فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفدهم / شماره ۷۰/ پاییز ۱۴۰۰/ صفحات ۲۴۸-۲۲۳

بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در اقتصاد ایران با استفاده از تبدیل موجک پیوسته[1]

فیروز فلاحی[2]
دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، ffallahi@tabrizu.ac.ir

محسن پورعبادالهان کویچ
دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز، Mohsen_p54@hotmail.com

سیدکمال صادقی
دانشیار دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تبریز،Sadeghiseyedkamal@gmail.com

توحید شکری
دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز، Shokritohid@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی با استفاده از روش تبدیل موجک می‌باشد. این روش، این امکان را فراهم می‌آورد تا با ترکیب تحلیل کلاسیکی سری زمانی و تحلیل دامنه فرکانسی، بتوان تحلیل زمان- فرکانس دو سری زمانی را در کنار هم مورد بررسی قرار داد. این پژوهش با استفاده از تبدیل موجک پیوسته سعی کرده است نقص روش‌های سنتی اقتصادسنجی را مرتفع ساخته و بینش جدیدی در خصوص رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۹۵:۴-۱۳۷۰:۱ ایجاد کند. نتایج نشان‌دهنده آن است که مصرف انرژی تنها در افق کوتاه‌مدت و در ابتدای دهه‌ی ۱۳۷۰ محرک رشد اقتصادی بوده و در بلندمدت، رابطه معنی‌داری میان دو متغیر وجود ندارد. از این‌رو، پیگیری سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و صیانت از منابع طبیعی در بلندمدت صدمه‌ای به رشد تولید ناخالص داخلی وارد نمی‌کند.

طبقه‌بندی JEL: Q43، O13، C32

کلیدواژه‌ها: رشد اقتصادی، مصرف انرژی، تبدیل موجک

---

۱. این این مقاله، مستخرج از رساله دکتری توحید شکری با عنوان " رابطه پویای رشد اقتصادی با مصرف انرژی و کیفیت محیط زیست در ایران: شواهدی بر پایه تحلیل موجک" می‌باشد.

۲. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

۱- مقدمه

ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی از جمله مباحث بسیار مهم در اقتصاد بوده و نحوه ارتباط بین این دو متغیر دارای پیامدهای سیاستی بسیار مهمی در جامعه می‌باشد. با توجه به اینکه ایران به‌عنوان یک کشور رو به رشد و برخوردار از منابع انرژی غنی و گسترده، یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می‌شود، برنامه‌ریزی برای میزان تولید و مصرف انرژی، اهمیت فراوانی دارد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

آگاهی از رابطه بین این دو متغیر در طراحی سیاست‌های حوزه انرژی اهمیت بسیار زیادی دارد. به‌طوری‌که جهت علّیت در رابطه مذکور اهمیت فراوانی برای سیاست‌گذاران دارد. به‌طور مثال، درصورتی‌که رشد اقتصادی معلول مصرف انرژی باشد، پیاده‌سازی سیاست‌های حفاظت از انرژی با هدف کاهش مصرف آن، اثری منفی بر رشد اقتصادی خواهد گذاشت (آپارجیس و پین[1]، ۲۰۰۹). از طرف دیگر در کشوری که رشد اقتصادی موجب افزایش مصرف انرژی می‌شود، سیاست‌های مربوط به کاهش از مصرف انرژی تأثیر کمی بر رشد اقتصادی آن کشور خواهد داشت (ازتورک و همکاران[2]، ۲۰۱۰).

اگر چه همانند تمام اقتصادها در اقتصاد ایران هم انرژی به‌عنوان یکی از نهاده‌های تولیدی مهم مطرح می‌باشد، ولی باید توجه داشت که به دلیل بهره‌مندی صنایع کشور از انرژی ارزان قیمت (به‌واسطه اختصاص یارانه‌های انرژی) و لزوم اصلاح الگوی مصرف انرژی بررسی نحوه ارتباط مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران حائز اهمیت بیشتری می‌باشد.

اگرچه رابطه علّی میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است، اما اجماع نظری در این خصوص وجود نداشته و مطالعات تجربی، بسته به روش مورد استفاده و حتی دوره زمانی موردبررسی، به نتایج متفاوتی رسیده‌اند (بلکی و همکاران[3]، ۲۰۱۱). همچنین باید در نظر داشت که رابطه میان دو متغیر در

1. Apergis & Payne
2. Ozturk et al
3. Belke et al.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

افق‌های مختلف زمانی می‌تواند متغیر باشد و در نتیجه نوع سیاست‌گذاری را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طور مثال، ممکن است جریان علّیت در کوتاه‌مدت نسبت به بلندمدت متفاوت باشد بنابراین، ضروری است سیاست‌های متفاوتی در دوره‌های زمانی مختلف به کار گرفته شود. به‌علاوه، ضروری است در طول زمان، تغییرات رابطه علّی در حیطه سیاست‌گذاری لحاظ شود. با توجه به آن‌چه ذکر شد، رصد هم‌زمان رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در گستره زمان و افق‌های گوناگون، بینش متفاوتی در اختیار سیاست‌گذار قرار خواهد داد.

از آن جایی که روش‌های سنتی اقتصادسنجی همچون آزمون علّیت گرنجری به دلیل اینکه یک معیار لحظه‌ای برای شناسایی رابطه علیّت بین دو متغیّر می‌باشند، نمی‌توانند رابطه میان دو متغیر را در افق‌های مختلف (حوزه فرکانس) مورد بررسی قرار دهند، لذا در پژوهش حاضر با استفاده از تبدیل موجک پیوسته[1] و با تحلیل در حوزه زمان – فرکانس[2] به دنبال پاسخ به این پرسش هستیم که رابطه علّیت میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۱۳۷۰:۱-۱۳۹۵:۴ در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به چه صورت می‌باشد؟

در ادامه و در بخش دوم، مبانی نظری انواع رابطه‌ی میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی تشریح می‌شود. مرور مطالعات مرتبط با موضوع در بخش سوم انجام شده و بخش چهارم به روش‌شناسی تحقیق اختصاص دارد. نتایج تحقیق در بخش پنجم بررسی می‌شود و در نهایت، جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی ارائه می‌گردد.

۲- مبانی نظری

از منظر اقتصاد کلان، در خصوص ارتباط بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی دو رویکرد کلّی وجود دارد. ۱) الگوهای رشد نئوکلاسیک، انرژی را به‌عنوان نهاده واسطه‌ای در نظر می‌گیرند (سانی[3]، ۲۰۱۰). طرفداران این رویکرد معتقدند که حتی در صورت محدود بودن منابع، امکان تداوم رشد اقتصادی وجود دارد. این باور بر تغییرپذیر بودن

1. Continuous Wavelet Transform
2. Time–Frequency analysis
3. Tsani

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

تکنولوژی تولید و جانشینی سایر نهاده‌های فیزیکی به‌جای انرژی استوار است. بر این اساس، انرژی یکی از نهاده‌های غیرضروری در فرآیند تولید در نظر گرفته می‌شود. ۲) در دیدگاه اقتصادی- اکولوژیکی، مصرف انرژی یکی از عوامل محدودکننده جدّی برای رشد اقتصادی قلمداد می‌شود. اقتصاددانان این‌رویکرد معتقدند تغییرات در تکنولوژی و سایر نهاده‌های تولید، قادر به جایگزینی انرژی نیستند. افزون بر این، انرژی در فرایند تولید، مهم‌ترین عامل انگاشته می‌شود به‌گونه‌ای که نیروی کار و سرمایه، بدون انرژی قادر به ایفای نقش خود نیستند (لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

در ادبیات اقتصاد، چهار فرضیه در خصوص رابطه علّت و معلولی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی به شرح زیر مطرح می‌گردد (بلکی و همکاران، ۲۰۱۱؛ اصلان و همکاران[1]، ۲۰۱۳ و لطفعلی پور و همکاران، ۱۳۹۵):

۱) فرضیه رشد انرژی محور[2]: این فرضیه جهت علّیت را از مصرف انرژی به رشد اقتصادی می‌داند. بر این اساس، رشد اقتصادی در کشورهای وابسته به مصرف انرژی، با کاهش مصرف آن صدمه می‌بیند.

