عمل‌گر S ، همبستگی موجک مربع^{۱۹}، بین صفر (عدم همبستگی) و یک

محیط زیست در افق‌های مختلف زمانی و به طور هم‌زمان در گستره زمان و آگاهی از تغییرات آن از لحاظ شدت و جریان علیت از تبدیل موجک پیوسته و ابزارهای آن استفاده شده است. در ادامه، ویژگی‌های این رهیافت مرور شده است. برای سری زمانی $x(t)$ تبدیل موجک پیوسته برای موجک Ψ توسط رابطه (۱) معرفی می‌شود:

$$W_{s, \tau} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt$$

که در آن $*$ بر استفاده از مزدوج مختلط^۱ دلالت دارد. s پارامتر اتساع^۲ (اندازه مقیاس تابع) است که طول موجک را کنترل و نحوه کشیدگی آن را تعریف می‌کند. τ پارامتر انتقال است و موقعیت موجک را نشان می‌دهد (کارایانی^۳، ۲۰۱۲: ۵۴۸). به پیروی از اگیر - کانراریا و همکاران^۴ (۲۰۰۸: ۲۸۷۰) در تحقیق حاضر از موجک مارلت^۵ استفاده شده است. فرم خلاصه شده این موجک توسط رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\Psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} (e^{i\omega_0\eta} e^{-(1/2)\eta^2}) \omega_0$$

در رابطه فوق بعد فرکانس و زمان به ترتیب توسط ω_0 و η نشان داده شده است. موجک مارلت با ω_0 معادله ۶ گزینه‌ای مناسب برای استخراج ویژگی‌های سری زمانی است زیرا توازن مناسبی بین زمان و فرکانس محلی‌سازی برقرار می‌کند (شهباز و همکاران^۶، ۲۰۱۵: ۶۹۵). در تحقیقاتی که از تبدیل موجک پیوسته استفاده شده است، رابطه میان متغیرها با دو ابزار طیف توان (انرژی) موجک^۷ و همبستگی موجکی (همدوسی)^۸ تحلیل می‌شود.

در نظریه موجک، توان موجک سری زمانی $x(t)$ توسط $|W_n^x|^2$ تعریف شده و امکان اندازه‌گیری واریانس محلی^۹ و گستره نوسانات سری زمانی را فراهم می‌کند. معناداری آماری توان موجک با فرضیه صفر پایایی سری زمانی (پیروی آن از یک فرایند AR(0) یا AR(1) با توان طیفی p_f آزمون

10. Grinsted et al

11. Monte Carlo Simulation

12. White Noise

13. Brownian Noise

14. Wavelet Coherence

15. Phase Difference

16. Smoothed Cross-Wavelet Spectra

17. Smoothing Operator

18. Torrence and Webster

19. Squared Wavelet Coherency

1. Complex Conjugation

2. Dilatation Parameter

3. Caraiani

4. Aguiar-Conraria et al.

5. Morlet

6. Shahbaz et al.

7. Wavelet Power Spectrum

8. Wavelet Coherency

9. local variance

(همبستگی کامل)، $0 \leq R^2(u, s) \leq 1$ ، در فضای زمان فرکانس خواهد بود. به این ترتیب، همبستگی موجب امکان تحلیل سه بعدی^۲ را فراهم می‌کند که به طور هم‌زمان شدت همبستگی و ترکیب زمان و فرکانس را توضیح می‌دهد (لاهِ، ۲۰۱۳: ۴). بنابراین ابزاری قدرتمند و مفید برای تحلیل رابطه پویا بین سری‌های زمانی به شمار رفته و هدف پژوهش حاضر را به خوبی تأمین می‌کند.

از آنجایی که همبستگی موجب مربع، بین صفر و یک قرار دارد، نمی‌توان همبستگی منفی و مثبت را تشخیص داد. برای رفع این معضل، ابزار اختلاف (یا زاویه) فاز به کار می‌آیند. اختلاف فاز بین دو سری زمانی، $\phi_{x,y}$ ، رابطه فازی بین آنها را بیان کرده و اطلاعات مفیدی در رابطه با ترتیب وقوع نوسان در سری‌های زمانی به صورت مرحله به مرحله فراهم می‌کند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴: ۹۲). این مقدار برای دو سری زمانی x و y عبارت است از:

(۵)

$$\phi_{x,y} = \tan^{-1} \left(\frac{T\{W_n^{xy}\}}{R\{W_n^{xy}\}} \right), \text{ with } \phi_{x,y} \in [-\pi, \pi]$$