۲) فرضیه صیانت[3]: طبق این فرضیه، رابطه علّی از رشد اقتصادی به مصرف انرژی است. بر این اساس، سیاست‌هایی که مبتنی بر حفاظت از منابع انرژی هستند اثری منفی بر رشد اقتصادی ندارند.

۳) فرضیه خنثایی: در این فرضیه هیچ‌گونه جریان علّت و معلولی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی وجود ندارد. در این فرضیه استدلال می‌شود هزینه‌های انرژی قابل اغماض بوده و نمی‌تواند بر رشد اقتصادی اثرگذار باشد. همچنین، تأثیرگذاری انرژی بر رشد اقتصادی به ساختار اقتصاد، سطح رشد اقتصادی و فرآیند توسعه اقتصادی بستگی دارد، به‌گونه‌ای که در این فرآیند، تولید به سمت بخش‌های خدماتی سوق پیدا کرده و وابستگی به مصرف انرژی از درجه اهمیّت کم‌تری برخوردار خواهد شد.

1. Aslan et al.
2. Energy –Led Growth
3. Conservation Hypothesis

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

۴) فرضیه بازخورد: این ایده، بر جریان علّی دو سویه میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی تأکید دارد؛ به عبارت دیگر، مصرف انرژی و رشد اقتصادی به یکدیگر وابستگی داشته و مکمّل یکدیگر هستند.

۳- پیشینه پژوهش

مطالعات خارجی

بررسی رابطه علّی میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در چین موضوع مطالعه ها و همکاران[1] (۲۰۱۸) بوده است. محققان، داده‌های متغیرها را با استفاده از تبدیل موجک تا ۵ سطح تجزیه کرده و سپس، از آزمون علّیت تودا – یاماموتو[2] استفاده نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت مصرف انرژی، علّت گرنجری رشد اقتصادی است اما در میان‌مدت این رابطه برعکس می‌شود. در بلندمدت، رابطه علّی دو سویه میان متغیرها وجود دارد. این موارد در حالی است که بدون تجزیه سری‌های زمانی، رابطه علّی میان متغیرها مشاهده نشده است.

سلطان و الخطیب[3] (۲۰۱۹) به بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در هند طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۷۱ پرداخته‌اند. نتایج نشان داده است در کوتاه‌مدت رابطه علیّت گرنجری از مصرف انرژی به رشد اقتصادی است. در بلندمدت، رابطه علّی دو طرفه میان دو متغیر وجود دارد.

خوچیانی و نادمی[4] (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن و رشد اقتصادی در سه کشور ایالات متحده، چین و هند با استفاده از داده‌های سال‌های ۲۰۱۳-۱۹۷۱ و با روش تحلیل موجک پرداختند. نتایج تجربی حاصل از این تحقیق نشانگر وجود یک رابطه مستقیم معنادار از رشد اقتصادی به مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در تمامی افق‌های زمانی مورد مطالعه برای ایالات متحده است. همچنین وجود یک رابطه مستقیم معنادار از رشد اقتصادی به مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن در کوتاه‌مدت برای کشور چین نیز تأیید می‌شود.

1. Ha et al.
2. Toda-Yamamoto
3. Sultan & Alkhateeb
4. Khochiani and Nademi

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

در مورد کشور هند، بین رشد اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن رابطه مستقیمی وجود دارد؛ اما بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی رابطه معناداری وجود نداشت.

سالدیویا[1] و همکاران (۲۰۲۰)، با ترکیبی از تکنیک داده‌های پانلی و تحلیل موجک به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و GDP برای ۵۰ ایالت آمریکا بین سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۶۳ پرداختند. نتایج آزمون علیّت برای کوتاه‌مدت بیانگر وجود علیّت از مصرف انرژی به GDP می‌باشد. درحالی‌که در میان‌مدت و بلندمدت علیّت دوطرفه بین این دو متغیّر برای اکثر ایالت‌ها وجود دارد.

آدِبایو[2] (۲۰۲۱)، در مقاله‌ای با استفاده از داده‌های اقتصادی کشور ژاپن طی سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۷۰ و با به‌کارگیری تحلیل موجک به بررسی نحوه ارتباط بین مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن، جهانی‌شدن با رشد اقتصادی پرداخت. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد که هیچ ارتباط معناداری با آزادسازی تجاری و رشد اقتصادی وجود ندارد؛ اما رابطه علیّت یک‌طرفه‌ای از انتشار دی‌اکسید کربن و مصرف انرژی به رشد اقتصادی وجود دارد.

ماگازینو و همکاران[3] (۲۰۲۱)، به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی برای کشور ایتالیا با استفاده از روش تحلیل موجک برای دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۲۶ پرداختند. نتایج این مطالعه که رابطه علیّت برای افق‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت را مورد بررسی قرار داده، نشان‌دهنده آن است که علیّت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در مقیاس‌های پایین‌تر رابطه علیّت دوطرفه برقرار است و فرضیه بازخورد تأیید می‌شود. درحالی‌که برای مقیاس‌های بالاتر، رابطه علیّت معناداری مشاهده نمی‌شود.

مطالعات داخلی

بررسی تأثیر استانه‌ای مصرف انرژی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک حاشیه خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۹۵ موضوع مطالعه اصغری و زنوزی (۱۳۹۶) بوده

1. Saldivia
2. Adebayo
3. Magazzino et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

است. آنها یک مدل دو رژیمی با اندازه استانه‌ای ۲۸/۲۱۳۷۴ کیلو تن معادل نفت‌خام را برای مصرف انرژی کشورهای تحت بررسی، پیشنهاد کرده‌اند. اثر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی در کشورهای عضو اوپک حاشیه خلیج‌فارس در هر دو رژیم مثبت است؛ اما شدت این تأثیر در حدود پایین‌تر از حد استانه‌ای، بیش‌تر و در مقادیر بالاتر از حد آستانه‌ای نسبتاً کمتر است.

اعظمی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله‌ای ارتباط میان مصرف گاز طبیعی و رشد اقتصادی را در ۱۱ کشور صادرکننده گاز طبیعی در فاصله زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۲ با استفاده از مدل تولید چندگانه بررسی می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد رشد اقتصادی، مصرف گاز طبیعی، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و درجه باز بودن تجاری با در نظر گرفتن شکست ساختاری هم انباشته هستند. نتایج آزمون مشترک (کوتاه‌مدت و بلندمدت) علیت گرنجری Panel VECM در گروه کشورهای صادرکننده گاز طبیعی بیان‌کننده علیت یک‌طرفه از مصرف به رشد اقتصادی می‌باشد که تأییدکننده فرضیه رشد می‌باشد.

تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران (صنعت و معدن، خدمات و کشاورزی) موضوع مطالعه مرتضوی و همکاران (۱۳۹۸) بوده است. برای این منظور از داده‌های ترکیبی طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۵ استفاده کرده‌اند. برآورد بلندمدت مدل بیان می‌کند که ارتباط معنی‌دار و مثبت میان سرمایه و تولید ناخالص داخلی با مصرف انرژی و یک ارتباط غیر معنی‌دار متغیر نیروی کار با مصرف انرژی وجود دارد. همچنین، وجود رابطه کوتاه‌مدت بین تمامی متغیرهای مدل تأیید شده است. از دیگر نتایج تحقیق این است که کشش مصرف انرژی در زیر بخش‌های اقتصادی نسبت به نیروی کار، سرمایه و GDP در بخش‌های کشاورزی، صنعت و معدن و خدمات مثبت و معنی‌دار است.