که در آن T و R به ترتیب بخش موهومی و حقیقی مبدل متقاطع موجب هموار شده هستند (احسانی و طاهری بازخانه، ۱۳۹۷: ۲۶۴). در رابطه بالا اختلاف عددی توان موجب در T و R را به واسطه یک تبدیل معکوس، به زاویه فاز همبستگی تبدیل کرده است. مقادیر به دست آمده از رابطه فوق، به صورت پیکان (دارای جهت) در فضای همبستگی موجب بدست می‌آیند که از طریق زاویه این پیکان‌ها می‌توان تقدّم وقوع نوسان در سری‌های زمانی را نشان داد که از آن به عنوان رابطه علیّت یاد می‌شود (آگویر و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۸۶۸). به طور کلی اگر زاویه فاز (جهت پیکان‌ها) $\phi_{x,y} = 0$ باشد، دو سری زمانی مورد بررسی به صورت هماهنگ نوسان می‌کنند؛ اگر زاویه فاز $\phi_{x,y} \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ باشد، نوسان دو سری زمانی، همسو و تقدّم وقوع نوسان با y است؛ اگر زاویه فاز $\phi_{x,y} \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$ باشد، نوسان دو سری زمانی، غیرهمسو و تقدّم وقوع نوسان با x است؛ اگر زاویه فاز $\phi_{x,y} \in \left(-\frac{\pi}{2}, 0\right)$ باشد، نوسان دو سری زمانی، همسو و تقدّم وقوع نوسان با x است؛ اگر زاویه فاز $\phi_{x,y} \in \left(-\pi, -\frac{\pi}{2}\right)$ باشد، نوسان دو سری زمانی، غیرهمسو و تقدّم وقوع نوسان با y است.^۴ (اگیر - کانراریا و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۸۷۲).

۴- داده‌ها و نتایج مدل

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در پژوهش حاضر از یک شاخص ترکیبی برای نشان داده کیفیت محیط زیست استفاده شده است. نخست، نحوه محاسبه این شاخص ارائه می‌شود. سپس، رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست بررسی خواهد شد.

۴-۱- تدوین شاخص کیفیت محیط زیست

شاخص کیفیت محیط زیست در این مطالعه یک شاخص ترکیبی متشکل از آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد SO_2 ، اکسیدهای نیتروژن NOX ، مونوکسید کربن CO ، دی‌اکسید کربن CO_2 و ذرات معلق SPM است. نحوه وزن دهی به پنج آلاینده فوق به کمک روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۵ صورت گرفته است. منبع داده‌های مربوط به آلاینده‌ها، ترازنامه انرژی است. نخست، داده‌های سالانه برای دوره ۱۳۹۵-۱۳۷۰ استخراج شدند. سپس، با به کارگیری روش دنتون^۶ به تواتر فصلی تبدیل شده‌اند. در ادامه، به پیروی از مرکز تحقیقاتی

۴. این مقادیر توسط فلش‌های زاویه‌دار در نتایج تحقیق ارائه می‌شوند.

۵. Principal Component Analysis: در این روش، متغیرهای موجود در یک فضای چند حالته همبسته به یک مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی هستند. اساس این روش مبتنی بر استفاده از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی می‌باشد (شویکلو، ۱۳۹۷: ۳۶۳-۳۶۲).

۶. Denton: در این روش متغیر X درون‌یابی شده با مرتبط کردن متغیر شاخص Z به متغیر با تواتر کم Y تولید می‌شود. این کار با کمینه کردن تابع پیشنهادی دنتون (۱۹۷۱) انجام می‌گیرد:

$$F = \sum_{t=1}^T \left(\frac{x(t)}{z(t)} - \frac{x(t-1)}{z(t-1)} \right)^2$$

تبدیل به صورت حل یک مسئله بهینه‌یابی مقید با قید $\sum_{t=b_k}^{e_k} x(t) = y$ می‌تواند انجام گیرد. که در آن k دوره متغیر تواتر کم، bk و ek ابتدا و انتهای هر دوره هستند. هدف اصلی روش دنتون تولید داده‌های با تواتر بیش‌تر است که تا حد امکان از نرخ رشد متغیر شاخص تبعیت می‌کند (درگاهی، ۱۳۹۵: ۹۰).

۱. لازم به ذکر است با توجه به اینکه تابع توزیع احتمال برای همبستگی موجب مربع تعریف نشده است، برای تعیین فاصله اطمینان و معناداری آماری از روش مونت کارلو استفاده می‌شود.

2. Three-Dimensional

3. Loh

محیط زیست با استفاده از متغیرهای فوق‌الذکر مبادرت ورزید. در مرحله بعدی باید تعداد مؤلفه‌های اصلی برای استفاده در مراحل بعدی مطالعه تعیین شود. روش‌های متعددی برای این منظور وجود دارد که استفاده از مقادیر ویژه یکی از متداول‌ترین آنها هست. بر اساس این روش عواملی که دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از ۱ هستند باید استفاده شود که در مطالعه حاضر فقط عامل اول دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از ۱ می‌باشد. جدول (۳) حاکی از آن است که مؤلفه اول ۸۰ درصد پراکندگی مجموعه داده‌ها را توضیح می‌دهد. بر این اساس، از مؤلفه اول برای وزن‌دهی استفاده شد.

با استفاده از اطلاعات به دست آمده و به پیروی از مرکز تحقیقاتی مشترک - کمیسیون اروپا (۲۰۰۸: ۳۰) وزن‌های نرمال شده محاسبه شده‌اند. برای محاسبه وزن‌ها، نخست مقادیر مجذور مؤلفه‌ی اول متغیرها با یکدیگر جمع شده‌اند. سپس، مقدار مجذور مؤلفه‌ی اول برای هر متغیر بر این مجموع تقسیم شده است. این روش تضمین می‌کند مجموع وزن‌ها برابر واحد باشد. رابطه (۷)، ترکیب خطی متغیرهای نرمال شده را برای ساخت شاخص کیفیت محیط زیست نشان می‌دهد.