مهدی‌زاده راینی و همکاران (۱۳۹۹)، در مطالعه‌ای به بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در چارچوب الگوی غیرخطی خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده (NARDL) با استفاده از داده‌های فصلی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۰ پرداختند. نتایج نشان داد که شوک مثبت طولانی‌مدت در مصرف انرژی تأثیری مثبت بر رشد اقتصادی بخش کشاورزی دارد و شوک منفی نیز تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد اقتصادی بخش

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

کشاورزی دارد. همچنین نتایج آزمون علیت نامتقارن بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی بخش کشاورزی حاکی از وجود یک رابطه علیت متقارن از مصرف انرژی به رشد اقتصادی بخش کشاورزی را نشان داد. رابطه علیت نامتقارن از شوک مثبت مصرف انرژی به رشد اقتصادی بخش کشاورزی وجود دارد.

زروکی و مقدسی سدهی (۱۴۰۰)، به تحلیل مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی و نقش آن در آلایندگی محیط‌زیست در ایران پرداختند. برای این منظور یک الگوی پایه (کلِ اقتصاد) و سه الگوی بخشی (بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی؛ صنعت و حمل‌ونقل) با رهیافت خودتوضیحی با وقفه‌های توزیعی در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۵۰ برآورد شد. نتایج حاصله از برآورد الگو در قالب مصرف کل در بلندمدت نشان می‌دهد که در سطح کلِ اقتصاد و در بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل‌ونقل؛ مصرف کل حامل‌های انرژی با اثری مثبت بر انتشار دی‌اکسیدکربن همراه است. بررسی اثر مصرف انرژی برق و غیربرق بر انتشار دی‌اکسیدکربن در سطح کلِ اقتصاد در بلندمدت نشان می‌دهد که مصرف انرژی برق اثری معنادار بر انتشار دی‌اکسیدکربن - ندارد؛ درحالی‌که در این بازه مصرف انرژی غیربرق اثری مثبت بر انتشار دارد.

در جمع‌بندی مطالعات مرتبط با اقتصاد ایران نکات زیر پژوهش حاضر را از پژوهش‌های مشابه متمایز می‌کند:

۱) همان‌طور که مشاهده شد، نتایج گزارش شده همگن نیستند. برای این منظور، برخی از محققان از رویکردهای غیرخطی بهره جسته‌اند تا تحلیل جدیدی ارائه دهند. یکی از چالش‌های مهم در این رابطه انتخاب متغیر انتقال است. بسته به این‌که متغیر انتقال رشد اقتصادی و مصرف انرژی باشد، نتایج متفاوت خواهند بود. علاوه بر این، مشکل درون‌زایی در این الگوها نیز مطرح است.

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

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

۴- روش‌شناسی پژوهش

در این مطالعه به بررسی رابطه علیّت بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در افق‌های زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت پرداخته می‌شود. به‌طور معمول در اقتصاد برای انجام آزمون علیّت بین دو متغیّر، از آزمون علیّت گرنجری استفاده می‌شود اما با توجه به اینکه این آزمون امکان بررسی علیّت را در افق‌های زمانی مختلف (ویژگی‌ای که مربوط به حوزه فرکانس می‌باشد) ندارد، در این مطالعه از روشی بهره گرفته می‌شود که این ویژگی را دارا باشد.

جوزف فوریه[1] (۱۸۲۲)، نشان داد که می‌توان بسیاری از توابع پیچیده ریاضی را از طریق چند تابع ساده نامتناهی بازنویسی کرد. در علم ریاضی، تبدیل فوریه، تجزیه یک تابع زمانی به فرکانس‌های کوچکِ تشکیل‌دهنده آن تعریف می‌شود و اصطلاح "تبدیل فوریه"، به ارتباط بین یک تابع زمانی با حوزه فرکانس‌اش مربوط می‌شود (پالی و واینر[2]، ۱۹۳۴). اگرچه با استفاده از این روش می‌توان فرکانس‌های تشکیل‌دهنده یک سری را مشاهده نمود، اما محدودیت این روش این است که نمی‌توان در بخش‌های کوچک‌تری از همان سری زمانی، فرکانس مشخصی را مورد مشاهده قرار داد (لین[3]، ۲۰۱۰) زیرا توابع پایه تبدیل فوریه، توابع نامتناهی سینوسی و کسینوسی هستند که دامنه آن‌ها در کل بازه ثابت است (گیلبرت[4]، ۱۹۸۹).

جهت رفع این محدودیت، روش تحلیل موجک ارائه شد که در آن ویژگی "مقیاس‌دهی" به توابع پایه اضافه شد. مزیت دیگری که این ویژگی جدید ایجاد کرد، این بود که دیگر الزامی به پایا بودن سری‌های زمانی مورد مطالعه نبود (بیلگیلی[5] و همکاران، ۲۰۲۰)، این مورد به‌خصوص برای سری‌های زمانی اقتصادی که غالباً در سطح، پایا نیستند، حائز اهمیّت است. به بیان دیگر، موجک‌ها دارای این ویژگی هستند که به‌صورت زمان- مقیاس مورد استفاده قرار گیرند، زیرا آنها می‌توانند هم به‌صورت همگن در طول سری زمانی حرکت کنند و هم ساختارشان را برای فواصل زمانی محدود

1. Fourier
2. Paley and Wiener
3. Lin
4. Gilbert
5. Bilgili et al

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

تنظیم کرده و داده‌ها را در قالب اجزای متنوعی از فرکانس‌ها تجزیه کنند (رمزی[۱]، ۲۰۱۴ و کراولی[۲]، ۲۰۰۵). در واقع، موجک، موج‌های کوچکی هستند که با دامنه‌ای قابل تنظیم، در دوره مشخصی از زمان شروع می‌شوند و تا انتهایی‌ترین دوره زمانی مشخص ادامه می‌یابند (ماتار[۳]، ۲۰۲۰).

به‌طورکلی تبدیل موجک به دو نوع گسسته و پیوسته تقسیم می‌شود. در مطالعه حاضر نمی‌توان از تبدیل موجک گسسته بهره جست زیرا شدت علیّت و تشخیص جهت آن‌که لازمه انجام این مطالعه است، توسط ابزارهای تبدیل موجک گسسته ارائه نمی‌شود. حال آنکه با استفاده از نتایج حاصل از طیف توان موجک و همبستگی متقاطع تبدیل موجک پیوسته، به بررسی رابطه علیّت مصرف انرژی و رشد اقتصادی کشور ایران در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت پرداخته می‌شود. در ادامه، تبدیل موجک پیوسته، ویژگی‌ها و ابزارهای قابل ارائه آن شرح داده می‌شود.

تبدیل موجک پیوسته

پیرو مطالعه رمزی و لمپارت[۴] (۱۹۹۸)، تبدیل موجک پیوسته برای سری زمانی x(t)، عبارتست از:

$$W_{s.\tau} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{S}} \Psi^* \left(\frac{t-\tau}{S}\right) dt \qquad (۱)$$

که در آن Ψ تابع موجک می‌باشد و * بر استفاده از مزدوج مختلط[۵] دلالت دارد. در معادله فوق $\frac{1}{\sqrt{S}}$ عامل نرمال‌کننده می‌باشد جهت اطمینان از این‌که واریانس موجک برابر با یک شود (جکین[۶] و همکاران، ۲۰۲۰). s پارامتر اتساع[۷] (مقیاس) است که دامنه موجک و نحوه کشیدگی آن را تعریف می‌کند. τ پارامتر انتقال است و موقعیت موجک را تعیین می‌کند (کارایانی[۸]، ۲۰۱۲). پس مفهوم تبدیل موجک پیوسته، همان

1. Ramsey
2. Crowley
3. Matar
4. Ramsey and Lampart
5. Complex Conjugation
6. Cekin et al
7. Dilatation Parameter
8. Caraiani

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

همبستگی بین سری زمانی و تابع موجک می‌باشد، بنابراین میزان همبستگی بین Ψ و $x(t)$ در طول زمان، نشانگر میزان مشابهت سری زمانی با تابع موجک در هر مقیاس (s) می‌باشد (پریانکا و همکاران[1]، ۲۰۱۶). ناگفته نماند که مقیاس‌گذاری کوچک (بزرگ)، موجک‌ها را فشرده کرده (گسترش داده) و اجازه می‌دهد تا به مشاهده جزئیات مربوط به تغییرات سریع (تغییرات کلّی) بپردازیم که در ارتباط با فرکانس‌های بزرگ (کوچک) می‌باشد (چکین و همکاران، ۲۰۲۰).