(۷)

$$EQ_t = 0.2 CO_t + 0.24 CO_{2t} + 0.24 NOX_t + 0.12 SO_{2t} + 0.19 SPM_t$$

مانند مقادیر نرمال شده آلاینده‌ها، این شاخص بین صفر و یک قرار دارد. هر چه شاخص تدوین شده به عدد یک نزدیک‌تر باشد انتشار آلاینده‌ها بیش‌تر می‌شود. به عبارت دیگر، با افزایش مقدار شاخص تدوین شده آلودگی افزایش یافته و کیفیت محیط زیست رو به وخامت می‌گذارد. محاسبات مربوط به تدوین شاخص با استفاده از نرم‌افزار Eviews 10 انجام شده است.

نمودار (۱) نرخ رشد شاخص تدوین شده برای رشد اقتصادی و نرخ رشد شاخص تدوین شده را نشان می‌دهد. نرخ رشد اقتصادی، طی سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۷۲ بیش‌ترین نوسان را تجربه کرده است. اثرات ناشی از جنگ تحمیلی به عنوان مهم‌ترین علت این نوسان مطرح است. در ابتدای دهه ۱۳۸۰ تا اواخر آن از بی‌ثباتی نرخ رشد اقتصادی کاسته شده است. تحریم‌های بین‌المللی باعث شده است نرخ رشد اقتصادی با کاهش در روند مواجه باشد. نرخ رشد شاخص تدوین شده برای کیفیت محیط زیست در قیاس با نرخ رشد اقتصادی بی‌ثباتی

مشترک - کمیسیون اروپا (۲۰۰۸: ۳۰) قبل از تجمیع و محاسبه وزن‌ها، در اولین گام آلاینده‌ها نرمال سازی شده‌اند. برای این منظور، از رابطه (۶) استفاده شده است:

$$Z_{it} = \frac{X_{it} - \text{Min}(X_t)}{\text{Max}(X_t) - \text{Min}(X_t)}$$

در رابطه فوق، X_{it} آلاینده نام در زمان t ، $\text{Min}(X_t)$ و $\text{Max}(X_t)$ به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار آلاینده مذکور هستند. با به کارگیری رابطه (۶)، مقدار نرمال شده آلاینده (Z_{it}) عددی بین صفر و یک خواهد بود. هر چه مقدار نرمال شده به یک نزدیک‌تر باشد، انتشار آلاینده بیش‌تر است. بررسی وجود همبستگی میان متغیرها، نخستین مرحله برای استفاده از رهیافت مؤلفه‌های اصلی است. این مهم، به کمک آزمون ماتریس همبستگی و بارتلت بین متغیرها حاصل می‌شود.

جدول ۱. ماتریس همبستگی بین متغیرهای به کار رفته در تدوین

شاخص کیفیت محیط زیست

	CO	CO2	NOX	SO2	SPM
CO	۱/۰۰				
CO2	-۰/۹۲	۱/۰۰			
NOX	-۰/۸۹	-۰/۹۸	۱/۰۰		
SO2	-۰/۳۹	-۰/۶۱	-۰/۶۷	۱/۰۰	
SPM	-۰/۷۴	-۰/۸۲	-۰/۸۲	-۰/۵۲	۱/۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول فوق نشان می‌دهد آلاینده‌های در نظر گرفته شده همبستگی بالایی با یکدیگر دارند. جدول (۲) نتایج آزمون بارتلت را نشان می‌دهد. در این آزمون، فرضیه H_0 نبود همبستگی میان داده‌ها است.

جدول ۲. نتایج آزمون بارتلت^۲

شاخص ایجاد شده	درجه‌ی آزادی	ارزش	سطح احتمال
شاخص کیفیت محیط زیست	۵	۳۷/۵۳	۰/۰۰

مأخذ: محاسبات تحقیق

مطابق با جدول فوق، فرضیه صفر رد می‌شود. با توجه به همبستگی بالا میان متغیرها و همچنین نتیجه آزمون بارتلت، ارتباطی قوی بین متغیرها وجود دارد و می‌توان به کمک رهیافت تحلیل مؤلفه‌های اصلی به تدوین شاخص کیفیت

1. Joint Research Centre-European Commission

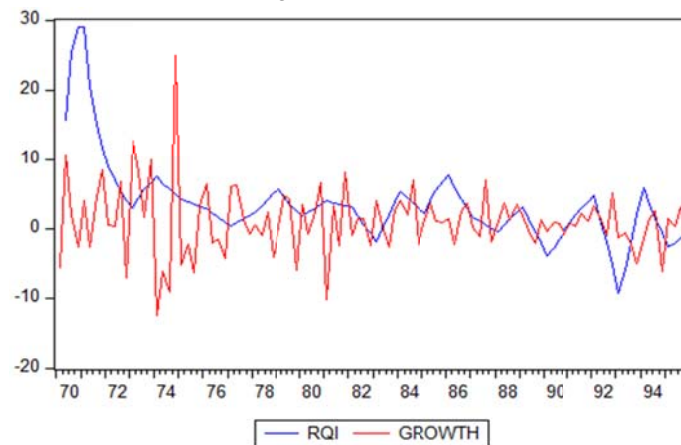
2. Bartlett's Test

کم‌تری دارد. از ابتدای دهه ۱۳۷۰، شاخص مذکور با کاهش در روند مواجه بوده است.

جدول ۳. تحلیل مؤلفه اصلی برای ساخت شاخص کیفیت محیط زیست^۱

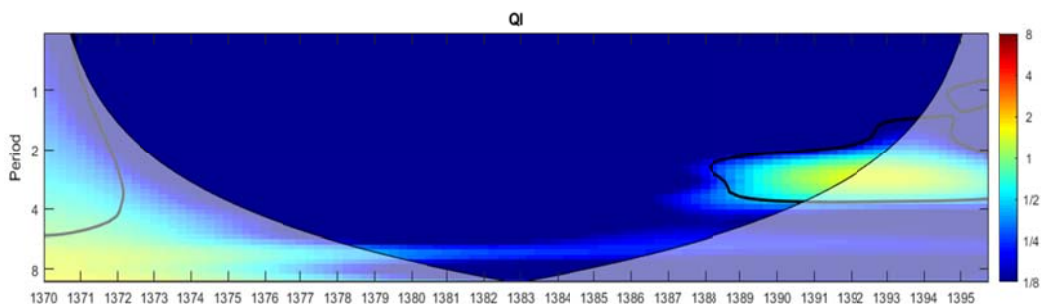
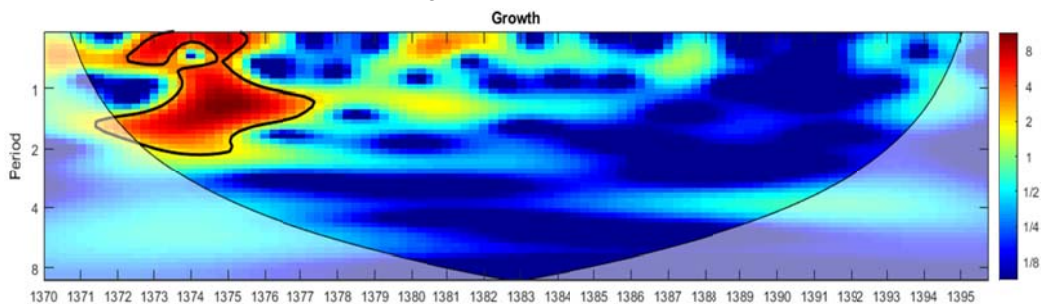
مقادیر ویژه	درصد واریانس تجمعی	درصد واریانس توضیح داده شده	SPM	SO2	NOX	CO2	CO	متغیر
۴	۰/۸	۰/۸	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۴۹	-۰/۴۵	مؤلفه اول
-۰/۶۵	۰/۹۳	۰/۱۳	-۰/۱۳	۰/۸۹	-۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۴۳	مؤلفه دوم
-۰/۲۸	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۸۹	-۰/۰۹	-۰/۱۹	-۰/۲۱	-۰/۳۶	مؤلفه سوم
-۰/۰۵	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۱	۰/۲۹	-۰/۵۲	-۰/۴۱	-۰/۶۸	مؤلفه چهارم
-۰/۰۲	۱	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۴	-۰/۶۷	۰/۷۳	-۰/۰۹	مؤلفه پنجم

مأخذ: محاسبات تحقیق



نمودار ۱. نرخ رشد شاخص تدوین شده و نرخ رشد اقتصادی

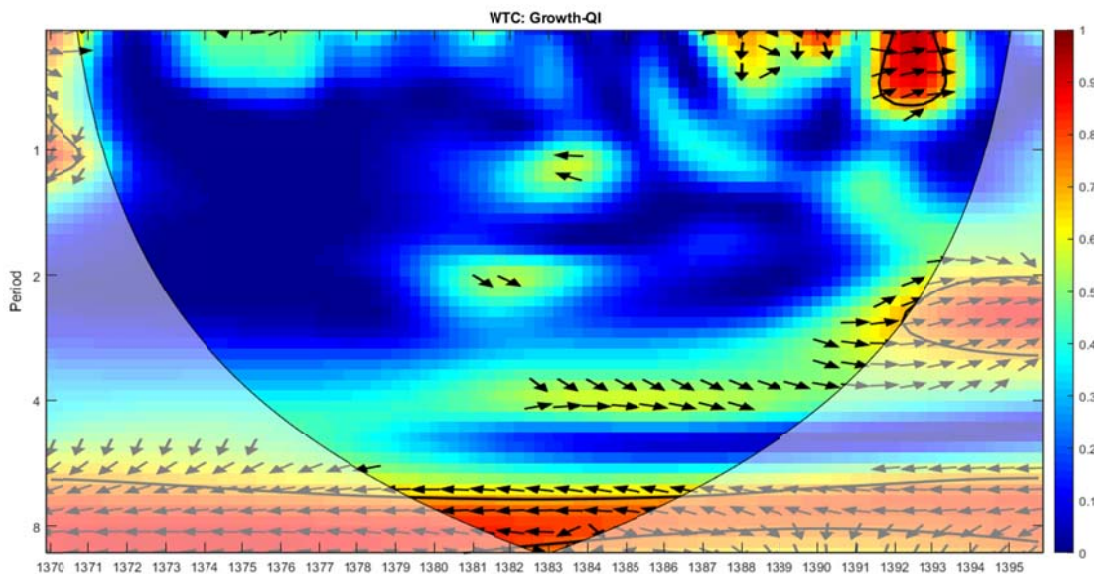
مأخذ: محاسبات تحقیق



۱ اعداد تا دو رقم اعشار گرد شده‌اند.