انواع مختلفی از توابع موجک مانند موجک بتا، مِیِر، کلاه مکزیکی، شنون و ... توسط افراد مختلف ارائه شده است که بسته به ویژگی‌های سری زمانی مورد مطالعه، از توابع موجک مختلفی استفاده می‌شود. به‌طورکلی موجک‌های مختلف، ویژگی‌های یکسانی ندارند و هرکدام خاصیّت‌های مخصوص به خود را دارند. یکی از این توابع، موجک مورلت می‌باشد که اولین بار توسط گروسمن و مورلت[2] (۱۹۸۴) معرفی شد. موجک مورلت، امکان تحلیل فاز و تحلیل دامنه را فراهم می‌کند زیرا شامل بخش‌های واقعی و موهومی می‌باشد (بیلگیلی و همکاران، ۲۰۲۰). به پیروی از اگیر – کانراریا و همکاران[3] (۲۰۰۸: ۲۸۷۰) در تحقیق حاضر از موجک مارلت[4] استفاده شده است. فرم خلاصه شده این موجک توسط رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\Psi_0(\eta) = \pi^{-1/4}(e^{i\omega_0\eta}e^{-(1/2)\eta^2})\omega_0 \qquad (۲)$$

در رابطه فوق بعد فرکانس و زمان به ترتیب توسط ω_0 و η نشان داده شده است. موجک مورلت با $\omega_0 = 6$ گزینه‌ای مناسب برای استخراج ویژگی‌های سری زمانی است زیرا توازن مناسبی بین زمان و فرکانس برقرار می‌کند (شهباز و همکاران[5]، ۲۰۱۵).

در تحقیق حاضر جهت بررسی رابطه بین دو متغیّر، از دو ابزار طیف توان (انرژی) موجک[6] و همبستگی موجک (همدوسی)[7] استفاده می‌شود. در ادامه به معرفی این دو ابزار پرداخته می‌شود.

1. Priyanka et al
2. Grossman and Morlet
3. Aguiar-Conraria et al
4. Morlet
5. Shahbaz et al.
6. Wavelet Power Spectrum
7. Wavelet Coherency

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

طیف توان موجک

از دیدگاه اگیر – کانراریا و همکاران[1] (۲۰۰۸) و تورنس و کومپو (۱۹۹۸)، تعریف ساده شده طیف توان موجک سری زمانی $x(t)$ همان $|W_n^x|^2$ می‌باشد که امکان اندازه‌گیری واریانس محلی[2] برای هر متغیّر را فراهم می‌کند. معناداری آماری توان موجک با فرضیه صفر پایایی سری زمانی (پیروی آن از یک فرایند AR(0) یا AR(1)) با طیف توان p_f آزمون می‌شود (گرینستد و همکاران[3]، ۲۰۰۴). تورنس و کامپو[4] (۱۹۹۸)، بر اساس شبیه‌سازی مونت کارلو[5] از طریق محاسبه نوفه سفید[6] و نوفه براونی[7] توان موجک، نشان دادند تابع احتمال توزیع توان موجک، به ازای زمان n و مقیاس s مختلف از طریق رابطه (۳) به دست می‌آید:

$$D\left(\frac{|W_n^X(S)|^2}{\sigma_X^2} < p\right) => \frac{1}{2}P_f\chi_v^2 \qquad (۳)$$

که در آن P_f میانگین طیف در فرکانس فوریه f است که با مقیاس موجک s مطابقت دارد ($s \approx \frac{1}{f}$) (چکین و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین χ_x^2 و σ_X^2 به ترتیب نشان‌دهنده تابع توزیع توان موجک و واریانس سری زمانی می‌باشند. احتمال معناداری توان موجک به‌صورت بزرگ بودن توان محاسباتی از p جدول، مورد آزمون واقع می‌شود (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴).

توان موجک متقاطع[8]، همبستگی موجک[9] و اختلاف فاز[10]

توان موجک متقاطع نشانگر ناحیه‌ای از فضای زمان-فرکانس است که سری‌های زمانی مورد مطالعه، بالاترین میزان توان مشترک را ارائه می‌دهند (چکین و همکاران، ۲۰۲۰). پیرو مطالعه هاجینز و همکاران[11] (۱۹۹۳)، اگر طیف موجک مربوط به سری

1. Aguiar-Conraria et al
2. local variance
3. Grinsted et al
4. Torrence and Compo
5. Monte Carlo Simulation
6. White Noise
7. Brownian Noise
8. Cross-wavelet power
9. Wavelet Coherence
10. Phase Difference
11. Hudgins

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

زمانی X و Y، به ترتیب به‌صورت $W_n^X(s)$ و $W_n^Y(s)$ مشخص شود، طیف موجک متقاطع این دو سری زمانی در تحلیل زمان- فرکانس به‌صورت زیر تعریف خواهد شد.

$$W_n^{XY}(s) = W_n^X(s)W_n^{Y*}(s) \quad (۴)$$

بنابراین $|W_n^{XY}|$ توان موجک متقاطع دو سری زمانی می‌باشد. همچنین بر اساس اگیر–کانراریا و همکاران (۲۰۰۸)، توان موجک متقاطع، کوواریانس محلی دو سری زمانی به ازای هر فرکانس است و نشان‌دهنده میزان شباهت توان بین آن‌هاست. تورنس و کومپو (۱۹۹۸)، نشان دادند که به لحاظ نظری، توان موجک متقاطع دو سری زمانی با طیف توان موجکی P_k^X و P_k^Y از طریق فرمول زیر به‌دست می‌آید.

$$D\left(\frac{|W_n^X(S)W_n^{Y*}(S)|}{\sigma_X\sigma_Y} < p\right) = \frac{Z_v(P)}{v}\sqrt{P_k^X P_k^Y} \quad (۵)$$

که در آن σ_X و σ_Y نشانگر انحراف معیار X و Y می‌باشد و $Z_v(P)$، سطح اطمینان مرتبط با احتمال P برای تابع احتمال است که به‌وسیله ریشه دوم توزیع احتمال χ^2 تعریف می‌شود.

از سوی دیگر، 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 به‌صورت مربعِ مقدار طیف موجک متقاطع تعریف می‌شود که توسط طیف موجک متقاطع هموار شده[1] برای هر یک از سری‌های زمانی، نرمال شده است:

$$R^2(u,s) = \frac{|S(s^{-1}W_{xy}(u,s))|^2}{S(s^{-1}|W_x(u,s)|^2)S(s^{-1}|W_y(u,s)|^2)} \quad (۶)$$

که در آن S عمل‌گر هموارساز[2] در هر دو مؤلفه زمان و فرکانس است و به‌صورت ترکیبی از دو هموارساز زمان و هموارساز فرکانس به دست می‌آید (تورنس و وبستر[3]، ۱۹۹۸). 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[4]، بین صفر (عدم همبستگی) و یک (همبستگی کامل)،

1. Smoothed Cross-Wavelet Spectra
2. Smoothing Operator
3. Torrence and Webster
4. Squared Wavelet Coherency

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

$0 \leq R^2(u,s) \leq 1$، در فضای زمان فرکانس خواهد بود[۱]. به این ترتیب، همبستگی موجک امکان تحلیل سه بعدی[۲] را فراهم می‌کند که به‌طور هم‌زمان شدت همبستگی و ترکیب زمان و فرکانس را توضیح می‌دهد (لاه[۳]، ۲۰۱۳). بنابراین ابزاری قدرتمند و مفید برای تحلیل رابطه پویا بین سری‌های زمانی به شمار رفته و هدف پژوهش حاضر را به خوبی تأمین می‌کند.