شکل ۱. طیف توان (انرژی) موجک برای رشد اقتصادی و شاخص کیفیت محیط زیست

مأخذ: محاسبات تحقیق



شکل ۲. فضای همبستگی موجکی و اختلاف فاز میان رشد اقتصادی و شاخص کیفیت محیط زیست

مأخذ: محاسبات تحقیق

تفسیر کوتاه‌مدت، مقیاس ۰ تا ۱ سال^۲، برای تفسیر میان‌مدت، مقیاس ۱ تا ۴ سال (۴ تا ۱۶ فصل) و برای تفسیر بلندمدت، مقیاس بیش‌تر از ۸ سال (۳۲ فصل) در نظر گرفته می‌شوند. همان‌طور که محور عمودی سمت راست نشان می‌دهد، رنگ قرمز (توان) نوسانات شدید و رنگ آبی نوسانات اندک سری‌های زمانی را نشان می‌دهند که در شکل‌های (۱) و (۲) در هر موقعیت زمانی و در هر مقیاس امکان اندازه‌گیری آن فراهم شده است. در تبدیل سری زمانی به دلیل نوسان لحظه‌ای موجک مقادیر تصادفی جایگزین مقادیر واقعی حاصل شده از تبدیل می‌شوند. این مسئله باعث بروز خطای اریب در تبدیل شده و به اثر لبه^۳ معروف است که با افزایش مقیاس تبدیل سری افزایش می‌یابد. به نواحی از طیف که در آن اثر لبه به اوج می‌رسد، کانون اثر^۴ گفته می‌شود. نتایج به دست آمده از تحلیل زمان-مقیاس مبدل موجک در نواحی لبه، غیرقابل اعتماد بوده و باید در تفسیر نتایج آن دقت شود (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۰). برای جلوگیری از بروز خطای مذکور فضای همبستگی موجک ارائه شده در شکل‌های (۱) تا (۳) با

۲-۴- نتایج تبدیل موجک پیوسته

به منظور بررسی رابطه میان رشد اقتصادی^۱ و کیفیت محیط زیست، از نرخ رشد شاخص تدوین شده در قسمت قبل استفاده شد. برای این منظور، ضریب همبستگی موجکی برای بررسی هم‌حرکتی بین متغیرها استفاده شده است. علاوه بر این، توان (انرژی) متغیرها نوسانات آنها را در دامنه زمان - فرکانس تحلیل می‌کند.

شکل‌های (۱) و (۲) طیف توان موجک را برای رشد اقتصادی و رشد شاخص کیفیت محیط زیست به نمایش گذاشته‌اند. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، طیف توان موجک اطلاعات مفیدی در رابطه با واریانس محلی متغیرها و در نتیجه نوسانات آنها در گستره زمانی فراهم می‌کند. در این شکل‌ها، محور افقی زمان، محور عمودی سمت راست مقیاس زمانی (بر حسب فصل) و محور عمودی سمت چپ توان موجک (بیان‌کننده نوسانات) را نشان می‌دهند. با افزایش مقیاس زمانی، تحلیل در دوره بلندمدت صورت گرفته و در مقابل با کاهش آن، نوسانات دوره کوتاه‌مدت را مورد بررسی قرار می‌دهد. برای

۲. هر سال برابر با ۴ فصل در نظر گرفته شده است.

3. Edge Effect

4. Cone of Influence

۱. پس از تعدیل فصلی و قیمت پایه سال ۱۳۸۳. منبع داده‌های تولید ناخالص داخلی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران است.

متغیر پیشرو و جریان علیت از رشد اقتصادی به کیفیت محیط زیست بوده است. جهت پیکان‌های زاویه‌دار نشان می‌دهد رابطه میان دو متغیر هم فاز و هم جهت بوده است. این رابطه، طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۱ اتفاق افتاده است. به گونه‌ای ضریب همبستگی نزدیک به ۰/۹ است. بنابراین، می‌توان گفت در کوتاه‌مدت افزایش (کاهش) رشد اقتصادی منجر به انتشار بیش‌تر (کم‌تر) آلاینده‌های زیست محیطی می‌شود. در میان‌مدت (یک تا چهار سال معادل ۴ تا ۱۶ فصل) تنها در خلال سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۸۸ رابطه دو متغیر در محدوده قابل تفسیر و معنی‌دار قرار دارد. در این بازه، جهت رابطه علی از رشد اقتصادی به محیط زیست است. به طوری که افزایش در رشد اقتصادی افزایش شاخص کیفیت محیط زیست را به دنبال داشته است. به عبارت دیگر، رشد اقتصادی در افق میان‌مدت مانند کوتاه‌مدت منجر به انتشار بیش‌تر آلاینده‌ها و صدمه دیدن کیفیت محیط زیست در ایران می‌شود. با این تفاوت که در میان‌مدت از شدت رابطه علی کاسته شده است و ضریب همبستگی مقدار تقریبی ۰/۶۵ را به خود گرفته است. با توجه به زاویه پیکان‌ها^۴، در بلندمدت (۴ تا ۸ سال) رابطه علیت و معلولی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در ایران مطرح نیست.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست یکی از دغدغه‌های اقتصاددانان و فعالان زیست‌محیطی است. از این‌رو، مطالعات متعددی موضوع مذکور را هدف خود قرار داده‌اند. از آن‌جایی که نتایج گزارش شده در خصوص جریان و شدت علیت در مطالعات پیشین با استفاده از روش‌های سنتی متناقض است و همین مسئله باعث می‌شود تا استفاده از روش‌های جدید برای کمک به درک بهتر روابط را دوچندان کند.

پژوهش حاضر با استفاده از تبدیل موجک پیوسته کوشید شواهد جدیدی در خصوص رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست ارائه کند. برای نیل به این هدف، نخست یک

خط مشکی نازک مرزبندی شده است و مناطق خارج از آن تحلیل نمی‌شوند. علاوه بر این، تنها ضرایبی در داخل سهمی مذکور قابل تفسیر هستند که با خطوط مشکی پررنگ احاطه شده باشند. این خطوط که با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو به دست آمده‌اند، معنی‌داری ضرایب را آزمون کرده‌اند.

بر اساس آنچه مطرح شد، شکل (۱) نشان می‌دهد نوسانات رشد اقتصادی در افق‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت شدید بوده است (افق‌های کم‌تر از یک سال و بین یک تا دو سال). در بلندمدت، انرژی موجک اندک است. با تحلیل در حوزه زمان مشخص می‌شود این نوسانات در بین سال‌های ۱۳۷۷:۱-۱۳۷۱:۱ رخ داده است. این مهم را می‌توان به سیاست‌های تعدیل و اصلاحات ساختاری پس از جنگ تحمیلی نسبت داد. رشد شاخص کیفیت محیط زیست تنها در میان‌مدت (سال‌های ۱۳۹۴:۰۱-۱۳۸۸:۰۱) نوسانات شدید دارد. در کوتاه‌مدت، توان موجک اندک است و در بلندمدت توان محاسبه شده در منطقه معنی‌دار قرار نگرفته است. تحلیل در حوزه زمان نشان می‌دهد توان موجک به طور گسترده طی سال‌های ۱۳۹۴:۱-۱۳۸۸:۱ وضعیت کیفیت محیط زیست در ایران نوسانی بوده است.

طیف توان موجک ابزار مناسبی برای تحلیل گستره سری‌های زمانی و رفتار نوسانی آنها به شمار می‌رود اما اطلاعاتی درباره هم‌حرکتی و رابطه علی ارائه نمی‌دهد. در ادامه با استفاده از ابزار همبستگی موجک و اختلاف فاز پویایی‌های رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست تحلیل می‌شوند. در شکل (۲)، محورها تقسیم‌بندی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مانند شکل (۱) می‌باشد با این تفاوت که محور عمودی سمت چپ ضریب هم‌بستگی موجک را نشان می‌دهند. رنگ قرمز (آبی) حداکثر (حداقل) ضریب هم‌بستگی، یعنی یک (صفر)، را بیان می‌کند. در صورتی که جهت پیکان به سمت چپ (راست) باشد، دو متغیر هم‌فاز (خلاف فاز) هستند. یعنی دو متغیر رابطه مستقیم (معکوس) دارند. اگر جهت پیکان به سمت شمال شرق یا جنوب شرق (شمال غرب یا جنوب غرب) باشد، متغیر اول (دوم) علت یا پیشرو^۱ و متغیر دوم (اول) پیرو^۲ است.^۳ شکل (۲) نشان می‌دهد در کوتاه‌مدت (کم‌تر از یک سال)

1. Leading

2. Lagging

۳. در پژوهش حاضر متغیر اول رشد اقتصادی و متغیر دوم رشد وضعیت کیفیت محیط زیست هستند.

۴. در صورتی که پیکان‌های حالت عمودی یا افقی داشته باشند، اختلاف فاز صفر خواهد بود و رابطه علی میان متغیرها وجود ندارد که به مفهوم کواریانس مثبت یا منفی است.

تبدیل موجک و تحلیل در افق‌های مختلف مهم‌ترین دلیل این تفاوت هستند.

نتایج نشان می‌دهند که نحوه ارتباط این دو متغیر در دوره‌های زمانی مختلف یکسان نبوده و دخالت و کنترل دولت در دوره‌های زمانی متفاوت نیز نباید یکسان باشد. بدین صورت که در بلند مدت نیازی به دخالت دولت برای کنترل انتشار آلاینده‌ها، همزمان با رشد اقتصادی، وجود ندارد. منتها در کوتاه‌مدت و میان‌مدت ضرورت دارد تا سیاست‌گذاران با استفاده از آیین نامه‌ها و اقدامات کنترلی تلاش کنند تا همزمان با رشد اقتصادی جلوی انتشار بی‌رویه انواع آلاینده‌های مورد بررسی در این مقاله را کنترل کنند تا جلوی کاهش کیفیت محیط زیست گرفته شود. بدین منظور نیاز هست در دوره زمانی کوتاه‌مدت و میان‌مدت ابزارهای تنبیهی و تشویقی استفاده شوند تا علی‌رغم داشتن رشد اقتصادی مثبت، انتشار آلاینده‌ها کنترل شود. به عنوان مثال، با توجه به اینکه استفاده از انرژی‌های نو و نیز تکنولوژی‌های مدرن منجر به آلودگی کمتری می‌شوند لذا باید دولت با استفاده از ایجاد مشوق‌هایی همانند کمک نقدی یا معافیت مالیاتی بخش تولید را نسبت به استفاده از این موارد تشویق کند.