ازآنجایی‌که همبستگی موجک 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 می‌آید. 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 به‌صورت مرحله به مرحله فراهم می‌کند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴). این مقدار برای دو سری زمانی x و y عبارت است از:

$$\phi_{x.y} = \tan^{-1}\left(\frac{T\{W_n^{xy}\}}{R\{W_n^{xy}\}}, \text{with}\phi_{x,y}\epsilon[-\pi,\pi]\right) \qquad (۷)$$

که در آن T و R به ترتیب بخش موهومی و حقیقی مبدل متقاطع موجک هموار شده هستند (احسانی و طاهری بازخانه، ۱۳۹۷). در رابطه بالا اختلاف عددی توان موجک در T و R را به‌واسطه یک تبدیل معکوس، به زاویه فاز همبستگی تبدیل کرده است. مقادیر به‌دست‌آمده از رابطه فوق، به‌صورت پیکان (دارای جهت) در فضای همبستگی موجک به‌دست می‌آیند که از طریق زاویه این پیکان‌ها می‌توان تقدّم وقوع نوسان در سری‌های زمانی را نشان داد که از آن به‌عنوان رابطه علّیت یاد می‌شود (آگیر و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طورکلی اگر زاویه فاز (جهت پیکان‌ها) $\phi_{x,y} = 0$ باشد، دو سری زمانی مورد بررسی به‌صورت 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

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

2. Three-Dimensional

3. Loh

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

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[۱] (اگیر – کانراریا و همکاران، ۲۰۰۸).

۵- نتایج تحقیق

معرفی متغیرها

در تحقیق حاضر از دو متغیر مصرف انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام) و رشد اقتصادی (پس از تعدیل فصلی و قیمت پایه سال ۱۳۸۳) برای کشور ایران طی سال‌های ۱۳۹۵:۰۴-۱۳۷۰:۱ استفاده شده است. طول دوره مورد مشاهده، یکی از محدودیت‌های اصلی این مطالعه می‌باشد، اما با استفاده از داده‌های فصلی این متغیّرها، تلاش شده است تا حدودی، این نقصان مرتفع شود. داده‌های رشد اقتصادی از اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی استخراج شده است. منبع داده‌های سالانه مصرف انرژی، ترازنامه انرژی می‌باشد. دلیل انتخاب این دوره زمانی، وجود محدودیت در داده‌های فصلی رشد اقتصادی در پایگاه بانک مرکزی و تأخیر در انتشار ترازنامه انرژی می‌باشد.

از مهم‌ترین رویدادهای اقتصادی و سیاسی دوره مورد مطالعه، می‌توان به پایان جنگ تحمیلی و شروع دوره سازندگی در کشور در سال‌های اولیه دوره مورد بررسی اشاره کرد. تشدید تحریم‌های بین‌المللی در دهه ۱۳۸۰ و کاهش صادرات نفت و فرآورده‌های آن در پی این تحریم‌ها نیز یکی از رویدادهای مهم و تأثیرگذار دوره مورد بررسی می‌باشد. همچنین افزایش قیمت حامل‌های انرژی توسط دولت، به دلیل آزادسازی یارانه‌ها در سال‌های میانی دهه ۱۳۸۰ و اوایل دهه ۱۳۹۰ از جمله رویدادهای مهم اقتصادی دیگری در دوره مورد مطالعه می‌باشد.

داده‌های سالانه مصرف انرژی با روش دنتون[۲] تبدیل تواتر شده‌اند[۳]. در این روش متغیر x درون‌یابی شده با مرتبط کردن متغیر شاخص z به متغیر با تواتر کم y تولید می‌شود. به این معنا که می‌بایست متغیّر شاخص را که دارای فرکانسی بالاتر (در مقاله

---

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

2. Denton

۳. جهت اطمینان بیشتر از نتایج حاصله، از روش فصلی کردن Chow-Lin نیز استفاده شد که به دلیل نزدیک بودن داده‌های خروجی در هر دو روش، نتایج مشابهی در تحلیل موجک به دست آمد.

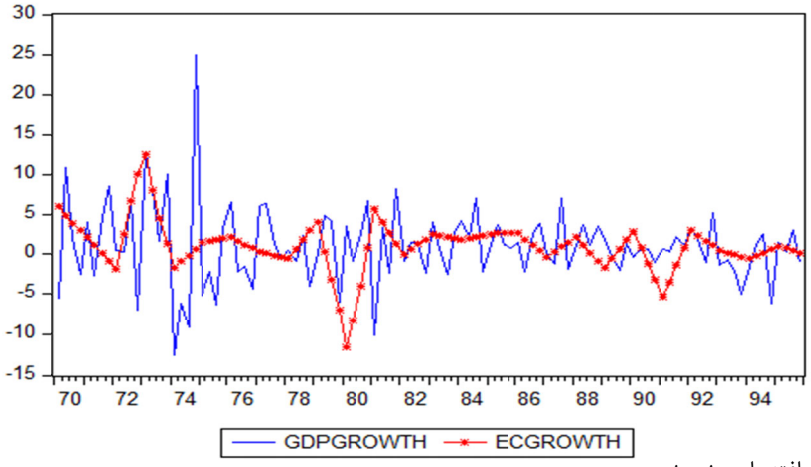
[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

حاضر، داده فصلی) است به متغیّر سالانه ربط داد و مشاهدات فصلی را درون‌نمایی کرد. در واقع، تنها وظیفه متغیّر شاخص، ارائه الگوی تغییرات خود نسبت به متغیّر سالانه است تا بهترین تبدیل جهت رسیدن به داده‌های فصلی یافت شود. این کار با کمینه کردن تابع پیشنهادی دنتون (۱۹۷۱) انجام می‌گیرد:

$$\min \sum_{t=1}^{T}\left(\frac{x_t}{z_t}-\frac{x_{t-1}}{z_{t-1}}\right)^2 \qquad (۸)$$

اگرچه بدون استفاده از متغیر شاخص نیز این روش کارایی خود را کماکان حفظ می‌کند و کافیست که به‌جای متغیر z، عدد ۱ را در فرمول (۸) جایگزین نمود. در ادبیات اقتصادی، فصلی سازی با روش دنتون بدون استفاده از متغیر شاخص را همسنجی یا ترازیابی[1] می‌گویند که در مقاله حاضر نیز از این روش استفاده شده است.

تبدیل فوق به‌صورت حل یک مسأله بهینه‌یابی مقید با قید $\sum_{t=b_k}^{e_k} x_t = y_k$ انجام می‌گیرد. که در آن k دوره متغیر تواتر کم، b_k و e_k ابتدا و انتهای هر دوره هستند. قیدی که در این تابع وجود دارد به این معناست که مجموع مقادیر فصلی به‌دست آمده برای هر سال، می‌بایست با مقدار کل متغیر در سال مورد نظر برابر باشد. هدف اصلی روش دنتون تولید داده‌های با تواتر بیش‌تر است که تا حد امکان از نرخ رشد متغیر شاخص تبعیت می‌کند (درگاهی، ۱۳۹۵).



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱. سری زمانی متغیرهای تحقیق

1. Benchmarking

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای تحقیق

ویژگی آماری	تولید ناخالص داخلی	رشد مصرف انرژی
میانگین	۱/۰۸	۱/۰۶
میانه	۱/۱۶	۱/۱۲
حداکثر	۲۴/۸۹	۱۲/۴۳
حداقل	-۱۲/۶	-۱۱/۵۹
انحراف معیار	۴/۸۷	۳/۰۲

منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۱) نرخ رشد اقتصادی (GDPGROWTH) و نرخ رشد مصرف انرژی (ECGROWTH) را نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار و آمار توصیفی مربوط به آن، رشد اقتصادی در طول دوره مورد بررسی عمدتاً نرخی بین ۵± درصد داشته است. اگرچه طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۷۲ بیش‌ترین نوسان را تجربه کرده است که به دلیل کاهش سهم گروه نفتی در تولید ناخالص داخلی در فصول اولیه ۱۳۷۲ و جبران آن در فصول منتهی به سال ۱۳۷۴ می‌باشد. اثرات ناشی از جنگ تحمیلی به‌عنوان مهم‌ترین علت این نوسان مطرح است. در ابتدای دهه ۱۳۸۰ تا اواخر آن از بی‌ثباتی نرخ رشد اقتصادی کاسته شده است. تشدید تحریم‌های بین‌المللی و وابستگی اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی باعث شده است نرخ رشد اقتصادی با کاهش در روند مواجه باشد.