سیاسگزاری

این مقاله، تحت حمایت مالی "صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" نگاشته شده است.

شاخص ترکیبی با استفاده از پنج آلاینده SO₂، NO_x، مونوکسیدکربن CO، CO₂ و SPM و به کارگیری رهیافت تحلیل مؤلفه‌های اصلی تدوین شد. سپس، با استفاده از فضای همبستگی موجکی، ارتباط میان رشد اقتصادی و رشد شاخص تدوین شده (به عنوان سنجش‌ای از کیفیت محیط زیست) تحلیل شد. نتایج نشان داد در کوتاه‌مدت (کم‌تر از یک سال) و میان‌مدت (یک تا چهار سال)، جریان علیت از رشد اقتصادی به کیفیت محیط زیست برقرار است. به طوری که افزایش (کاهش) نرخ رشد اقتصادی افزایش (کاهش) بیش‌تر آلاینده‌ها را در پی داشته و کیفیت محیط زیست را مخدوش می‌کند (بهبود می‌بخشد). این رابطه در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۴ و ۱۳۸۹-۱۳۸۸ شدت قابل توجهی داشته است. در بلندمدت (۴ تا ۸ سال)، تحلیل فضای همبستگی موجکی حاکی از آن بود رابطه علت و معلولی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست وجود ندارد. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت در کوتاه‌مدت و میان‌مدت افزایش رشد اقتصادی با تشدید استفاده از منابع طبیعی و انتشار آلاینده‌ها همراه بوده است. از این‌رو، اثر مقیاس روی محیط زیست ایران در افق‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت مورد تأیید قرار می‌گیرد. نتیجه به دست آمده برای کوتاه‌مدت و میان‌مدت با مطالعه ناهیدی امیرخیز و همکاران (۱۳۹۷: ۲ انتشار آنلاین) هم‌راستا است. بر خلاف مطالعه حسن شاهی و نیکوبخت (۱۳۹۳: ۹۶)، نتایج نشان داد رابطه علیت دوطرفه میان متغیرها وجود ندارد. به کارگیری

منابع

- احسانی، محمدعلی و طاهری بازخانه، صالح (۱۳۹۷). "کشف پویایی‌های رابطه علی بین نقدینگی و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن با تورم". *مجله تحقیقات اقتصادی*، دوره ۵۳، شماره ۲، ۲۷۸-۲۵۳.
- بهبودی، داوود و سجودی، سکینه (۱۳۸۹). "محیط زیست و رشد اقتصادی پایدار: مطالعه موردی ایران". *مدلسازی اقتصادی*، دوره ۴، شماره ۲، ۱۸-۱.
- پیرس، دیوید و وارفورد، جرمی فی (۱۳۷۷). "دنایای بیکران: اقتصاد، محیط زیست و توسعه پایدار". مترجمان: عوض کوچکی، علی کلاهی‌اھری، سیاوش دهقانیان. مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
- جعفری صمیمی، احمد و احمدپور، سیدمحمی الدین (۱۳۹۰). "بررسی رابطه شاخص عملکرد محیط زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته". *پژوهشنامه اقتصاد انرژی*، دوره ۱، شماره ۱، ۷۲-۵۵.
- حسن شاهی، مرتضی و نیکوبخت، زهرا (۱۳۹۳). "رابطه علیت بین رشد اقتصادی و آلودگی هوا". *مجله اقتصاد منابع طبیعی*، دوره ۳، شماره ۱، ۸۷-۱۰۰.
- خوچیانی، رامین و نادمی، یونس (۱۳۹۷). "بازنگری در رابطه شکاف تولید و تورم برای اقتصاد ایران با استفاده از رویکرد تبدیل موجک". *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی*، دوره ۱۸، شماره ۶۹، ۳۳۴-۳۰۷.

"بررسی پویایی رابطه علیت بین قیمت مصرف‌کننده و قیمت تولیدکننده در ایران: کاربرد تبدیل موجک پیوسته". پژوهش‌های اقتصادی ایران، دوره ۲۰، شماره ۶۲، ۱۰۷-۸۱.

ناهیدی امیرخیز، محمدرضا؛ رحیمزاده، فرزاد و شکوهی‌فرد، سیامک (۱۳۹۷). "بررسی رابطه رشد اقتصادی، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مطالعه موردی: کشورهای منتخب سازمان همکاری اسلامی". فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، انتشار آنلاین از تاریخ ۲۸ مرداد ۱۳۹۷.

Aguiar-Conraria, L., Azevedo, N. & Soares, M. J. (2008). "Using Wavelets to Decompose the Time-Frequency Effects of Monetary Policy". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387, 2863-2878.