نرخ رشد مصرف انرژی در قیاس با نرخ رشد اقتصادی بی‌ثباتی کم‌تری دارد. رشد مصرف انرژی در طول دوره مورد بررسی عمدتاً نرخی بین ۳± درصد داشته است. افزایش رشد مصرف انرژی در سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۱ می‌تواند مربوط به پایان جنگ تحمیلی و شروع دوره سازندگی باشد. افزایش قیمت حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۷۹ و ۱۳۹۱-۱۳۸۹ موجب کاهش موقتی در مصرف انرژی و منفی شدن نرخ رشد آن شده است.

نتایج تبدیل موجک پیوسته

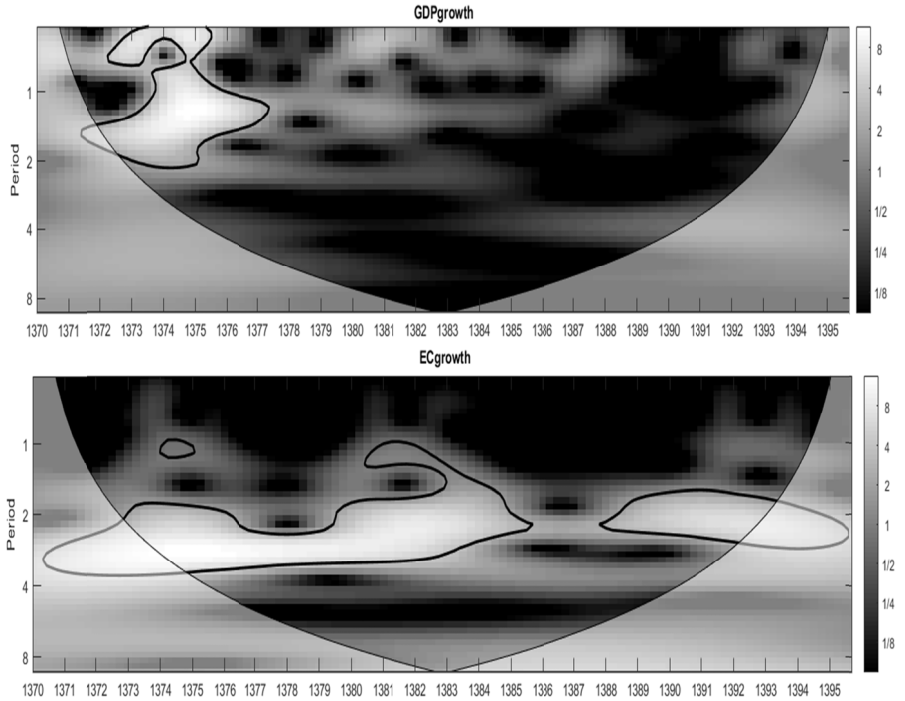
در بخش حاضر، به بررسی رابطه علّی میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی پرداخته شده است. علاوه بر این، توان (انرژی) متغیرها، نوسانات آن‌ها را در دامنه زمان – فرکانس تحلیل می‌کند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

شکل‌های (۱) و (۲) طیف توان موجک را برای رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی 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 به‌دست می‌دهد. در این شکل‌ها، محور افقی زمان؛ محور عمودی سمت راست مقیاس زمانی (برحسب فصل) و محور عمودی سمت چپ توان موجک (بیان‌کننده نوسانات) را نشان می‌دهند. با افزایش مقیاس زمانی، تحلیل در دوره بلندمدت و در مقابل با کاهش آن، نوسانات دوره کوتاه‌مدت را مورد بررسی قرار می‌دهد. به پیروی از اگیر–کانراریا و همکاران (۲۰۰۸)، برای تفسیر کوتاه‌مدت، مقیاس ۰ تا ۱ سال، برای تفسیر میان‌مدت، مقیاس ۱ تا ۴ سال و برای تفسیر بلندمدت، مقیاس بیش‌تر از ۴ سال در نظر گرفته می‌شوند. همان‌طور که محور عمودی سمت راست نشان می‌دهد، رنگ سفید (توان) نوسانات شدید و رنگ سیاه 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 حاصل‌شده از تبدیل می‌شوند. این مسئله باعث بروز خطای اریب در تبدیل شده و به اثر لبه[1] معروف است که با افزایش مقیاس تبدیل سری افزایش می‌یابد. به نواحی از طیف که در آن اثر لبه به اوج می‌رسد، کانون اثر[2] گفته می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل زمان- مقیاس مبدل موجک در نواحی لبه غیرقابل اعتماد بوده و باید در تفسیر نتایج آن دقت شود (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴). برای جلوگیری از بروز خطای مذکور، فضای همبستگی موجک ارائه شده در شکل‌های (۱) و (۲) با 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 مونت‌کارلو به‌دست‌آمده‌اند، معنی‌داری ضرایب را آزمون کرده‌اند. همچنین بخش‌هایی از مناطق خطوط پررنگ که وارد محدوده خطوط کم‌رنگ شده‌اند، به دلیل اثر لبه موجک، دارای معناداری ضعیفی دارند و نباید در تحلیل نتایج، از آنها استفاده نمود.

1. Edge Effect
2. Cone of Influence

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]



منبع: یافته‌های پژوهش

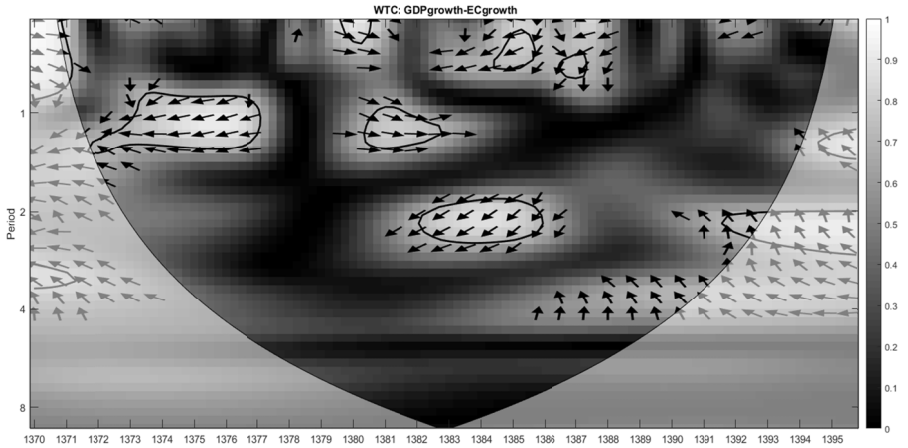
شکل ۱. طیف توان (انرژی) موجک برای رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی

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 ۱۳۷۶-۱۳۷۲ رخ داده است. این مهم را می‌توان به سیاست‌های تعدیل و اصلاحات ساختاری پس از جنگ تحمیلی نسبت داد. رشد مصرف انرژی تنها در میان‌مدت نوسانات شدید داشته است. به غیر از سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸، در سایر سال‌ها این نوسانات در محدوده معنی‌دار قرار داشته‌اند.

طیف توان موجک ابزار مناسبی برای تحلیل گستره سری‌های زمانی و رفتار نوسانی آن‌ها به شمار می‌رود اما اطلاعاتی درباره هم‌حرکتی و رابطه علّی ارائه نمی‌دهد. در ادامه با استفاده از ابزار همبستگی موجک و اختلاف فاز پویایی‌های رابطه میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی تحلیل می‌شوند. در شکل (۲)، محور سمت چپ، افق زمانی را نشان می‌دهد که تقسیم‌بندی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت در آن مانند شکل (۱)

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

می‌باشد با این تفاوت که محور عمودی سمت راست ضریب هم‌بستگی موجک را نشان می‌دهند. رنگ سفید (سیاه) حداکثر (حداقل) ضریب هم‌بستگی، یعنی یک (صفر)، را بیان می‌کند. درصورتی‌که جهت پیکان به سمت راست (چپ) باشد، دو متغیر هم‌فاز (خلاف فاز) هستند. یعنی دو متغیر رابطه مستقیم (معکوس) دارند. اگر جهت پیکان به سمت شمال شرق یا جنوب غرب (شمال غرب یا جنوب شرق) باشد، متغیر اول (دوم) علت یا پیشرو[1] و متغیر دوم (اول) پیرو[2] است[3].



منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲. فضای همبستگی موجکی و اختلاف فاز میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی

اولین نکته‌ای که در شکل (۲) نشان می‌دهد، تغییر جریان علّیت و شدت آن در افق‌های مختلف و گستره زمان است. این نکته، اهمیت به‌کارگیری تحلیل در حوزه زمان – فرکانس را نشان می‌دهد.

در کوتاه‌مدت، جریان مذکور بیش‌ترین تغییرپذیری را داشته است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۷۱ مصرف انرژی منجر به رشد اقتصادی شده است که فرضیه رشد انرژی محور را تأیید می‌کند. در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۹ نیز چنین رابطه‌ای در افق کوتاه‌مدت به چشم می‌خورد. طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۳، ۱۳۸۲:۲-۱۳۷۹:۲ و ۱۳۸۶-۱۳۸۵

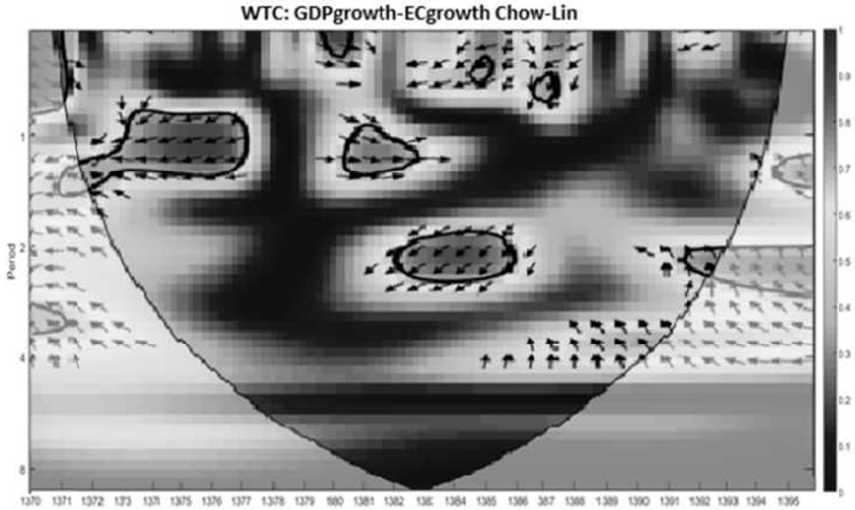
1. Leading
2. Lagging

۳. در پژوهش حاضر متغیر اول رشد اقتصادی و متغیر دوم رشد مصرف انرژی هستند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

مصرف انرژی از رشد اقتصادی تأثیر می‌پذیرد. با این توضیح که در مقاطع مذکور جریان علّیت معکوس است. به این مفهوم که افزایش (کاهش) رشد اقتصادی با کاهش (افزایش) رشد مصرف انرژی همراه است. این مهم، می‌تواند ناشی از اثرگذاری بهره‌وری در جریان علّیت میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی باشد. چنین رابطه‌ای در میان‌مدت و طی سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۲ و ۱۳۸۶-۱۳۸۱ وجود دارد. در افق مذکور، طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۱ کماکان جهت علّیت معکوس است با این تفاوت که رشد مصرف انرژی، متغیر پیشرو می‌باشد. به عبارت دیگر، طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۱ افزایش (کاهش) رشد مصرف انرژی با کاهش (افزایش) رشد اقتصادی همراه بوده است. در بلندمدت، هیچ رابطه معنی‌داری میان دو متغیر مشاهده نمی‌شود. بنابراین، فرضیه خنثایی در بلندمدت برای اقتصاد ایران تأیید می‌شود.

با توجه به اینکه در مطالعه حاضر، داده‌های مربوط به مصرف انرژی تغییر تواتر داده شده و با استفاده از روش دنتون به داده‌های فصلی تبدیل شده‌اند، لذا برای بررسی استحکام نتایج از روش دیگری که توسط چاو-لین ارائه شده نیز برای تبدیل داده‌ها به مشاهدات فصلی استفاده گردید. نتایج حاصل از بررسی فضای همبستگی بین دو متغیر در شکل ۳ ارائه شده است که تفاوت چندانی با شکل ۲ ندارد.



منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۳. فضای همبستگی موجکی و اختلاف فاز میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی با روش فصلی کردن چاو-لین

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

۶- جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی

نظر به چالش‌های رشد اقتصادی در ایران، بررسی عوامل مؤثر بر این متغیر، نقشی اساسی در میان اقتصاددانان و سیاست‌گذاران دارد. یکی از این عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی که در ادبیات اقتصاد کلان ارائه شده، مصرف انرژی است. از طرف دیگر، ازآنجایی‌که ایران، دارای منابع غنی و گسترده انرژی است، تعیین رابطهٔ میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی می‌تواند در تبیین سیاست‌های بخش انرژی کمک مؤثری نماید. باوجود اهمیت موضوع، مطالعات نظری و تجربی نتایج متفاوتی را بسته به دوره زمانی و روش‌شناسی گزارش کرده‌اند. در این راستا، پژوهش حاضر از تبدیل موجک پیوسته استفاده نمود تا بینش جدیدی در خصوص رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۱۳۹۵:۴-۱۳۷۰:۱ ایجاد نماید.

نتایج نشان‌دهنده آن است که نوسانات رشد اقتصادی در افق‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت شدید بوده است. این نوسانات در بین سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۷۲ رخ داده که می‌توان آنها را به سیاست‌های تعدیل و اصلاحات ساختاری پس از جنگ تحمیلی نسبت داد. از سوی دیگر رشد مصرف انرژی تنها در میان‌مدت نوسانات شدید داشته است. به غیر از سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸، در سایر سال‌ها این نوسانات به‌طور مداوم وجود داشته است.

همچنین نتایج نشان داد در افق‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت رابطه میان دو متغیر، تغییرات زیادی داشته است. به‌طوری‌که تنها در کوتاه‌مدت و ابتدای دهه ۱۳۷۰ مصرف انرژی رشد اقتصادی را تحریک می‌کند. در افق‌های مذکور، رابطه میان رشد اقتصادی و رشد مصرف انرژی معکوس است. به این مفهوم که یا افزایش (کاهش) رشد اقتصادی با کاهش (افزایش) رشد مصرف انرژی همراه بوده است و یا افزایش (کاهش) رشد مصرف انرژی به کاهش (افزایش) رشد اقتصادی منجر شده است. در بلندمدت، رابطه معنی‌داری میان دو متغیر مشاهده نشد. از این‌رو، فرضیه رشد انرژی محور تنها در کوتاه‌مدت و فرضیه خنثایی در بلندمدت برای اقتصاد ایران مصداق دارد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، می‌توان توصیه‌های سیاستی زیر را برای اقتصاد ایران ارائه داد:

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

در افق‌های زمانی کوتاه‌مدت و میان‌مدت به دلیل وجود رابطه معکوس بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی باید توجه داشت که سیاست‌های کنترل مصرف انرژی منجر به کاهش رشد اقتصادی خواهد شد، بنابراین ضرورت دارد تا با اتخاذ سیاست‌های مناسب در کوتاه‌مدت و میان‌مدت، تأثیرات منفی این نوع سیاست‌ها را کاهش داد.

در افق زمانی بلندمدت، به‌دلیل تأیید فرضیه خنثایی برای اقتصاد ایران، سیاست‌های کنترل مصرف انرژی در بلندمدت تأثیر منفی بر رشد اقتصادی به همراه نخواهند داشت. بنابراین می‌توان در بلندمدت، بدون کاهش در رشد اقتصادی، سیاست‌های کاهش مصرف انرژی و صیانت از منابع طبیعی را به کار بست.