Aye, G. C. & Edoja, P. E. (2017). "Effect of Economic Growth on CO2 Emission in Developing Countries: Evidence from a Dynamic Panel Threshold Model". *Cogent Economics & Finance*, 5(1), 1379239, published Online: 24 Sep 2017.

Bilgili, F. & Ulucak, R. (2018). "Is there Deterministic, Stochastic, and/or Club Convergence in ecological Footprint Indicator Among G20 Countries?". *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35404-35419.

Caraiani, P. (2012). "Money and Output: New Evidence Based on Wavelet Coherence". *Economics Letters*, 116(3), 547-550.

Chiu, Y. B. (2012). "Deforestation and the Environmental Kuznets Curve in Developing Countries: A Panel Smooth Transition Regression Approach". *Canadian Journal of*

درگاهی، حسن (۱۳۹۵). "طراحی مدل کلان سنجی برای آینده‌نگری اقتصاد کلان". مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت برنامه‌ریزی: طرح پژوهشی.

شویک‌لو، امیررضا (۱۳۹۷). "آنالیز و تفسیر داده‌های حسی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)". علوم و صنایع غذایی، دوره ۱۵، شماره ۸۰، ۳۶۱-۳۷۷.

فلاحی، فیروز، اصغری‌پور، حسین، بهبودی، داوود و پورنظمی، سیمین (۱۳۹۱). "آزمون منحنی زیست محیطی کوزنتس در ایران با استفاده از روش LSTR". *مطالعات اقتصاد انرژی*، دوره ۹، شماره ۳۲، ۹۳-۷۳.

فلاحی، فیروز؛ اصغری‌پور، حسین و عبدالله زاده، سجاد (۱۳۹۴).

Agricultural Economics/Revue Canadienne D'agroeconomie, 60(2), 177-194.

Clayton, S., Kals, E. & Feygina, I. (2016). "Justice and Environmental Sustainability". In *Handbook of Social Justice Theory and Research* 369-386, Springer, New York, NY.

Esteve, V. & Tamarit, C. (2012). "Threshold Cointegration and Nonlinear Adjustment Between CO2 and Income: the Environmental Kuznets Curve in Spain, 1857-2007". *Energy Economics*, 34(6), 2148-2156.

Galeotti, M., Lanza, A. & Pauli, F. (2006). "Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO2 Emissions: A Robustness Exercise". *Ecological Economics*, 57(1), 152-163.

Greiner, A. (2011). "Environmental Pollution, the Public Sector and Economic Growth: A Comparison of Different Senarios". *Optimal Control Applications and Methods*, 32(5), 527-544.

Grinsted, A., Moore, J. C. & Jevrejeva, S. (2004). "Application of the Cross

- Wavelet Transform and Wavelet Coherence to Geophysical Time Series”. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11(5), 561-566.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). “Environmental Impacts of a North American free Trade Agreement”. *National Bureau of Economic Research* No.3914, 1-57.
- Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1995). “Economic Growth and the Environments”. *Quarterly journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- <http://documents.worldbank.org/curated/en/995041468323374213/World-development-report-1992development-and-the-environment>.
- Joint Research Centre-European Commission. (2008). “Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide”. *OECD publishing*, 1-162. <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>
- Loh, L. (2013). “Co-movement of Asia-Pacific with European and US Stock Market Returns: a Cross-Time-Frequency Analysis”. *Research in International Business and Finance*, 29(3), 1-13.
- Lopez, R. (1994). “The Environmental as a Factor of Production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalization”. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 163-184.
- Meadows, Donella H., Meadows, Dennis L., Randers, Jorgen., Behrens III, & William, W. (1972). “The Limits of Growth”. *Potomac Associates- Universe Books*, 1-205.
- Murty, S., Russell, R. R. & Levkoff, S. B. (2012). “On Modeling Pollution-Generation Technologies”. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(1), 117-135.
- Mutascu, M., Pereau, J. C. & Ursu, E. (2016). “A Wavelet Analysis of the Environmental Kuznets Curve in France. Cahiers Du Gretha”. *Working Paper*, 2016-(10), 1-27.
- Roueff, F. & Sachs, R. (2011). “Locally Stationary Long Memory Estimation”. *Stochastic Processes and their Applications*, 121(4), 813-844.
- Sella, L. (2008). “Old and New Spectral Techniques for Economic Time Series”. *U. of Torino Department of Economics Research Paper*, 9, 1-63.
- Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). “Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence”. *Policy Research Working Paper Series*.
- Shahbaz, M., Tiwari, A. K. & Tahir, M. I. (2015). “Analyzing Time-Frequency Relationship Between Oil Price and Exchange Rate in Pakistan Through Wavelets”. *Journal of Applied Statistics*, 42(4), 690-704.
- Sirag, A., Matemilola, B. T., Law, S. H. & Bany-Arifin, A. N. (2018). “Does Environmental Kuznets Curve Hypothesis Exist? Evidence from Dynamic Panel Threshold”. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 7(2), 145-165.
- Torrence, C. & Webster P. J. (1998). “The Annual Cycle of Persistence in the El Niño-Southern Oscillation”. *Quarterly Journal of the Royal*

- Meteorological Society*, 124, 1985–2004.
- Tzeremes, P. (2018). “Time-Varying Causality Between Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth: Evidence from US States”. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 6044-6060
- World Development Report (1992). “Development and Environment”. 1-324.