سپاسگزاری

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

منابع

احسانی، محمدعلی و طاهری بازخانه، صالح (۱۳۹۷). کشف پویایی‌های رابطه علّی بین نقدینگی و اجزای تشکیل‌دهنده آن با تورم. مجله تحقیقات اقتصادی، ۵۳(۲)، ۲۷۸ – ۲۳۵.

اصغری، رعنا و محسنی زنوزی، سید جمال الدین (۱۳۹۶). بررسی تأثیر استانه‌ای مصرف انرژی بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اوپک حاشیه خلیج‌فارس. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۳(۵۲)، ۸۶ – ۶۱.

اعظمی سمیه، الماسی مجتبی، علی نیایی زهرا (۱۳۹۷). ارتباط میان مصرف گاز طبیعی و رشد اقتصادی در کشورهای صادرکننده گاز طبیعی با در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری: کاربردی از آزمون علیت دومیترشو- هرلین، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۴(۵۷): ۳۹-۶۴

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

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

زروکی شهریار، مقدسی سدهی اکرم (۱۴۰۰). تحلیل مصرف انرژی در بخش‌های اقتصادی و نقش آن در آلایندگی محیط‌زیست در ایران با تأکید بر انرژی برق و غیربرق . فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۷ (۶۸) :۱۹۵-۲۲۶

فلاحی، فیروز؛ اصغرپور، حسین و عبداله‌زاد، سجاد (۱۳۹۴). بررسی پویایی رابطه علیت بین قیمت مصرف‌کننده و قیمت تولیدکننده در ایران: کاربرد تبدیل موجک پیوسته. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۰(۶۲)، ۱۰۷–۸۱.

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ مهدوی عادلی، محمدحسین و رضایی، حسن (۱۳۹۵). بررسی رابطه میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و صادرات در بخش صنعت ایران (تحلیل مبتنی بر داده‌های پانل). پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۶(۲۴)، ۳۴ – ۱۳.

مرتضوی، سید ابوالقاسم؛ الهی، مهدی و اسعدی، محمد علی (۱۳۹۷). تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران. فصلنامه علمی نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۵(۳)، ۱-۲۰.

مهدی‌زاده راینی محمد جواد، ضیایی سامان، سالارپور ماشالله، محمدی حمید، احمدپور محمود (۱۳۹۹). اثرات نامتقارن مصرف انرژی بر رشد اقتصادی بخش کشاورزی ایران با استفاده از الگوی غیرخطی خودرگرسیون با وقفه‌های گسترده (NARDL) فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۶ (۶۷) :۵۷-۸۶

Adebayo, T. S. (2021). Do CO2 emissions, energy consumption and globalization promote economic growth? Empirical evidence from Japan. Environmental Science and Pollution Research volume 28, pages 34714–34729

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.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31(2), 211-216.

Aslan, A., Kum, H., Ocal, O., & Gozbasl, O. (2013). Energy consumption and economic growth: evidence from micro data. *ASBBS Proceedings*, 20(1), 280.

Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33(5), 782-789.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

Bilgili, Faik; Koçak, Emrah; Kuşkaya, Sevda; Bulut, Ümit; (2020). Estimation of the co-movements between biofuel production and food prices: A wavelet-based analysis; *Energy,* Volume 213, 118777.

Crowley Patrick M. An Intuitive Guide to Wavelets for Economists. *SSRN Electron* J 2005.

Caraiani, P. (2012). Money and output: New evidence based on wavelet coherence. *Economics Letters*, 116(3), 547-550.

Cekin, S., E., Hkiri, B., Tiwari, A., K., Gupta, R. (2020). The relationship between monetary policy and uncertainty in advanced economies: Evidence from time-and frequency-domains; *The Quarterly Review of Economics and Finance*; (18)1368.

Denton, Frank T. (1971). Adjustment of Monthly or Quarterly Series to Annual Totals: An Approach Based on Quadratic Minimization, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 66, 99–102.

Fourier, Joseph (1822). Book: Analytical Theory of Heat translated by Alexander Freeman, *The University Press (translated from French)*.

Gilbert Strang, (1989). Wavelets and Dilation Equations: A Brief Introduction, *SIAM Review*, Vol. 31, No. 4 , 614-627

Grinsted, A., Moore, J. C., & Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonl. Proc. in Geophys*, 11(561-566), 24.

Grossmann A, Morlet J. (1984). Decomposition of Hardy Functions into Square Integrable Wavelets of Constant Shape. *SIAM J Math Anal*;15:723–36.

Ha, J., Tan, P.P., Goh, K.L. (2018). Linear and nonlinear causal relationship between energy consumption and economic growth in China: New evidence based on wavelet analysis. *PLoS ONE*, 13(5), 1 – 21.

Hudgins,L. ,Friehe, C.A., & Mayer , M.E. (1993). Wavelet transforms and atmopsherictur bulence .*Physical Review Letters*, 71(20), 3279.

Khochiani, R. Nademi, Y. (2020). Energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in the United States, China, and India: A wavelet coherence approach. Energy & Environment, Volume: 31 issue: 5, page(s): 886-902

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.

Lin C-Liu. *A Tutorial of the Wavelet Transform*

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

Magazzino, C. Mutascu, M. Mele, M. Sarkodie, S. (2021). Energy consumption and economic growth in Italy: A wavelet analysis. Energy Reports, Volume 7, 1520-1528.

Matar, A. (2020). Does electricity consumption impacting fnancial development? Wavelet analysis*; Future Business Journal*; 6:18

Ozturk, Ilhan; Aslan, Alper; Kalyoncu, Huseyin; (2010). Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries; *Energy Policy*, vol. 38, issue 8, 4422-4428.

Paley, R.E.A.C.; Wiener, Norbert (1934). Fourier Transforms in the Complex Domain, American Mathematical Society Colloquium Publications, Providence, Rhode Island: *American Mathematical Society*.

Priyanka A. Abhang Bharti W. GawaliSuresh, Mehrotra, C. (2016). Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition; Pages 81-96

Ramsey JB, Lampart C. (1998). The decomposition of economic relationship by time scale using wavelets: expenditure and income. *Stud Nonlinear Dyn Econ* 3:23–42

Ramsey JB. Functional Representation (2014). Approximation, Bases and Wavelets, , p. 1–20.

Saldivia, Mauricio; Kristjanpoller, Werner; Olson, Josephine, E. (2020). .Energy consumption and GDP revisited: A new panel data approach with wavelet decomposition; *Applied Energy*; (272)115207

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.

Sultan, Z. A., & Alkhateeb, T. T. Y. (2019). Energy Consumption and Economic Growth: The Evidence from India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(5), 142.

Torrence, C., & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological society,* 79(1), 61-78.

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.

Tsani S. Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece*, Energy Economics*, 32: 582–590.

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]

Economic Growth and Energy Consumption: New Evidence Using a Continuous Wavelet Approach

Firouz Fallahi[1]
Associate Professor, University of Tabriz, Iran ffallahi@tabrizu.ac.ir

Mohsen Pourebadollahan Covich
Associate Professor, University of Tabriz, Iran Mohsen_p54@hotmail.com

Seyed Kamal Sadeghi
Associate Professor, University of Tabriz, Iran Sadeghiseyedkamal@gmail.com

Tohid Shokri
Ph.D. Candidate in Economics, University of Tabriz, Iran,
Shokritohid@gmail.com
Received: 2020/04/30 Accepted: 2021/09/03

Abstract

This study examines the relationship between energy consumption and economic growth in the Iranian economy. To that end, a wavelet transformation technique is used, which allows us to combine the time domain and frequency domain characteristics of two time series together. Using this approach and data for the period 1991:2 – 2017:1, this study tries to overcome the shortcomings of standard econometrics and shed more light on the relationship between energy consumption and economic growth in Iran. The results show a short-term causality effect from energy consumption to economic growth only in the early 1990s. There is not any significant relationship between energy consumption and economic growth in the long run. Therefore, adopting energy consumption management policies to protect the environment and natural resources, can reduce energy consumption without hindering economic growth in Iran.

JEL Classification: Q43, O13, C32

Keywords: Economic Growth, Energy Consumption, wavelet transforms

1. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2025-04-04]